

SYNTHESE

Peut-on croire en l'existence de représentations mentales imagées chez les animaux ?

Bref survol de la littérature¹

par

Marc LEJEUNE²

« *Pensez à un cube dont toutes les surfaces sont peintes en rouge. Divisez ce cube en vingt-sept cubes égaux en réalisant deux coupures horizontales et deux fois deux coupures verticales. Parmi ceux-ci, combien de cubes auront trois faces rouges, combien en auront deux, combien en auront une, et combien n'en auront aucune ?* ».

Pour résoudre ce problème posé par SKINNER (1953), l'homme peut mettre en oeuvre diverses stratégies. Il peut procéder par *arguments logiques* en raisonnant sur le nombre d'angles et d'arêtes composant un cube, mais les risques d'erreur seront probablement élevés. La solution sera facilitée s'il peut manipuler un objet de forme cubique décomposable en vingt-sept éléments, ou encore, s'il est autorisé à dessiner rapidement quelques schémas. Toutefois, confronté à un tel énoncé, il n'est pas rare de rencontrer des sujets ayant recours à une *image mentale* du cube auquel ils feront subir les diverses transformations imposées par le problème à résoudre. Les sujets « imagineront » le cube, et mentalement, lui feront subir les transformations suggérées. Ces processus imagés sont, de fait, fréquemment utilisés dans la vie quotidienne pour résoudre des tâches simples ou complexes. On les mettra en oeuvre lorsqu'on devra se souvenir de la couleur des cheveux d'un voisin, quand on pensera à la réorganisation de l'ameublement d'une pièce dans un nouvel appartement, ou encore quand on aura à réinterpréter un objet après qu'il ait subi une rotation (par exemple, juger de la nouvelle apparence de la lettre p après une rotation de 180°).

¹ Manuscrit reçu le 2 septembre 1996 ; accepté le 23 septembre 1996.

² Laboratoire de Psychologie Cognitive. Université de Liège.

Nous tenons à exprimer nos remerciements envers Andrée Houyoux pour son aide lors de la préparation du manuscrit.

Toute correspondance devrait être adressée à Marc Lejeune, Laboratoire de Psychologie Cognitive, Université de Liège, Boulevard du Rectorat, 5 (B32), Sart Tilman, B-4000 Liège.

Ces quelques exemples permettent d'approcher implicitement une définition de la représentation mentale imagée. En psychologie cognitive, on parle de *représentation mentale* pour qualifier un événement où un objet se trouve « exprimé sous la forme d'un nouvel ensemble d'éléments et qu'une correspondance systématique se trouve réalisée entre l'ensemble de départ et l'ensemble d'arrivée » (DENIS, 1989). Autrement dit, une représentation mentale d'un objet conserve les propriétés de l'objet représenté. Cette conservation n'est toutefois que partielle puisque des processus d'encodage ont transformé l'objet pour lui donner une forme « mentale ». Cette transformation a souvent pour caractéristique d'être moins précise que le référent, ou d'avoir perdu de l'information par rapport à l'objet de départ vu les processus d'abstraction souvent mis en oeuvre dans ces activités.

Au contraire d'autres formes de représentation comme le langage, la représentation mentale imagée, ou *image mentale*, a cette particularité de préserver au maximum les propriétés structurales et fonctionnelles du référent physique. Vu cette caractéristique, elle est souvent qualifiée de *représentation analogique* : imaginer ou percevoir un objet ou une scène engage les mêmes sous-systèmes cognitifs. L'imagerie et la perception sont structurellement et fonctionnellement équivalentes (FINKE et SHEPARD, 1986 ; LEJEUNE, 1993a).

