Jacqueline BIDEAUD

IMAGE MENTALE ET FONCTIONNEMENT COGNITIF : UN POINT DE VUE DEVELOPPEMENTAL

Depuis plus de deux décennies, la multiplication des études de l'imagerie mentale traduit un renouveau d'intérêt pour un domaine écarté pendant longtemps du champ de la recherche, sous l'influence de la théorie béhavioriste. Il faut toutefois souligner, avec DENIS (1979, p. 11), que cette recrudescence d'intérêt "...n'est pas à interpréter seulement comme la levée d'une inhibition, mais plutôt comme une manifestation du mouvement général qui oriente actuellement la psychologie vers l'étude de la représentation mentale, de ses diverses formes et de leur modalité de fonctionnement...". C'est bien dans ce mouvement que s'inscrivent les études génétiques de l'imagerie mentale. C'est pourquoi, dans une première partie, nous retracerons brièvement l'historique du "renouveau" pour aborder, dans une seconde partie, un point de vue plus proprement développemental.

1 - Un bref historique des études récentes de l'imagerie mentale chez l'adulte

Une des contributions majeures des années 1966-1976 a été celle de PAIVIO. Les recherches de nombreuses expériences, centrées sur le rôle de l'imagerie dans la mémoire et dans l'apprentissage, ont conduit PAIVIO à proposer une théorie selon laquelle deux modalités de représentation symbolique, l'une imagée, l'autre verbale, interviennent dans nos activités intellectuelles (PAIVIO 1969, 1971, pour les publications de synthèse). Cette affirmation d'un "double codage" a suscité de vives critiques (NEISSER, 1972, PYLYSHYN, 1973, ANDERSON et BOIVER, 1973). L'une des plus acerbes a été celle de PYLYSHYN (1973) qui milite en faveur du caractère abstrait de la représentation du réel en mémoire à long terme. L'essentiel de cette représentation ne serait ni imagé, ni

verbal, mais conceptuel et propositionnel. Ces critiques ont entraîné une réponse précise de PAIVIO (1974, 1976) qui tend à démontrer que la représentation propositionnelle, amodale ne peut à elle seule, rendre compte des conduites nombreuses et efficaces qui mettent en jeu l'évocation imagée des propriétés du réel. Et c'est aux moments les plus vifs de cette controverse que les tenants d'une représentation imagée, spécifique, ont été confortés par les expériences ingénieuses issues des travaux et réflexions de SHEPARD et de KOSSLYN.

Le paradigme expérimental de SHEPARD et METZLER (1971), maintes fois repris, est bien connu. On le rappelle toutefois, dans la mesure où il va être largement repris dans les études du développement de l'image de rotation. Le matériel de l'expérience est constitué de volumes géométriques non habituels. La figure 1 donne un exemple des volumes utilisés.

