

*Université Catholique de Louvain
Laboratoire de Neurophysiologie*

LE DÉVELOPPEMENT DE L'ORIENTATION SPATIALE CHEZ L'ENFANT SUR BASE DU PARADIGME OCULO-MOTEUR

[DEVELOPMENT OF SPATIAL ORIENTATION IN CHILDREN AS EXEMPLIFIED BY THEIR OCULO-MOTOR COORDINATION]

NICOLE SCHEPENS-BOISACQ

Out of several behavioral indices of spatial orientation, the simple task of manual pointing to a visual target can be used as a paradigm to study the process of spatial orientation in adults and its developmental aspects. This study offers a brief survey of some empirical and theoretical studies in this area.

L'analyse de l'évolution, avec l'âge, d'un mouvement dirigé de la main vers une cible visuelle peut servir de paradigme à l'étude du développement de l'orientation spatiale chez l'enfant. En fait, sur le plan expérimental, de nombreuses recherches — animales et humaines — portant sur le pointage oculo-manuel ont été menées récemment tant au niveau comportemental et électro-physiologique que sous l'angle ontogénétique. Ces études ont conduit à un modèle théorique qui distingue dans un tel mouvement chez l'adulte, deux phases fonctionnellement importantes (Paillard & Beaubaton, 1978) : d'une part, le temps de la projection balistique de la main préprogrammée centralement sur base d'une référence spatiale interne intégrée du monde perçu et agi par le sujet et, d'autre part, le guidage terminal assisté par des réafférences visuo-kinesthésiques déterminant la précision finale du mouvement. L'évolution, tout au long du développement, des relations déterminantes entre ces deux temps du mouvement spatialement dirigé peut être envisagée dans la perspective des théories contemporaines de l'apprentissage psycho-moteur.

Ce bref préambule introduit les trois questions posées successivement dans cet exposé :

- Qu'est-ce que l'*orientation spatiale*? : Ce point amène à circonscrire la définition même de l'orientation spatiale en la considérant sous ses différents aspects, pour ne retenir ici que sa dimension de localisation motrice d'un point situé dans l'espace; de plus, l'ontogénèse de l'organisation des relations spatiales entre le sujet et son environnement est envisagée sous l'angle de la dialectique entre l'inné et l'acquis.
- Comment les processus de la coordination visuo-motrice interviennent-ils *chez l'adulte* pour assurer un pointage oculo-manuel précis? :

Après une discussion schématique des phases comportementales intervenant dans le pointage oculo-manuel, les mécanismes neurophysiologiques en sont discutés, en distinguant les composantes perceptives, motrices et associatives.

— Comment, enfin, *chez l'enfant* ce contrôle visuo-moteur se développe-t-il harmonieusement pour aboutir à la performance adulte? : Après un survol rapide de quelques études récentes consacrées au «reaching» chez le nouveau-né, l'intérêt s'est reporté sur l'enfant de 5 à 12 ans dont l'évolution du pointage oculo-manuel indique une intégration progressive entre le temps balistique et le temps guidé du mouvement.

L'ORIENTATION SPATIALE

L'orientation spatiale peut être définie comme la possibilité d'appréhender les relations spatiales entre divers éléments: ce thème de la spatialisation comporte plusieurs *dimensions comportementales* qui peuvent être évaluées par des tests différents (cfr. Blanc-Garin et Julien-Benichou, 1976). Ainsi, il peut s'agir de :

1. la localisation motrice manifestée par une saccade oculaire ou encore un pointage oculo-manuel : le sujet répond à l'apparition d'un stimulus visuel par une réponse motrice immédiate spatialement dirigée;
2. la perception de la direction d'un élément, objectivée par l'ajustement d'un stimulus sur une direction donnée en référence;
3. l'exploration d'un espace limité, nécessitant un comportement d'exploration dont on peut étudier la latéralisation et la structuration;
4. la reconnaissance de formes, évaluée à partir de diverses tâches de recognition de formes : soit les épreuves de figures complexes où le sujet extrait d'un ensemble complexe des formes plus simples, soit les épreuves de reconnaissance où le sujet, après avoir exploré une forme donnée, la retrouve dans un ensemble;
5. la reconstruction de configuration spatiale, appréciée par divers tests utilisés généralement dans les apraxies constructives;
6. la représentation d'un schéma spatial interne, nécessaire à diverses épreuves dans lesquelles le maniement des données spatiales s'appuie sur une représentation intériorisée par le sujet (par exemple les tests de labyrinthes).