Bien qu'ayant connu une évolution mouvementée (voir pour une synthèse, DENIS, 1989), on assiste depuis une vingtaine d'années à un accroissement des connaissances relatives à l'imagerie mentale. KOSSLYN (1980, 1994) a élaboré une théorie de l'imagerie synthétisant de manière satisfaisante les diverses données empiriques du domaine. L'imagerie ne peut ainsi se concevoir comme une capacité globale et indifférenciée mais doit plutôt évoquer un réseau de sous-systèmes plus ou moins indépendants chargés de certains aspects du traitement imagé. Ces sous-systèmes permettent tant la *génération* que la *transformation* des images sur une surface appelée « buffer visuel » qui leur sert de support temporaire. Pour prendre un exemple simple, ils nous permettent de « voir » une pomme en son absence (i.e. la génération de l'image), et éventuellement de l'agrandir, de la faire pivoter... (i.e. la transformation de l'image).

Ce *buffer* visuel est composé de cellules activées lors de la formation d'images mentales (KOSSLYN, FLYNN, AMSTERDAM et WANG, 1990). Le pattern d'activation de ces cellules préserve l'apparence visuelle de l'objet représenté. L'isomorphisme fonctionnel et structurel de l'image et du percept mentionné ci-avant serait notamment explicable par le fait que le *buffer* visuel utilise certaines structures nerveuses engagées dans la perception, en l'occurrence les aires rétinitopiques du cortex occipital. Le *buffer* peut être activé par des informations transmises par la vision de bas niveau ou à partir de représentations emmagasinées en mémoire à long terme.

Les divers sous-systèmes imagés assurent l'actualisation, le maintien, la transformation et l'analyse de l'information représentée sur le *buffer*. Dans la

version théorique la plus récente du modèle kosslynien (KOSSLYN, VAN KLEECK & KIRBY, 1990 ; KOSSLYN, 1994), on a pu identifier onze modules, possédant chacun ses fonctions propres. Ainsi, certains sous-systèmes assurent le traitement des propriétés de l'objet (forme, couleur...) et sont identiques dans les processus de reconnaissance des objets. D'autres concernent les propriétés spatiales (localisation, taille, orientation), le recouvrement de l'information dans la mémoire associative multimodale ou encore l'orientation de la prise de l'information par des processus « *top-down* ». L'image mentale générée sur le buffer pourra être inspectée ou subir diverses transformations structurelles ou spatiales.

La théorie de KOSSLYN a été jusqu'à ce jour validée empiriquement par de très nombreux travaux expérimentaux, non seulement en psychologie cognitive, mais encore en neurosciences cognitives (FARAH, 1984 ; KOSSLYN, 1987). En fait, les efforts pour valider tel modèle, et plus généralement pour mieux connaître les sous-systèmes imagés, viennent du fait que, dans nombre de situations, l'image mentale détermine — ou pour le moins accompagne — nos comportements. Ainsi, elle contribue à la résolution de problèmes (voir par exemple SHEPARD & COOPER, 1982), elle améliore la mémorisation de noms et de patterns visuo-spatiaux (voir par exemple YUILLE & PAIVIO, 1969), elle détermine la classification ou la catégorisation des objets, ou encore elle améliore nos habiletés motrices (voir par exemple LEJEUNE, DECKER & SANCHEZ, 1994).

Qu'en est-il des animaux ?

Au travers de ces quelques exemples, il apparaît que la représentation imagée est déterminante dans nombre de comportements humains. Qu'en est-il chez les animaux ? Il a en effet été suggéré à plusieurs reprises que des représentations mentales seraient présentes chez les animaux. GRIFFIN (1981) et PREMACK (1983) ont mentionné — de manière plus théorique qu'empirique — que les représentations mnésiques chez l'animal devaient être visuelles, c'est-à-dire semblables à une image (*picture-like*) plutôt que de prendre toute autre forme. Par ailleurs, DARWIN (1871/1981) avait déjà mentionné au préalable l'existence de rêves chez les animaux.