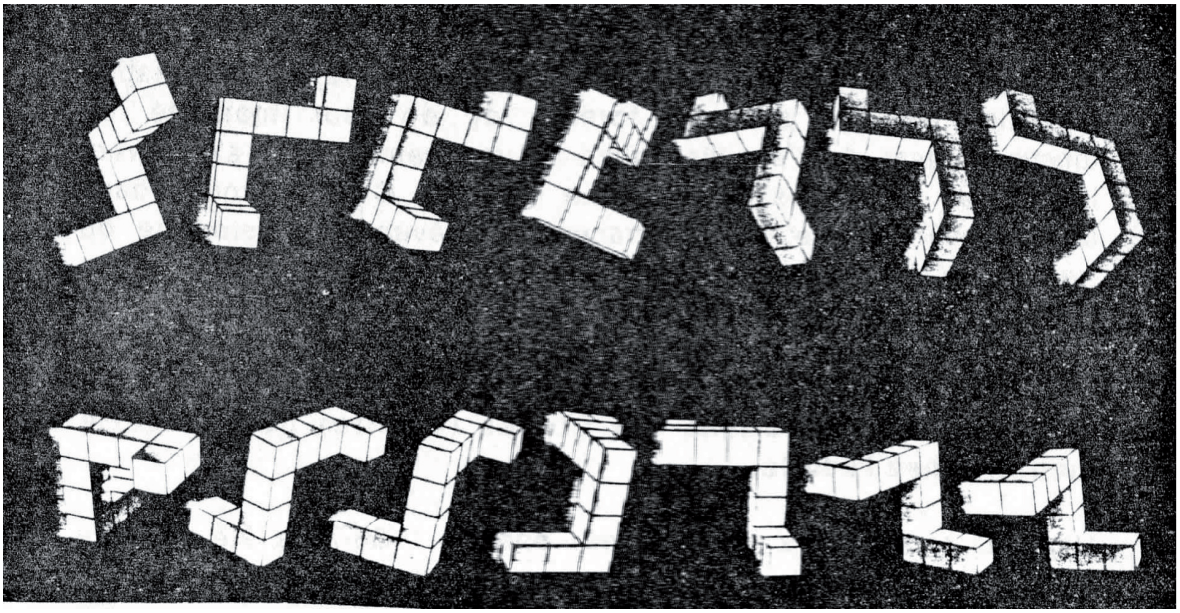

Figure 1 - Exemple des stimuli
utilisés dans l'expérience de SHEPARD et METZLER (1971)

Les sujets sont tout d'abord entraînés à distinguer les objets de leur symétrique en miroir. Dans un second temps, des paires d'objets, ou stimuli, leur sont montrés. Dans chacune de ces paires l'un des stimulus est l'objet standard (focus), l'autre stimulus (cible) étant, soit l'objet

standard, soit son miroir, mais présentés dans des orientations différentes de celle du focus. Les sujets doivent indiquer en appuyant sur l'un ou l'autre des boutons du dispositif si la cible est ou non congruente avec le focus. Les résultats de ce type d'expérience indiquent, d'une part que le temps de réaction des sujets (TR) est proportionnel à l'angle de rotation de l'objet-cible, d'autre part que le TR est constant lorsque l'orientation de l'objet-cible, présenté à un moment donné, coïncide avec le changement progressif de l'orientation de l'image mentale. Ces résultats signifieraient, selon les auteurs, qu'il existe bien une image de rotation, dont témoignerait la fonction linéaire, et que cette rotation mentale suit les mêmes lois que la rotation physique (SHEPARD et METZLER, 1971 ; COOPER, 1976 ; COOPER et SHEPARD, 1973 ; TAPLEY et BRIDEN, 1976 ; COOPER et SHEPARD, 1978).

Les travaux de KOSSLYN renforcent encore ces propositions (1978, 1980, 1983, pour les publications les plus significatives). Selon KOSSLYN (1978), l'image mentale, dans son analogie structurale avec la perception, est par rapport au substrat abstrait qui la sous-tend, ce qu'est l'image qui apparaît sur un tube cathodique par rapport au programme informatique qui l'a générée. A partir de ce "proto-modèle" KOSSLYN formule des hypothèses concernant les propriétés spécifiques, structurales et fonctionnelles de la représentation imagée, hypothèses qu'il met à l'épreuve dans une suite assez remarquable d'expériences originales. On rappelle ici l'expérience bien connue de l'Ile (KOSSLYN, 1980). Des sujets adultes doivent "apprendre" la carte fictive d'une île sur laquelle différentes localisations sont spécifiées (hutte, rocher, puits, etc..., cf. figure 2)

Le sujet doit se créer une représentation imagée de l'île qui subsiste hors la vue de la carte. L'expérimentateur présente alors verbalement au sujet des paires de stimuli. Dans chacune de ces paires le premier stimulus, ou focus, est une des localisations de l'île ; l'autre, la cible est soit une des autres localisations de l'île, soit un objet étranger. Le sujet doit rechercher la cible en partant du focus. Lorsque les deux stimuli sont des localisations de l'île, le temps de réaction, ou temps de recherche, est fonction de la distance qui les sépare. Ainsi une image mentale peut-être "parcourue" comme nous parcourons une étendue spatiale concrète. Elle peut-être également agrandie, rapetissée (KOSSLYN 1980, 1983). On peut lui faire subir des rotations dans le plan et en profondeur (PINKER et KOSSLYN, 1978 ; PINKER et FINKE, 1980 ; PINKER, 1980). L'ensemble des données expérimentales de KOSSLYN et de ses élèves, FINKE et PINKER, semble bien démontrer les fonctions spécifiques de l'imagerie dans l'activité mentale. KOSSLYN (1980, 1983) avance l'hypothèse d'une différenciation de l'imagerie en capacités fonctionnellement distinctes. Des

"modules" différents seraient utilisés selon les besoins : module d'inspection, module de rotation, module de coordination entre plusieurs représentations imagées, etc... A noter, comme on le verra ci-dessous que KOSSLYN ne nie en rien l'existence, en mémoire à long terme, d'unités ou d'organisations plus abstraites qui ressortissent à la représentation propositionnelle.