Ce bref exposé des différentes dimensions de la spatialisation invite à préciser le seul aspect retenu ici, à savoir la localisation motrice actualisée par un mouvement de pointage de la main vers une cible visuellement repérée. Un tel pointage oculo-manuel engage un double processus : tout d'abord, le repérage spatial de la cible par les structures sous-corticales assurant la vision ambiante et, ensuite, la reconnaissance

de la forme, du détail, liée à des fonctions corticalisées; on distingue schématiquement le rôle joué par le cortex occipital dont les processus de détection de traits caractéristiques sont à la base de l'identification des formes, ensuite la fonction du cortex pariétal postérieur qui — en traitant de façon intégrée les données spatiales — apparaît comme le substrat neurophysiologique du schéma corporel, enfin, l'activité du cortex frontal qui — en organisant de façon séquentielle les données en fonction d'un but (goal oriented behavior) — assure la planification temporelle d'un mouvement orienté. Il faut remarquer de plus qu'à cette différenciation fonctionnelle corticale s'ajoute, chez le sujet humain, une dimension particulière liée à la latéralisation fonctionnelle des hémisphères cérébraux, plus particulièrement concernant l'hémisphère droit qui apparaît plus nettement impliqué dans le traitement des données spatiales, quoique les modalités de cette intervention restent fort controversées.

Quant à la *genèse des relations spatiales* que le sujet élabore avec son environnement, elle paraît bien déterminée par des programmes héréditairement précablés mais modulables par l'activité propre du sujet (cfr. Paillard, 1971, 1974; Paillard & Beaubaton, 1978).

D'une part, la maîtrise spatiale est initialement prédéterminée par la machine biologique dont l'organisation sensori-motrice, sur base géocentrée, assure le positionnement anti-gravitaire et le déplacement translationnel. En un mot, l'équipement sensori-moteur du sujet humain lui permet le déplacement en station debout dans un univers de gravité; toutefois, au départ, cet équipement ne répond que de façon indépendante aux diverses informations tant extéroceptives (visuelles) que proprioceptives (vestibulaires, myoarticulaires) qui renseignent quant aux conditions dans lesquelles se déroule l'activité motrice du sujet. Ce donné initial est, d'autre part, mis en forme progressivement grâce à la coordination des différents dispositifs de capture informationnelle: la congruence des différents espaces explorés par l'œil, la main, la bouche aboutit à constituer un invariant de l'espace physique extérieur au sein d'un référent postural géocentré dominé par la position de la tête; à noter que cet invariant statuel s'élabore dans l'activité même du sujet qui réajuste continuellement sa référence fondamentale, usant pour cette calibration tout à la fois de la copie d'efférence, c'est-à-dire des informations internes issues de la commande motrice volontaire, et de l'ensemble des réafférences, c'est-à-dire des informations (entre autre proprioceptives, nées de la mobilisation active des muscles.

En bref, le thème de l'orientation spatiale est ici limité à une dimension élémentaire, à savoir la localisation motrice actualisée par le pointage oculo-manuel; la genèse de la spatialisation résulte de l'interaction complexe entre le fonctionnement d'une circuiterie nerveuse précablée et sa modulation plastique par l'activité du sujet, ainsi que l'ont révélé les observations portant sur la réaction de placement visuel chez le chaton.