Une association de la représentation mentale imagée avec la cognition animale peut donc ne pas être surprenante. En effet, l'image mentale est souvent considérée comme étant *la* représentation mentale utilisée par des organismes moins évolués. C'est ainsi que certains auteurs (voir par exemple, MANDLER, 1983) pensent que l'image mentale est le mode de représentation utilisé par les jeunes enfants. Ceux-ci ne possédant pas encore de langage articulé (comme c'est d'ailleurs le cas pour les animaux), ils fonctionneraient plutôt sous un mode analogique, soit imagé. Diverses données ont d'ailleurs été rapportées témoignant des capacités de rotation mentale chez des enfants de quatre ans (MARMOR, 1975), voire trois ans (LEJEUNE, 1993b). L'échec parfois

rapporté à ce genre d'épreuves est souvent plutôt expliqué par l'immaturation d'autres sous-systèmes cognitifs — notamment la mémoire visuo-spatiale à court terme (voir pour une synthèse de la littérature : LEJEUNE, 1996).

Admettre l'utilisation de la représentation mentale imagée par des organismes peu évolués est également en accord avec les théories proposées par KOSSLYN (1980) et SHEPARD (1984, 1988). En effet, d'après SHEPARD, les divers sous-systèmes de transformation de l'image mentale pourraient être en grande partie innés. Considérant que l'homme se déplace et vit dans un monde tridimensionnel peuplé d'éléments pour la plupart eux-mêmes mobiles, les contraintes de mobilité imposées par cet espace constitueraient des invariants physiques qui auraient prévalu tout au long de l'évolution biologique. Ces contraintes auraient été intériorisées par les animaux les plus évolués, ce qui expliquerait leurs manifestations dans différentes espèces et son émergence précoce dans le développement humain. Parmi ces contraintes, la composante cinétique gouvernant les déplacements ou les transformations spatiales entre objets, et entre les objets et nous, serait fondamentale. Plutôt que de conserver une image fixe des objets modifiés au fil de l'évolution, il serait plus adaptatif d'intérioriser des transformations spatiales. Ces transformations constitueraient la base des divers sous-systèmes imagés.

Des représentations mentales chez les animaux ?

Poser la question de l'existence d'images mentales chez les animaux nous pousse avant tout à aborder la question de savoir si des représentations mentales existent chez les animaux. Depuis le début de ce siècle, en fait, plusieurs chercheurs ont tenté de démontrer leur existence. Parmi les pionniers, on retrouve THORNDIKE (1911) et ses « boîtes à problèmes », HUNTER (1912) et ses études sur les « réponses différées », ou encore, plus tard, TOLMAN (1948) introduisant la notion de « cartes mentales » en examinant les représentations de l'espace chez le rat.

Après la prédominance du courant béhavioriste (WATSON, 1913), la psychologie cognitive suggère que « les animaux ne sont pas de simples automates réflexes, mais plutôt des systèmes qui traitent activement de l'information en vue de s'adapter à leur environnement » (VAUCLAIR, 1994, p. 226). Ainsi, trouve-t-on chez les animaux l'équivalent des systèmes perceptifs, mnésiques voire représentationnels que l'on trouve chez l'humain. L'animal posséderait des représentations dans la mesure où il est capable de réactiver ou utiliser de l'information qui n'est pas disponible dans son environnement immédiat.

Quelques témoins de l'existence de représentations mentales chez les animaux

Sans vouloir présenter une revue exhaustive des travaux suggérant l'existence de représentations mentales chez les animaux à l'occasion de cette brève synthèse, il peut être utile de présenter quelques données portant sur la cognition spatiale et la mémoire visuelle animales. En effet, chez l'homme, cognition spatiale, mémoire visuelle et imagerie mentale ont souvent été rapportées comme appartenant à une même catégorie de processus mentaux (KOSSLYN, 1994).

TOLMAN et HONZIK (1930) ont été parmi les premiers auteurs à suggérer l'existence de « cartes mentales » chez les animaux. Plaçant des rats dans des labyrinthes à trois voies au bout desquels se trouve de la nourriture, ils observent chez le rat une préférence pour certaines voies (disons la voie 1 suivie de la 2 et de la 3). Dans une seconde phase, la voie préférée est bloquée par une porte, ce qui oblige les rats à choisir une autre voie. Pour atteindre la nourriture, seule la voie 3 est efficace, l'autre ayant un segment du parcours commun avec la voie 1 bloquée. Quatorze rats sur quinze empruntent la voie 3 ! D'après TOLMAN (1932), les rats auraient utilisé un processus d'anticipation inférentielle construit à partir d'une « carte mentale » élaborée par les animaux — ces cartes évoquent étrangement celles utilisées par les humains dans certaines tâches complexes (KOSSLYN, BALL & REISER, 1978).