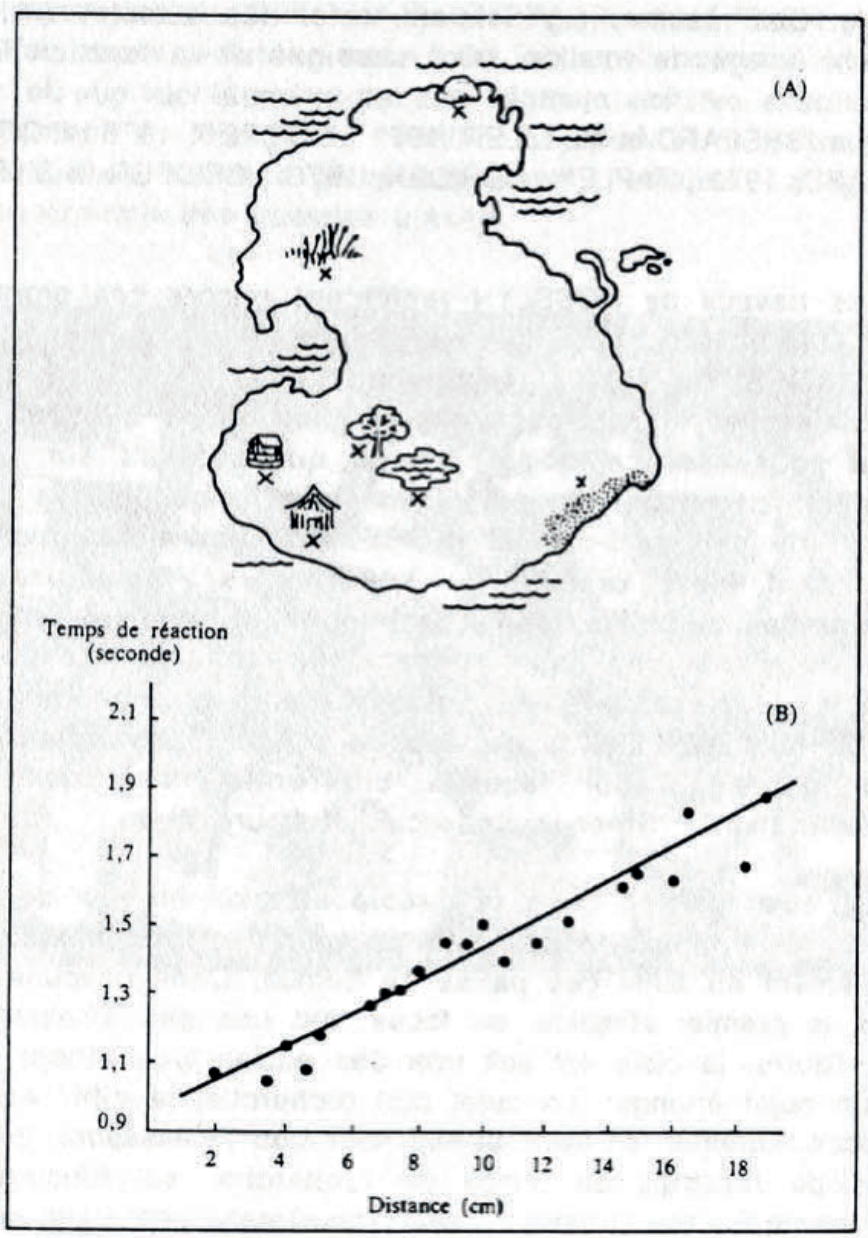

Figure 2 - Expérience de l'Ile (KOSSLYN, 1983)

2 - Un point de vue développemental

KOSSLYN est, à notre connaissance, le seul chercheur cognitiviste anglo-saxon qui ait adopté un certain point de vue développemental. Il ne l'adopte en réalité que dans un second temps. Son but est en effet de "... tirer le développement de l'enfant de l'état achevé de l'adulte" (1978, p. 291-323) en ce qui concerne la représentation en mémoire. La position développementale de KOSSLYN reste cependant très générale. Faute de connaissances intégrées dans son "fichier" propositionnel, l'enfant utiliserait l'image mentale, bien davantage que l'adulte, pour résoudre les problèmes rencontrés dans son inter-action avec l'environnement. Aussi, pour répondre à la question : "Combien une auto a-t-elle de roues ?", le petit enfant fera appel à une image mentale qui lui permettra de compter les roues. L'adulte, au contraire, dispose d'une connaissance qui lui assure une réponse rapide sans "consultation imagée". Au fur et à mesure du développement, l'enfant va accroître son fichier propositionnel (connaissances déclaratives, procédurales et règles) grâce à l'expérience et à la transmission sociale des savoirs. Mais il continuera, tout comme l'adulte, à utiliser la représentation imagée dans trois cas :

1 - lorsque la connaissance requise dans une situation donnée n'est pas intégrée dans le fichier propositionnel,

2 - lorsque la connaissance requise intégrée, n'a pas été utilisée assez souvent,

3 - lorsque le rappel de la connaissance, intégrée dans le fichier propositionnel, nécessite une série d'opérations trop difficile.