Le pointage oculo-manuel chez l'adulte réalise un processus de coordination visuo-motrice dont les phases comportementales analysées par les écoles de Marseille (Paillard & Beaubaton, 1978) et de Lyon (Jeannerod & Prablanc, 1978) permettent de répondre à la question de savoir comment l'œil contrôle le geste. Schématiquement, à la phase de capture visuelle initiée par une saccade oculaire et poursuivie par une analyse fovéale assistée d'ailleurs par le mouvement de poursuite, succède la capture manuelle par un mouvement calibré en direction, en distance et en vitesse. On y distingue *deux temps principaux* : l'un dit balistique, l'autre guidé. Le premier temps consiste en une projection balistique de la main suivant un programme préréglé sur base d'une référence spatiale intégrée : cette sorte de « plan de vol » s'établit sur l'information repérée par la direction du regard ; à ce propos, il faut noter la complexité de la computation effectuée à partir d'une information de position de la cible par rapport au regard (en coordonnées rétinienne), se combinant avec une information de la position de l'œil par rapport à l'orbite (en coordonnées céphaliques), et enfin avec une information de la position de la tête par rapport à l'axe corporel (en coordonnées posturales axiales). Quant à la question de savoir si les deux dernières sources d'information résultent soit d'une copie d'efférence correspondant à l'output moteur (« outflow ») soit à un input proprioceptif provenant des récepteurs myo-articulaires (« inflow »), elle reste ouverte et a fait l'objet de récents développements théoriques dans Miles et Evarts, 1979. Quoi qu'il en soit, l'information de position absolue de la cible visuelle, probablement traduite en coordonnées corporelles, guide ce premier temps de mouvement préprogrammé ; il se poursuit par une phase de guidage terminal au cours de laquelle l'exécution précise du mouvement se trouve assistée par les réafférences visuo-kinesthésiques : une telle rétroaction, utilisant des informations d'écart entre la cible et le mouvement pour l'atteindre, est exclue dans les conditions où le sujet travaille en boucle ouverte c'est-à-dire ne dispose pas d'informations réafférentes concernant la position de sa main.

Quant aux *mécanismes neurophysiologiques* étroitement complémentaires et hiérarchisés qui interviennent dans la coordination visuo-motrice, ils peuvent être situés rapidement sur le versant afférent, efférent et au niveau des zones associatives.

Les informations visuelles afférentes s'alimentent dans le mécanisme de la vision périphérique (ou vision ambiante) qui permet la localisation spatiale de cibles visuelles. Les tubercules quadrijumeaux antérieurs paraissent bien constituer la structure sous-corticale essentielle dans ce type de vision ; ces informations couplées aux messages proprioceptifs (vestibulaires et cervicaux) interviennent dans des adaptations posturales réflexes. Quant à la vision centrale, dite fovéale, elle assure l'analyse

fine de l'image visuelle, faisant intervenir des structures corticales situées au niveau des aires striées occipitales.

Les ordres efférents, pour leur part, sont destinés à la motricité axiale, dite basale, posturo-cinétique assurant le maintien de la stature et le transport du corps dans un espace extérieur; cette fonction est réalisée par un système descendant bilatéral, dit extrapyramidal; les ordres sont également destinés de façon synergique à la motricité distale, dite focale, téléocinétique assurant les possibilités de préhension et de manipulation des objets dans un espace immédiat; cette fonction est réalisée par le système contralatéralisé qu'est le faisceau cortico-spinal. En outre, des boucles de régulation striées (pour le mouvement lent) et cérébelleux (pour le mouvement rapide balistique) interviennent dans cette organisation efférente.

Au niveau des liaisons associatives entre les systèmes précédents, il faut situer l'importance toute particulière des aires pariétales postérieures dont le rôle a été dégagé par l'école de Mountcastle (1975). La zone pariétale postérieure interviendrait dans les actions spatialisées en assurant une perception somatique complexe en rapport avec l'orientation, avec les mouvements du corps dans l'espace. A titre d'argument, on peut invoquer les enregistrements unitaires réalisés chez le singe chronique conditionné à pointer vers des cibles visuelles: concernant les opérations manuelles dans un espace comportemental, certains neurones de l'aire 5, dénommés neurones de projection et de manipulation, ne sont actifs qu'à la condition que l'animal réalise un geste dirigé dans son espace immédiat et satisfaisant un besoin alimentaire; concernant l'attention visuelle, certains neurones de l'aire 7, dénommés neurones d'attention visuelle, sont actifs pendant des mouvements oculaires tels que fixation de cible renforçante, poursuite directionnelle lente ou encore saccade vers un objet intéressant dans l'hémichamp contralatéral; quelques neurones spéciaux de coordination oculo-manuelle ne déchargent qu'au moment où un objet passionnant, possible à atteindre, apparaît dans le champ visuel. Par ailleurs, des observations cliniques de patients atteints de lésions dans ces aires pariétales postérieures révèlent des troubles de la perception de la forme du corps et de son environnement ainsi qu'une incapacité à diriger son attention visuelle pour explorer l'hémichamp contralatéral: on distingue le syndrome purement contralatéral «amorphosynthèse» consistant en une négligence, un refus de l'hémicorps contralatéral et le syndrome bilatéral (en cas de lésions larges dans l'hémicerveau droit) consistant en une incapacité de s'orienter et d'agir dans l'espace voisin proche. L'ensemble de ces données expérimentales et cliniques suggèrent d'attribuer aux zones pariétales postérieures un rôle dans la représentation du corps en rapport avec l'espace et avec la gravité: il faut en effet remarquer que c'est à ce niveau que se projettent sur le cortex les afférences vestibulaires.