Bien que souvent citée en exemple, cette expérience n'a pas toujours pu être reproduite (EVANS, 1936 ; DOVE & THOMPSON, 1943). Les principales raisons invoquées par les auteurs concernent le rôle de repères disponibles et la visibilité du but (soit la nourriture).

Toutefois, des résultats semblables ont été rapportés en examinant les performances de primates. Ainsi, MENZEL (1973) démontre la grande capacité de chimpanzés à restructurer de l'information acquise lors de déplacement dans son milieu, et ainsi à élaborer des trajectoires nouvelles. Dans un enclos de 4000 m², un expérimentateur dissimule de la nourriture à différents endroits en emmenant avec lui, sur son dos, un des huit chimpanzés testés dans l'expérience. L'expérimentateur emprunte une trajectoire totalement désorganisée et peu économique pour dissimuler la nourriture. Une fois replacé seul dans l'enclos, le chimpanzé, non seulement retrouve tous les aliments cachés, mais parcourt l'enceinte de manière économique. Entre la première visite de l'enclos et sa deuxième visite, le chimpanzé semble avoir construit une représentation mentale du lieu et l'utiliser en vue de maximiser le rapport coût/énergie dans sa quête de nourriture.

Des résultats similaires ont été rapportés chez le chat (POUCET, THINUS-BLANC & CHAPUIS, 1983) et chez le rat (MORRIS, 1981). L'ensemble de ces recherches suggèrent fortement l'existence d'une forme particulière de représentation de l'espace de déplacement chez les animaux : les cartes mentales. Toutefois, nous ne devrions pas en conclure trop rapidement que pour tout déplacement l'animal a uniquement recours à ce type de processus mental. Des travaux réalisés dans le courant des années 1980 ont suggéré une organisation davantage modulaire — termes empruntés à FODOR (1983) — de la représentation spatiale chez les animaux. Le lecteur intéressé pourra se référer aux travaux de GALLISTEL et CHENG (1985), de CHENG (1986) ou encore de MARGULES et GALLISTEL (1988).

Mémoire et représentation sont aussi d'autres concepts quelquefois utilisés de manière interchangeable dans la littérature de la psychologie cognitive. Pour s'en convaincre, on citera GORDON (1983) qui définit la mémoire comme « la représentation intériorisée d'un événement quelconque qu'un organisme a vécu dans le passé ». Par ailleurs, on sait que chez l'homme, la mémoire se subdivise en un ensemble de sous-systèmes cognitifs, chacun chargé du stockage et/ou du traitement d'une catégorie particulière d'information. Pour le propos qui nous occupe ici, nous rappellerons que plusieurs modèles théoriques de la mémoire humaine proposent l'existence de sous-systèmes dédiés à la mémoire visuelle ou visuo-spatiale (voir par exemple : BADDELEY, 1994 ; KOSSLYN ; 1994 ; LOGIE, 1995), et que les termes « mémoire visuelle à court terme » et « imagerie mentale » peuvent être considérés, du moins en partie, comme synonymes.

Très nombreux sont les travaux qui ont rapporté des capacités mnésiques chez les animaux. Un relevé exhaustif serait trop ambitieux pour cette brève synthèse critique (voir LAROCHE & DEWEER, 1994). Toutefois, pour le propos qui nous occupe, on rappellera qu'on a pu rapporter que, lorsque l'on présente un objet une seule fois à des singes, ils le reconnaissent plusieurs minutes plus tard. Ces observations suggèrent que, quelque part dans le système visuel du primate, il existe des traces mnésiques réactivées lors, notamment, de la reconnaissance d'objet. Le cortex inféro-temporal serait le lieu d'établissement de ces traces mnésiques (MISHKIN, 1982).