Cette position n'est pas tellement éloignée de celle de PIAGET et INHELDER (1963, 1966). En effet, selon la théorie opératoire, l'enfant "verse", dès l'apparition de la fonction symbolique à la fin de la deuxième année, dans cet aspect figuratif de la connaissance, dominé par l'image mentale statique. Cette prédominance de la représentation figurale explique alors l'échec, jusqu'à 7 - 8 ans environ, aux épreuves piagetiennes de conservation, de classification, de sériation. La représentation du mouvement ne sera possible qu'à un certain niveau d'élaboration des structures opératoires, c'est-à-dire des structures d'actions du sujet. Une des épreuves ingénieuses de PIAGET et INHELDER donne des résultats qui vont tout à fait dans le sens de la théorie. Deux carrés sont posés l'un au-dessus de l'autre. Les enfants, âgés de 4 à 7 ans, sont priés d'imaginer un léger glissement du carré supérieur sur le carré inférieur. Il leur est demandé ensuite, d'une part de dessiner la position du carré après la translation ; d'autre part de désigner le dessin correct dans un

ensemble de dessins erronés. L'épreuve n'est réussie qu'à 7 ans par 75 % des enfants.

Dans une autre épreuve, une tige, dont l'une des extrémités est rouge et l'autre bleue, est disposée sur une boite, elle-même placée sur une table, de manière à ce que l'une des extrémités dépasse. L'expérimentateur fait culbuter la tige sur la table d'un coup sec et la cache aussitôt. L'enfant doit dessiner la position de la tige au point de départ, à l'arrivée puis dessiner des positions intermédiaires. La compréhension de la rotation de la tige, évaluée par les positions, intermédiaires, n'est pas atteinte avant 8 ans. Ces résultats confirment PIAGET et INHELDER dans l'hypothèse selon laquelle le développement de l'image, et plus particulièrement celui des images cinétiques et de transformation, est subordonné au développement des opérations. L'anticipation du mouvement suppose un ordre de succession des images et "les images anticipatrices supposent fréquemment un cadre de conservation : or seule l'opération peut constituer un tel cadre" (PIAGET et INHELDER, 1966, p. 424).

Des auteurs, tel KOSSLYN (1980, 1983) ont contesté la pertinence du dessin pour évaluer l'existence d'une image de rotation. Mais le coup le plus dur a été porté aux hypothèses piagétiennes par MARMOR (1975, 1977) qui utilise, dans une visée développementale le paradigme de SHEPARD et METZLER (1971). L'expérience de MARMOR, pour ses points essentiels, se déroule en deux phases. Dans une première phase, les enfants, âgés de 4 et 5 ans, sont entraînés à différencier des paires d'images représentant des ours-pandas, selon que, dans ces paires, les ours sont semblables ou différents (dans ce cas l'un des ours est le miroir de l'autre).

Dans la seconde phase, des paires d'ours sont présentées à l'enfant. Dans chacune des paires le premier élément est toujours un ours "debout". Le second élément qui peut-être soit semblable au premier, soit différent (miroir) est présenté dans cinq orientations possibles (0, 30, 60, 120, 190°). L'enfant doit appuyer sur l'un des boutons du dispositif si les ours sont semblables, sur l'autre s'ils sont différents. Les résultats montrent, pour les réponses exactes, l'existence d'une fonction linéaire entre le temps de réaction et l'angle de rotation, ce qui témoigne de l'existence d'une rotation mentale (cf. figure 3). En outre, il n'existe aucune relation entre les résultats à une épreuve de conservation du nombre et l'imagerie. Parmi les sujets dont les temps de réaction révèlent qu'ils utilisent l'image mentale, on trouve autant de sujets conservants que de non-conservants.