Quant aux zones frontales, on leur attribue actuellement un rôle dans l'incitation temporelle à une action planifiée vers un but. Enfin, les aires

temporales assureraient la reconnaissance d'objets déjà vus. Ainsi se trouve, brièvement résumé, l'ensemble des mécanismes neurophysiologiques intervenant dans le mouvement dirigé de la main vers une cible repérée visuellement : au-delà des informations afférentes et des ordres efférents, l'importance des aires associatives, et plus particulièrement des aires pariétales postérieures, a été soulignée.

LE DÉVELOPPEMENT DE L'ORIENTATION SPATIALE CHEZ L'ENFANT

Le développement de l'orientation spatiale chez l'enfant peut être suivi à travers une de ses dimensions : l'évolution des possibilités de localisation motrice d'un point dans l'espace, telles qu'elles sont reflétées dans le comportement du «reaching» du nouveau-né ou encore dans des performances de pointage oculo-manuel chez l'enfant. Avant d'aborder les faits d'observation, deux remarques s'imposent : l'une, théorique, a trait à la notion de développement ontogénétique et l'autre, plus pratique, souligne l'intérêt des recherches neuropédiatriques actuelles ; ces remarques sont alimentées par la réflexion des écoles cliniques de De Ajuraguerra (1978) et Bruner (Bruner & Koslowski, 1972 ; Bruner, 1973).

Dans une perspective *théorique* tout d'abord, le développement ontogénétique apparaît comme un processus de maturation individuante qui suit, selon l'image utilisée classiquement, une évolution spirale complexifiante : les systèmes fonctionnels perceptifs et moteurs s'y intègrent progressivement par l'exercice actif. Le problème qui se pose est, à la limite, philosophique et porte sur la relation qui existe entre le monde perçu et le monde agi par le sujet. La réponse à cette interrogation fondamentale revêt plusieurs formes. Le réalisme naïf affirme que le «monde réel» et le monde traité par le sujet sont identiques (à l'exception de quelques illusions) ; cette position n'est guère retenue par les philosophes modernes, si ce n'est qu'elle trouve encore écho dans quelques théories matérialistes. Une seconde attitude adopte une solution de dominance, un domaine l'emportant sur l'autre (la main enseigne l'œil et vice-versa) comme le soutient Gibson (1966). Une troisième solution plaide pour l'indépendance des mondes perceptifs et moteurs qui doivent cependant s'intégrer progressivement ; cette position a été argumentée, sur le plan du comportement, par l'école de Piaget (Piaget & Inhelder, 1966) et sur le plan expérimental par le groupe de Held (Held & Bauer, 1974). Une dernière hypothèse, beaucoup plus abstraite et inspirée par les aspects linguistiques de la représentation spatiale, la considère comme amodale, c'est-à-dire d'un niveau différent des modalités perceptives et motrices qui la structurent progressivement au gré des circonstances du développement ontogénétique. Il faut noter que c'est la troisième hypothèse qui est généralement retenue à la lumière des observations très fines, initiées par Piaget, s'intéressant au comportement de reaching guidé visuellement chez le bébé humain : avant que cette performance ne se développe, le bébé

regarde vers un objet sans tenter de l'atteindre et, d'autre part, si un objet est placé dans sa main en dehors de la vue, il ne porte pas l'objet devant les yeux pour l'inspecter; progressivement cependant, les deux schèmes — de vision et d'action — sont amenées (comment?) en correspondance. Des arguments expérimentaux en faveur de cette hypothèse ont, ailleurs, été développés, entre autres par l'école de Held, étudiant de jeunes singes ou des chatons privés de la vision de leurs membres antérieurs par une imposante collerette: la suppression de cette dernière est suivie par une période de coordination défectueuse lorsque ces animaux doivent utiliser leur patte pour atteindre avec précision des cibles visuelles telles qu'un morceau de nourriture ou encore une zone limitée d'atterrissage en cas de placement visuel.