Qu'en est-il des preuves de l'existence des images mentales chez les animaux ?

Les travaux brièvement évoqués au paragraphe précédent n'apportent que peu d'informations sur les *représentations imaginées* chez les animaux. En outre, si ces travaux suggèrent l'existence de représentations mentales (cartes mentales) chez certains animaux, ils ne démontrent pas que ces représentations prennent la forme d'images mentales telles qu'on les définit en psychologie

cognitive. Ce manque de données vient bien évidemment de la difficulté à étudier et à mettre en évidence ces images mentales. Si on peut comprendre aisément les difficultés rencontrées quand on les étudie chez l'homme, on comprendra encore davantage combien il est malaisé de les mettre en évidence chez les animaux.

Toutefois, différents auteurs — trop peu nombreux — ont tenté d'utiliser certains paradigmes bien établis chez l'homme pour examiner si l'image mentale est présente chez l'animal. Le paradigme par excellence est celui de la « rotation mentale » où le sujet est invité à discriminer des images en miroir présentées dans différentes orientations. Dans les expériences classiques chez l'humain, on présente aux sujets des stimuli ayant subi des rotations dans un plan parallèle au fond ou en profondeur. Ces stimuli sont présentés dans leur version « normale » ou en « miroir ». Les sujets sont invités à juger le plus rapidement possible dans quelle version est présentée le stimulus indépendamment de son orientation. Habituellement, à de telles épreuves, on observe que le temps de réaction mis pour juger de l'identité du stimulus croît linéairement en fonction de l'orientation de celui-ci — indice qui suggère que le sujet fait subir une « rotation mentale » du stimulus équivalente en tout point à la rotation physique de ce stimulus (voir SHEPARD & COOPER, 1982, pour une description précise de la procédure utilisée).

A notre connaissance, seules deux études ont pu rapporter des résultats intéressants démontrant l'existence de « rotation mentale » chez les animaux : celle de HOLLARD et DELIUS (1982) chez le pigeon, et celle de VAUCLAIR, FAGOT et HOPKINS (1993) chez le babouin. D'autres tentatives ont été réalisées mais ont échoué dans la mise en évidence de capacités à discriminer des images en miroir chez les animaux (TODRIN & BLOUGH, 1983, chez le pigeon ; WARREN (1969) chez le chat ; et HAMILTON, TIEMAN & BRODY, 1973, chez le macaque).

HOLLARD et DELIUS (1982), utilisant la technique du conditionnement opérant, ont entraîné des pigeons à discriminer des représentations bidimensionnelles de figures géométriques asymétriques et de leur image en miroir. Après cette phase préliminaire, les figures étaient présentées dans de nouvelles orientations et les pigeons devaient toujours signaler par un coup de bec sur une clé-réponse si la figure présentée était dans sa version normale ou en miroir. Au contraire des résultats rapportés habituellement chez les humains (voir ci-dessus), les temps de réponse des pigeons ne dépendaient pas de l'orientation du stimulus et, en outre, étaient nettement plus courts que chez de jeunes adultes soumis à la même épreuve. Ces données ont donc suggéré que les traitements opérés par les pigeons devaient être assez différents de ceux utilisés par les humains. En conséquence, en utilisant le paradigme de « rotation mentale » chez ces oiseaux, HOLLARD et DELIUS (1982) ont conclu que des pigeons soumis à une tâche de discrimination de figures en rotation n'utilisaient pas de « rotations mentales ». Ils interprètent leurs résultats en émettant l'hypothèse que les nécessités du vol auraient contraint le pigeon à développer des systèmes de représentation lui permettant de reconnaître des formes, quelle que soit leur

orientation. L'intériorisation de processus de rotation mentale chez l'homme s'expliquerait par sa posture verticale lui imposant de caractériser les objets par leur orientation canonique.