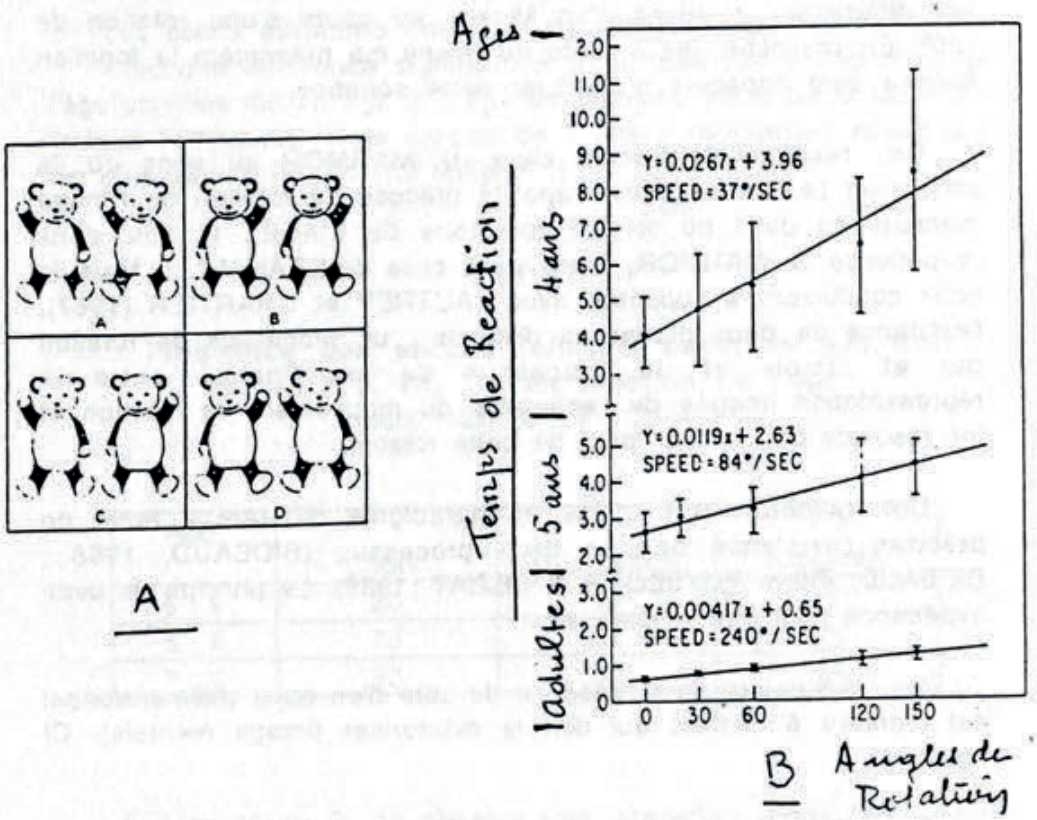

Figure 3 - Expérience de MARMOR (1977)
A - les stimuli en position debout
B - Relation entre TR et angle de rotation

Les travaux de MARMOR ont suscité de nombreuses reprises critiques chez les partisans de la théorie piagetienne. La plus intéressante nous paraît être celle de DEAN, SCHERZER et CHABAUD (1986). Les auteurs présentent à des enfants de 5 et de 8 ans deux situations expéri-

mentales. La première est strictement celle de MARMOR, décrite plus haut, à la différence qu'il s'agit de Mickeys au lieu des ours. Dans la seconde phase expérimentale, les mêmes enfants sont requis d'ordonner 7 cartes qui représentent les diverses positions d'un Mickey passant de la position debout à la position tête en bas (rotation de 180°). Or, les enfants de 5 ans, qui présentent la relation linéaire entre l'écart angulaire et le temps de réponse dans l'épreuve de rotation de MARMOR, sont incapables d'effectuer la sériation des images qui correspondent aux différentes positions d'un Mickey au cours d'une rotation de 180°. En revanche, les enfants de 8 ans qui présentent la fonction linéaire sont capables d'effectuer cette sériation.

Ces résultats renforcent ceux de MARMOR au sens où ils confirment l'existence d'une capacité précoce de rotation de l'image mentale, en deçà du niveau opératoire de PIAGET (4 ans, dans l'expérience de MARMOR, 5 ans dans celle de DEAN A.L..). Mais ils nous conduisent à supposer avec LAUTREY et CHARTIER (1987), l'existence de deux processus distincts : un processus de rotation pur et simple et un processus de coordination entre la représentation imagée de l'ensemble du mouvement de rotation et les résultats de chaque "pas" de cette rotation.