Par ailleurs, dans une perspective plus *pratique*, les études récentes en néonatalogie humaine, si elles s'inspirent souvent d'une réflexion psychologique d'inspiration éthologique, à la recherche de comportements innés, c'est-à-dire organisés avant toute stimulation extra-utérine, ont par ailleurs un intérêt clinique pour le diagnostic prédictif de l'évolution neuropsychologique du nouveau-né à haut risque. (Wolff & Ferber, 1979).

Au-delà de ces considérations préliminaires autour de la notion de développement, revenons à la coordination visuo-motrice en tant qu'elle traduit la localisation spatiale.

- a. *Chez le nouveau-né*, dont l'observation neurologique et psychologique a abouti à une sémilogie malheureusement fort atomisée, il apparaît justifié de lier les possibilités de reaching aux limites tout à la fois motrices et oculaires des premiers mois de la vie (Haith & Campos, 1977): ainsi, d'une part, sur le plan moteur, le nouveau-né est caractérisé par une hypotonie axiale avec hypertonie des membres; d'autre part, sur le plan oculaire, si les mécanismes de la vision périphérique distinguant des formes grossières et les possibilités oculomotrices d'un mouvement de poursuite sont présentes dès la naissance, ce n'est que vers deux mois que se développent la vision détaillée et la maîtrise du balayage horizontal du regard. Dès lors, si un mouvement réflexe balistique de la main peut être détecté précocement dès la deuxième semaine, il n'est régulièrement réussi qu'à partir de la vingtième semaine; quant au geste intentionnellement guidé, supposant une coordination visuomanuelle, il ne s'installe progressivement qu'à partir du cinquième mois.
- b. *C'est chez l'enfant de 5 à 11 ans* que l'évolution du pointage manuel a récemment été analysée par Hay (1979). Observant des enfants d'âge intermédiaire, cet auteur note à 5 ans le brusque lancement de la main vers la cible visuelle; à 7 ans, le mouvement se fait hésitant et extrêmement contrôlé; enfin, de 9 à 11 ans, le geste apparaît plus ou moins correctement freiné et précis. L'hypothèse élaborée à partir de ces observations et vérifiée par les expériences rapportées ci-après

suppose une évolution qui va, d'un fonctionnement préprogrammé (à 5 ans) vers un mouvement très guidé (à 7 ans) pour déboucher sur une performance harmonieuse alliant une préprogrammation initiale à un guidage terminal vers les 9-11 ans. D'une part, l'analyse spatio-temporelle du pointage en boucle ouverte (c'est-à-dire en l'absence de contrôle visuel continu) révèle la détérioration de la performance dans de telles conditions expérimentales, surtout pour la classe d'âge de 7 ans. D'autre part, les observations réalisées dans des conditions de vision déplacée par prisme déviant mettent en lumière l'importance prépondérante du guidage visuel aux environs de 7 ans.

L'intégration progressive, en fonction de l'âge, des composantes d'une tâche sensori-motrice a également été constatée lors d'observations de jeunes enfants qui devaient attraper une balle lancée : si l'enfant est très jeune, la performance correcte temporellement échoue cependant par erreur spatiale comme si la préprogrammation balistique, fixée temporellement, ne pouvait aboutir spatialement en l'absence d'un guidage terminal ; par ailleurs, l'enfant plus âgé réalise une performance correcte spatialement mais entachée cette fois d'une erreur temporelle, comme si la prise en compte importante du rétro-contrôle visuel localisateur, propre à cet âge, entraînait des difficultés dans le timing de la performance ; enfin, chez les enfants les plus âgés, on note une intégration progressive des composantes temporelles et spatiales requises dans ce type de performance oculomanuelle.

Il apparaît donc que la représentation interne de l'espace nécessitée par ces tâches oculomotrices doit être mise en forme progressivement par un apprentissage exerçant les liaisons sensorimotrices au cours du développement. Une remarque s'impose ici : si le guidage terminal supplée trop à la performance, le programme central risque de devenir trop tolérant : c'est peut-être le cas vers l'âge de 7 ans ; par ailleurs, si le plan balistique du mouvement devient de plus en plus correct, il exige en retour un guidage terminal nettement affiné ; c'est à partir de l'âge de 9 à 11 ans que la gestion du mouvement s'améliore, tout à la fois par les progrès du programme localisateur balistique et par la maturation des possibilités de freinage permettant ainsi le traitement adéquat des réafférences terminales.