On pourrait toutefois s'inquiéter du rôle possible du surentraînement subi par les pigeons dans les travaux susmentionnés. Celui-ci aurait pu faire disparaître l'effet de l'orientation du stimulus sur le temps de réponse par l'intériorisation d'un catalogue étendu de représentations d'un même objet dans différentes orientations en mémoire à long terme chez le pigeon. En effet, de très nombreuses séances expérimentales ont été nécessaires pour obtenir les résultats publiés. Toutefois, lors d'une communication personnelle, DELIUS (1992) nous a confirmé qu'à aucun moment les temps de réponse n'ont été observés dépendants de l'orientation du stimulus ; les patrons de réponse en début de conditionnement ressemblaient à ceux de fin d'apprentissage.

Évitant l'influence de certaines caractéristiques évolutionnistes des oiseaux (le vol notamment) et la nécessité d'un surentraînement, VAUCLAIR et ses collaborateurs (HOPKINS, FAGOT & VAUCLAIR, 1993 ; VAUCLAIR, FAGOT & HOPKINS, 1993) ont mis en évidence des capacités de rotation mentale chez le babouin. Après avoir démontré dans une première étude (HOPKINS *et al.*, 1993) que des babouins sont capables de reconnaître des formes asymétriques et en miroir, VAUCLAIR *et al.* (1993) ont démontré l'existence de capacités de rotation mentale chez le babouin. Utilisant des caractères alphanumériques pour stimuli, ils observent d'assez bonnes performances (± 70 % de réponses correctes) à une tâche de discrimination de figures en rotation chez ces primates. En ce qui concerne les temps de réponse, les résultats observés sont fonction de l'hémisphère cérébral stimulé. Dans le cas d'une présentation du stimulus dans l'hémichamp visuel gauche (traité par l'hémisphère droit en fonction du transfert des informations visuelles au niveau du corps calleux), les temps de réponse étaient indépendants de l'orientation du stimulus. Par contre, quand la lettre était présentée dans le champ visuel droit (traité par l'hémisphère gauche), les temps de réponse dépendaient linéairement de l'orientation du stimulus ; ces résultats n'étant pas sans rappeler ceux parfois rapportés chez l'humain à l'aide de techniques électrophysiologiques (PÉRONNET & FARAH, 1990).

En conclusion, deux études ayant utilisé des techniques classiques de la psychologie cognitive humaine ont pu rapporter certaines capacités chez les animaux à résoudre des tâches de discrimination de figures en rotation sans toutefois toujours pouvoir conclure que les traitements opérés sont semblables à ceux des humains.

Conclusion

Après cette brève revue de la littérature sur les représentations mentales imagées chez les animaux, il est malaisé de tirer des conclusions précises. Il semble que certains animaux résolvent une série de problèmes sur base de représentations mentales de la situation. Ils « forment » des cartes mentales, ils possèdent des capacités à encoder et à maintenir de l'information sous forme visuelle. Toutefois, peu de travaux apportent de manière convaincante la preuve de l'existence d'images mentales chez les animaux. De nouveaux paradigmes expérimentaux seront nécessaires afin de répondre plus clairement à la question posée.

Toutefois, il ne serait pas étonnant dans les prochaines années de voir apparaître des recherches sur le sujet. Ce n'est quand même que depuis quelques années que certains débats sur l'existence même d'images mentales chez les humains se sont estompés (BRUCE, 1996). On trouvera sans doute de plus en plus des entreprises scientifiques visant à interpréter, voire expliquer, les comportements des animaux comme ceux de l'Homme. En empruntant un ensemble de concept à la psychologie cognitive, on s'accordera aisément pour dire que tout organisme peut être conçu comme un système constamment confronté à de l'information qu'il faut encoder, traiter, stocker... Les animaux ne font pas exception à cette règle. De quelle manière stockent-ils ou traitent-ils l'information ? Est-ce sous une forme simple comme le sont les images mentales ? L'avenir — tout proche — nous le dira.