Une recherche qui utilise un paradigme différent a tenté de préciser l'existence de ces deux processus (BIDEAUD, 1988 ; BIDEAUD, Pierre PUYSEGER et BEZIAT, 1988). Le principe de cette expérience peut être résumé ainsi :

1 - L'empreinte de la base ou du côté d'un objet tridimensionnel est montrée à l'enfant qui doit la mémoriser (image mentale). Cf. figure 4.

2 - L'empreinte enlevée, un écran est soulevé et l'enfant doit choisir parmi un groupe de trois volumes, l'objet qui correspond à cette empreinte (tâche 1)

3 - L'enfant doit alors réaliser avec l'objet une nouvelle empreinte dans un bloc de plasticine (tâche 2) et juger de la congruence entre cette empreinte concrète et celle qui a été mémorisée en 1 (tâche 3).

Trois tâches sont donc proposées :

1 - Choix de l'objet correspondant à l'empreinte mémorisée,

2 - Tâche d'effection, avec l'objet choisi et dans un nouveau bloc de plasticine, d'une empreinte identique à celle qui a été mémorisée sous forme d'image mentale,

3 - Tâche de jugement de l'identité des deux empreintes. Quatre variables indépendantes sont manipulées : l'âge des enfants (5, 6, 7 ans), l'orientation des objets (0°, 90°, 180°), le type d'empreinte (base ou côté), le type de tâches.

Les points essentiels des résultats observés sont les suivants :

- aucune différence significative n'est observée en fonction de l'âge pour les tâches 1 et 3. L'âge en revanche influe sur la tâche 2 : "refaire l'empreinte" ; les enfants de 7 ans y réussissent mieux que les plus jeunes (Pl. 01) (cf. tableau 1)

TABLEAU I

Fréquence des succès (effectif) observés aux trois tâches (T1, T2, T3) en fonction de l'âge

(score maximal : 6 x 24 = 144)

AGE	T 1 Choix	T 2 Réalisation	T 3 Jugement
5 ; 6	.80	.40	.70
6 ; 6	.75	.35	.75
7 ; 6	.80	.60	.80

A cette tâche 2, on observe une interaction significative entre l'âge, l'orientation et le type d'empreinte : l'orientation à 180° facilite la tâche quand l'empreinte est celle de la base de l'objet et la rend plus difficile quand l'empreinte est celle du côté.

Ces résultats indiquent que la majorité des enfants entre 5 et 7-8 ans, utilisent l'imagerie mentale pour la tâche 1 : choisir l'objet qui correspond à l'empreinte mémorisée. Pour trouver l'objet correct, les enfants doivent en effet, soit transporter l'image de l'empreinte en cherchant sur l'un ou l'autre objet la face qui lui correspond, soit faire subir un déplacement ou une rotation à l'objet pour "l'appliquer" sur l'image mentale. Dans les deux cas, il y a pour le moins déplacement d'une image mentale. Les verbalisations des enfants au cours de cette première tâche indi queraient qu'ils ont effectué plutôt le transport de l'image de l'empreinte.