CONCLUSION

En conclusion, le pointage oculomanuel — mouvement naturel, bien mesurable et contrôlable — a servi de paradigme dans l'étude du développement d'un aspect de la spatialisation motrice chez l'enfant ; il est apparu comme le résultat d'une préprogrammation centrale assistée périphériquement ; structuré au départ par la machine biologique elle-même, il est susceptible d'un modelage progressif par les processus de l'apprentissage moteur à propos duquel deux théories s'affrontent actuellement : d'une part la «closed loop theory» (Adams, 1971) con-

sidère l'apprentissage comme le stockage d'un capital constitué de programmes moteurs et de leurs traces perceptives et, d'autre part, la «schema theory» (Schmidt, 1975) envisage l'apprentissage comme l'élaboration progressive d'une sorte de lexique d'éléments moteurs qui interviendrait, en s'adaptant, dans les phrases kinesthésiques ultérieures.

Ainsi se construirait progressivement une des dimensions de l'orientation spatiale chez l'enfant.

RÉFÉRENCES

- ADAMS, A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 1971, 3, 111-149.
- BLANC-GARIN, J., & JULIEN-BENICHO, S. Appréhension des relations spatiales et lésions cérébrales chez l'homme. *L'Année Psychologique*, 1976, 76, 515-540.
- BRUNER, J.S., & KOSLOWSKI, B. Visually preadapted constituents of manipulatory action. *Perception*, 1972, 1, 3-14.
- BRUNER, J.S. Organization of early skilled action. *Child Development*, 1973, 44, 1-11.
- DE AJURAGUERRA, J. Ontogenèse de la motricité. In H. HECAEN & M. JEANNEROD (Eds.), *Du contrôle moteur à l'organisation du geste*. Paris: Masson, 1978.
- GIBSON, J.J. *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin, 1966.
- HAITH, M.M., & CAMPOS, J.J. Human infancy. *Annual Review of Psychology*, 1977, 28, 251-293.
- HAY, C. Accuracy of children in an openloop pointing task. *Perceptual and Motor Skills*, 1978, 47, 1079-1082.
- HAY, C. Le mouvement dirigé vers un objectif visuel chez l'adulte et l'enfant. *L'Année Psychologique*, 1979, 79, 559-588.
- HAY, C. Spatiotemporal analysis of movements in children: Motor programs versus feed back in the development of reaching. *Journal of Motor Behavior*, 1979, 11, 189-200.
- HELD, R., & BAUER, J.A. Development of sensorially guided reaching in infant monkey. *Brain Research*, 1974, 102, 27-43.
- JEANNEROD, M., & PRABLANC, C. Organisation et plasticité de la coordination œil-main. In H. HECAEN & M. JEANNEROD (Eds.), *Du contrôle moteur à l'organisation du geste*. Paris: Masson, 1978.
- MILES, F.A., & EVARTS, E.V. Concepts of motor organization. *Annual Review of Psychology*, 1979, 30, 327-362.
- MOUNTCASTLE, V.B. The world around us: Neural command functions for selective attention. *Neurosciences Research Program Bulletin*, 1975, 14, 47 p.
- PAILLARD, J. Les déterminants moteurs de l'organisation spatiale. *Cahiers de Psychologie*, 1971, 14, 261-316.
- PAILLARD, J. Le traitement des informations spatiales. In BRESSON et coll. (Eds.), *De l'espace corporel à l'espace écologique*. Paris: Presses Universitaires de France, 1974.
- PAILLARD, J. & BEAUBATON, D. De la coordination visuomotrice à l'organisation de la saisie manuelle. In H. HECAEN & M. JEANNEROD (Eds.), *Du contrôle moteur à l'organisation du geste*. Paris: Masson, 1978.
- PIAGET, J., & INHELDER, P. *La psychologie de l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France, 1966.
- SCHMIDT, R.A. A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 1975, 82, 225-260.

WOLFF, Ph. & FERBER, R. The developmet of behavior in human infants, premature and new born. *Annual Review of Neuro Sciences*, 1979, 2, 291-307.

Avenue Hippocrate 54, UCL/5449
1200 Bruxelles

Reçu novembre 1982