BIBLIOGRAPHIE

- BADDELEY A.D. (1994). — *La mémoire humaine : théorie et pratique*. Presses Universitaires, Grenoble.
- BRUCE V. (1996). — *Unresolved mysteries of mind*. Lawrence Erlbaum Associates, Hove.
- CHENG K. (1986). — A purely geometric module in the rat's spatial memory. *Cognition*, **23** : 149-178.
- DARWIN C. (1871/1981). — *The descent of man and selection in relation to sex*. Murray, London.
- DELIUS J.D. (1992). — *Communication personnelle* (lettre du 14 octobre 1992).
- DENIS M. (1989). — *Image et cognition*. Presses Universitaires de France, Paris.
- DOVE C.C. & THOMPSON M.E. (1943). — Some studies on « insight » in white rats. *Journal of Genetic Psychology*, **63** : 235-245.
- EVANS S. (1936). — Flexibility of established habits. *Journal of Genetic Psychology*, **14** : 177-200.
- FARAH M.J. (1984). — The neurological basis of imagery : A componential analysis. *Cognition*, **18** : 245-272.

- FINKE R.A. & SHEPARD R.N. (1986). — Visual functions of mental imagery. *In* : K.R. Boff, L. Kaufman & J.P. Thomas (Eds) : *Handbook of Perception and Human Performance*. Wiley, New York.
- FODOR J.A. (1983). — *The modularity of mind*. The MIT Press, Cambridge.
- GALLISTEL C.R. & CHENG K. (1985). — A modular sense of place ? *The Behavioral and Brain Science*, **8** : 11-12.
- GORDON C.W. (1983). — The malleability of memory in animals. *In* : R.L. Mellgren (Ed.), *Animal cognition and behavior*. North Holland, Amsterdam.
- GRIFFIN D.R. (1976, 2^e ed. 1981). — *The question of animal awareness*. The Rockefeller University Press, New York.
- HAMILTON C.R., TIEMAN S.B. & BRODY B.A. (1973). — Interhemispheric comparison of mirror-image stimuli in chiasm - sectioned monkeys. *Brain Research*, **58** : 415-425.
- HOLLARD V.D. & DELIUS J.D. (1982). — Rotational invariance in visual pattern recognition by pigeons and humans. *Science*, **218** : 804-806.
- HOPKINS W.D., FAGOT J. & VAUCLAIR J. (1993). — Mirror-image matching and mental rotation problem solving by baboons (*papio papio*) : unilateral input enhances performances. *Journal of Experimental Psychology : general*, **122** : 61-72.
- HUNTER W.S. (1912). — The delete reaction in animals. *Behavioral Monographs*, **2** : 1-85.
- KOSSLYN S.M. (1980). — *Image and Mind*. Harvard University Press, Cambridge.
- KOSSLYN S.M. (1994). — *Image and Brain*. The MIT Press, Cambridge.
- KOSSLYN S.M. (1987). — Seeing and imagining in the cerebral hemispheres : A computational approach. *Psychological review*, **94** : 148-175.
- KOSSLYN S.M., BALL T.M. & REISER B.J. (1978). — Visual images preserve metric spatial information : Evidence from studies of image scanning. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **4** : 47-60.
- KOSSLYN S.M., FLYNN R.A., AMSTERDAM J.B. & WANG G. (1990). — Components of high-level vision : A cognitive neuroscience analysis and accounts of neurological syndromes. *Cognition*, **34** : 203-277.
- KOSSLYN S.M., VAN KLEECK M.C. & KIRBY K.N. (1990). — A neurologically plausible theory of individual differences in visual mental imagery. *In* : J.T.E. Richardson, P. Hampson & D. Marks (Eds). *Advances in mental imagery*. Routledge, London.
- LAROCHE S. & DEWEER B. (1994). — La Mémoire chez l'Homme et chez l'Animal. *In* : M. Richelle, M. Robert et J. Requin (Eds) : *Traité de Psychologie expérimentale*. P.U.F., Paris.
- LEJEUNE M. (1993a). — Brève réflexion sur l'équivalence structurale et fonctionnelle de l'imagerie, de la perception et de leurs processus : Le cas de la rotation mentale. *Revue Suisse de Psychologie*, **52** : 3-13.
- LEJEUNE M. (1993b). — Emergence précoce du principe de la moindre action dans la représentation des mouvements de rotation. *Archives de Psychologie*, **61** : 35-48.
- LEJEUNE M. (1996). — *Life-span changes in visuo-spatial short term memory*. University of Stirling. Thèse de doctorat non publiée.
- LEJEUNE M., DECKER C. & SANCHEZ X. (1994). — Mental rehearsal in table tennis performance. *Perceptual and Motor Skills*, **79** : 627-641.
- LOGIE R.H. (1995). — *Visuo-spatial working memory*. Lawrence Erlbaum Associates, Hove.