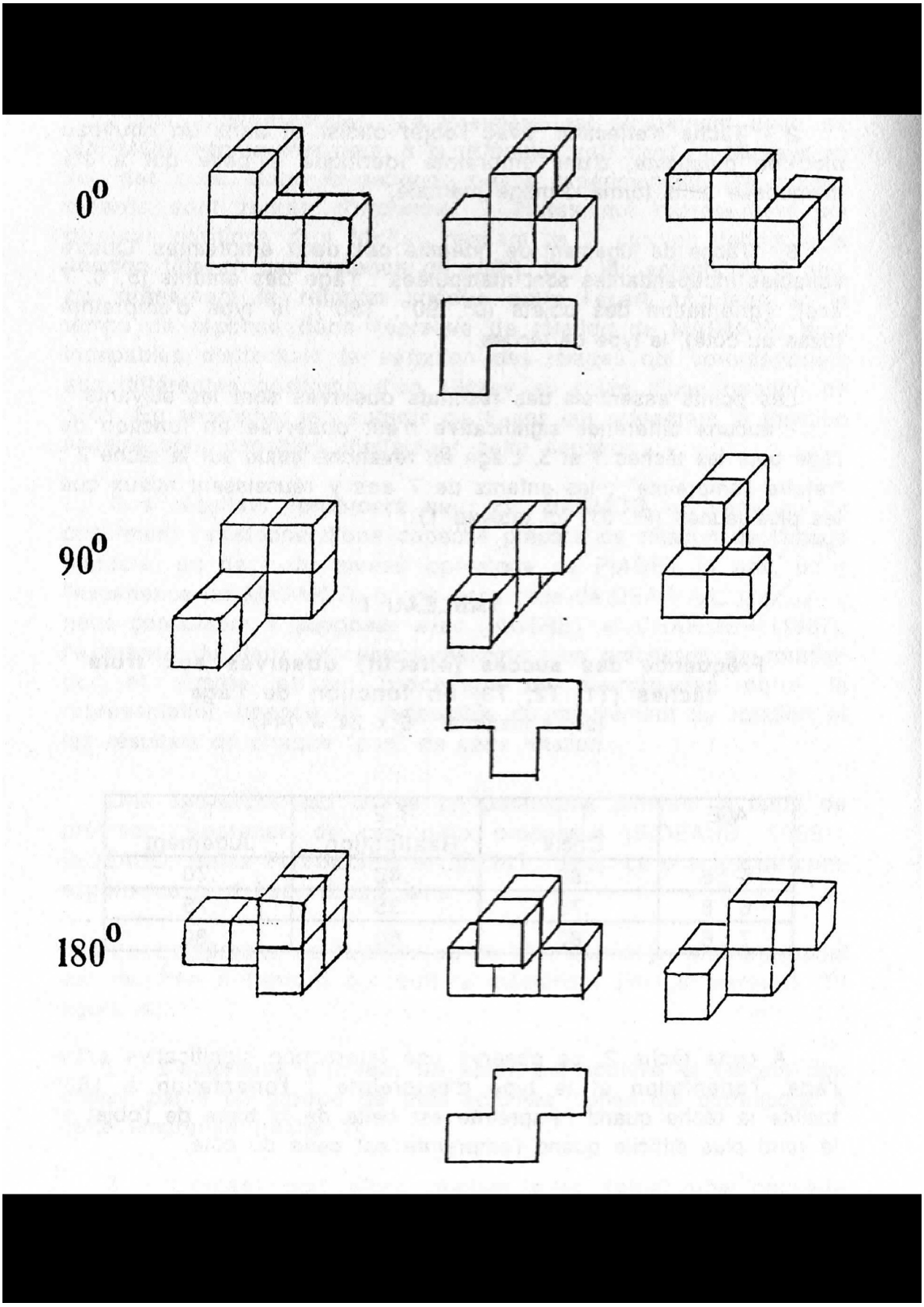

Figure 4 - Les quatre objets dans
leurs trois orientations avec trois des six empreintes
(orientations et objets empruntés
sont donnés dans un ordre contributaire)

Il est notable que la tâche 2, "refaire l'empreinte" dans un nouveau bloc de plasticine soit bien moins réussie à 5 - 6 ans qu'à 7 ans. Elle requiert la coordination d'une rotation physique effective, dans l'espace visuo-moteur à trois dimensions, avec l'image mentale bi-dimensionnelle du résultat de cette rotation. L'échec des jeunes enfants ne signifie pas qu'ils aient "perdu" l'image mémorisée de la première empreinte, puisque la majorité d'entre eux émettent un jugement correct (tableau 1) en affirmant que "ce n'est pas la même trace que tout à l'heure".

La première tâche de recherche de l'objet congruent avec l'empreinte mémorisée sous forme d'image mentale implique un processus comparable à celui qui est utilisé par les enfants, dès 4 ans dans le paradigme de MARMOR (1977, cf. ci-dessus). "Refaire l'empreinte" nécessiterait sans doute, en revanche, la mise en œuvre de processus comparables à ceux qui sont utilisés pour réussir la sériation des positions d'un objet au cours de sa rotation (cf. ci-dessus l'expérience de DEAN et al., 1986). Pour réaliser cette sériation, il est nécessaire de comprendre la consigne donnée. Et cette compréhension nécessite la représentation bi-dimensionnelle du mouvement dans son ensemble (c'est aussi le cas de la sériation spatiale des longueurs qui nécessite la représentation de "l'escalier"). La difficulté réside alors dans la coordination entre cette représentation imagée et les actions séquentielles à effectuer pour la réaliser concrètement. Cette difficulté ne paraît être surmontée que vers 7-8 ans, qu'il s'agisse de la sériation des positions d'un objet en rotation, de la sériation des longueurs ou de la tâche 2 de l'expérience résumée ci-dessus. La réussite n'engage pas seulement l'image mentale, mais des processus plus généraux de résolution de problème (coordination entre sous-buts et coordination entre sous-buts et but final).