- MANDLER J.M. (1983). — Representation. 420-494 In : P.H. Mussen (Ed.) : *Handbook of Child Development*, vol III : *Cognitive Development*. Wileys & sons, New York.
- MARGULES J. & GALLISTEL C.R. (1988). — Heading in the rat : determination by an environmental shape. *Animal Learning and Behavior*, **16** : 404-410.
- MARMOR G.S. (1975). — Development of kinetic images : When does the child first represent movement in mental images ? *Cognitive psychology*, **7** : 548-559.
- MENZEL E.W. (1973). — Chimpanzee spatial memory. *Science*, **182** : 943-945.
- MISHKIN M. (1982). — A memory system in the monkey. *Philosophical Transactions of the Royal Society (London)*, **B 928** : 85-95.
- MORRIS R.G.M. (1981). — Spatial localization does not require the presence of local cues. *Learning and Motivation*, **12** : 239-260.
- PÉRONNET F. & FARAH M.J. (1990). — Mental rotation : an event-related potential study with a validated mental rotation task. *Brain and Cognition*, **9** : 279-288.
- POUCET B., THINUS-BLANC C. & CHAPUIS N. (1983). — Route planning in cats in relation to the visibility of the goal. *Animal Behavior*, **31** : 594-599.
- PREMACK D. (1983). — The codes of man and beast. *The Behavioral and Brain Sciences*, **6** : 125-167.
- SHEPARD R.N. (1984). — Ecological constraints on internal representation : Resonant kinematics of perceiving, imagining, thinking and dreaming. *Psychological review*, **91** : 417-447.
- SHEPARD R.N. (1988). — The role of transformations in spatial cognition. 81-110 In : J. Stiles-Davis *et al.* (Eds) : *Spatial Cognition : Brain Bases and Development*. Hillsdale N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.
- SHEPARD R.N. & COOPER L.A. (1982). — *Mental images and their transformations*. The MIT Press, Cambridge.
- SKINNER B.F. (1953). — *Science and Human Behavior*. Macmillan, New York.
- THORNDIKE E.L. (1911). — *Animal intelligence : experimental studies*. MacMillan, New York.
- TOLMAN E.C. (1948). — Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, **55** : 189-208.
- TOLMAN E.C. (1932). — *Purpose behavior in animals and men*. Appleton-Century-Crofts, New York.
- TOLMAN E.C. et HONZIK C.H. (1930). — « Insight » in rats. *University of California Publications in Psychology*, **4** : 215-232.
- TODRIN S.C. & BLOUGH D. (1983). — The discrimination of mirror-image forms by pigeon. *Perception and Psychophysics*, **34** : 397-402.
- VAUCLAIR J. (1994). — La Représentation mentale chez les animaux. In : M. Richelle, M. Robert et J. Requin (Eds) : *Traité de Psychologie expérimentale*. P.U.F., Paris.
- VAUCLAIR J., FAGOT J. & HOPKINS W.D. (1993). — Rotation of mental images in baboons when visual input is directed to the left cerebral hemisphere. *Psychological Science*, **4** : 99-103.
- WARREN J.M. (1969). — Discrimination of mirror-images by cats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **69** : 9-11.
- WATSON J.B. (1913). — Psychology as the behaviorist views it. *Psychological Review*, **20** : 158-177.
- YUILLE J.C. & Paivio A (1969). — Abstractness and recall of connected discourse. *Journal of Experimental Psychology*, **82** : 467-471.



Dessin Anne-Marie MASSIN.