CONCLUSION

Les études développementales de l'imagerie mentale de transformation sont encore balbutiantes. Une des directions à prendre est celle de l'invention de paradigmes expérimentaux divers et différenciés qui permettraient de mieux cerner les conditions d'existence et d'utilisation de l'imagerie. Le domaine des relations spatiales, et plus précisément celui du développement de la coordination des perspectives, est particulièrement concerné par ce type de recherche. Une autre question doit être encore posée : celle des relations entre la représentation imagée, analogique, et les séquences d'opérations d'un sujet qui utilise l'image mentale dans la résolution des tâches diverses. PIAGET l'a résolu en subordonnant l'image à l'opération. Le rôle de guidage de l'image mentale doit aussi être envisagé et précisé. Et les études développementales se révè-

leront sans aucun doute précieuses, à ce sujet, pour une meilleure compréhension de l'imagerie de l'adulte.

Jacqueline BIDEAUD
Université Charles de Gaulle - LILLE III

B I B L I O G R A P H I E

ANDERSON J. R., BOWER, g. H., 1973. Human associative memory, Washington, Winston.

BIDEAUD, J. Rotation of the mental image with respect to children and adults, Imagery and Cognition. Pre-Procedings of the second work shop ou Imagery. Padova, 21 - 23 sept. 1988.

BIDEAUD, J., QUEVILLY, G., VERRIER, C. Communication au Second Meeting on the experimental analyses of behaviorer, Liège, 26 - 29 juin 1988.

BIDEAUD, J., Pierre PUYSEGER M. A., BEZIAT, J. Mental rotation capacity between 5 and 8 years old. Communication to the Third European Conference on Developmental Psychology, Budapest, 21 - 23 sept. 1988.

COOPER, L.A. (1976). "Demonstration of mental analog of an external representation". Perception and Psychophysics, 19, 296-302.

COOPER, L.A, & SHEPARD, R.N. (1973). "Chronometric studies of the rotation of mental images". In W.G. Chase (Ed.) Visual information processing. New York : Academic Press.

COOPER, L.A, & SHEPARD, R.N. (1978). "Transformations on representations of objects in space". In E.C. Carterette & M.P. Friedman (Eds.). Handbook of perception (vol. 8). New York : Academic Press.

DEAN, A.L., & HARVEY, W.O. (1979). "An information processing analysis of a piagetian imagery task". Developmental Psychology, 15, 474-476.

DEAN, A.L., & SCHERZER, E. (1982). "A comparison of reaction time and drawing measures of mental rotation". Journal of Experimental Child Psychology, 34, 20-37.

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.

DENIS, M. (1979). Les images mentales, Paris : PUF

KOSSLYN, S. M. (1978). "Imagery and cognitive development : a teleogical approach". in : SIEGLER, R. (ed.). Children thinking : what develops ?, 291.

KOSSLYN, S. M. (1978). Image and Mind. Cambridge, Mass. : Harward University Press.

KOSSLYN, S. M. (1983). Ghasts in the Mind's Machine. New York. Norton and Cie.

LAUTREY, J., & CHARTIER, D. (1987). "Images mentales de transformation 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 a child first imagine movement in mental images". Cognitive Psychology, 7, 548-599.

MARMOR, G. S. (1977). "Mental rotation and number conversation : Are they related ?" Developmental Psychology, 13, 320-325.

NEISSER U. (1972). Changing conceptions of imagery, New York, Académic Press.

PIAGET, J., & INHELDER, B., (1963). "Les images mentales". in P. FRAISSE et J. PIAGET. (Ed.). Traité de Psychologie expérimentale, VII. Paris : P.U.F., 76-116.

PIAGET, J., & INHELDER, B., (1966). L'image mentale chez l'enfant. Paris : P.U.F.

PYLIYSHYN Z., W. (1973). "What the mind's eye tells the mind's brain : a critique of mental imagery", Psychological Bulletin, 1973, 80, 1 - 24.

PINKER, S. (1960). "Mental imagery and the third dimension". Journal of Experimental Psychology General, 109, 354-371.

PINKER, S., FINKE, R.A. (1980). "Emergent two-dimensional patterns in images rotated in depht". Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance (vol. 6), 2, 244-264.

PINKER, S., KOSSLYN, S.M. (1978). "The representation and manipulation of three-dimensional space in mental images". Journal of Mental Imagery, 2, 69-84.

SHEPARD, R.N., & METZLER, J. (1971). "Mental rotation of three-dimensional objects". Science, 171, 701-703.

TAPLEY, S.M., & BRIDEN, M.P. (1977). "Sex differences in spacial ability : mental rotation of three-dimensional objects". Canadian Journal of Psychology, 31, 122-130.