

Le corps situé et le corps identifié

Une approche psychophysiologique de la notion de schéma corporel

par J. PAILLARD

RÉSUMÉ

L'existence d'un double traitement des informations sensorielles au service des opérations différenciées d'identification perceptive d'une part et de localisation référée d'autre part incite à reconsidérer le contenu respectif des concepts d'image du corps et de schéma corporel. La distinction du corps identifié et du corps situé oriente de manière nouvelle la recherche des fonctions qu'ils assument et des supports nerveux qui les conditionnent. La fonction du corps référence pour l'organisation de nos mouvements dans un espace «égo-centré» et celle du corps référé dans ses déplacements aux invariants de l'espace physique externe posent d'intéressantes questions nouvelles à la psychophysiologie. Ces questions débouchent en particulier sur la problématique de l'activité-passivité dans l'étude des processus adaptatifs et des fonctions organisantes ou réorganisantes du corps actif. Ces problèmes sont discutés à la lumière des théories récentes sur les modèles de systèmes auto-organiseurs.

*
* * *

On s'accorde généralement à reconnaître l'importance prise par les notions de schéma corporel, d'image du corps, de conscience ou d'image de soi dans les divers modèles théoriques ou empiriques du fonctionnement mental que neurologues, psychiatres ou psychanalystes ont proposé pour rendre compte de certaines manifestations neuropathologiques ou de certains désordres de la personnalité.

Ces modèles restent aujourd'hui encore implicitement ou explicitement sous-jacents à de nombreuses pratiques rééducatives.

On semble par contre moins préoccupé par l'absence quasi totale, au moins jusqu'à une période récente, d'un contenu neurophysiologique précis susceptible d'être donné à ces notions. On comprend de ce fait que le contenu resté vague et imprécis de ces notions puisse contribuer à alimenter les controverses du type de celles qui se sont récemment développées autour du concept de schéma corporel (Angelergues, 1975).

Nous voudrions montrer ici comment certaines données récentes de la neurophysiologie et de la psychophysiologie peuvent conduire à dissocier les contenus respectifs des notions de schéma corporel et d'image du corps, en retrouvant d'ailleurs des notions déjà clairement distinguées dans leur formulation initiale par Head et Holmes (1911) mais qui se sont trouvées par la suite plus ou moins confondues dans la littérature neurologique (Paillard, 1975).

Nous ferons référence ici à trois ordres de faits expérimentaux: 1) tout d'abord aux faits qui imposent aujourd'hui la conception d'un double processus de traitement des informations spatiales par le système nerveux: impliqué l'un dans l'analyse de la forme et des qualités sensorielles des figures ou des objets, l'autre dans la localisation de ces objets dans un espace orienté; 2) en second lieu, et s'agissant des fonctions de localisation, aux faits qui introduisent à la conception d'un corps référence pour l'espace où nous déployons nos activités et d'un corps dont les

mouvements propres sont référés à un univers physique perçu dans sa stabilité; 3) nous envisageons enfin, les données qui confèrent à la motricité active des organismes un pouvoir organisateur des invariants relationnels et générateurs des référentiels d'espace nécessaire à la cohérence et à l'efficacité de leurs coordinations sensorimotrices,

Nous évoquerons succinctement pour conclure les perspectives théoriques ouvertes par les développements récents de la théorie des systèmes auto-organiseurs.

*
* * *

1) LE CORPS SITUÉ ET LE CORPS IDENTIFIÉ

C'est dans l'analyse des fonctions visuelles que s'est récemment trouvée introduite la notion de l'existence d'un « double système » de traitement des informations sensorielles, L'un concerne le système des voies de distribution *réтино-гénéculo-striée*: il constitue la grande voie spécifique de projection des afférences visuelles sur les aires primaires de projection corticale. Il intéresse principalement la vision centrale et fovéale et juxtafovéale. L'autre concerne le système de projection *réтино-colliculaire*: il distribue les afférences visuelles sur les cartes rétinotopiques du tectum mésencéphalique (tubercules quadrijumeaux supérieurs). Il intéresse essentiellement la rétine périphérique (fig. 1).

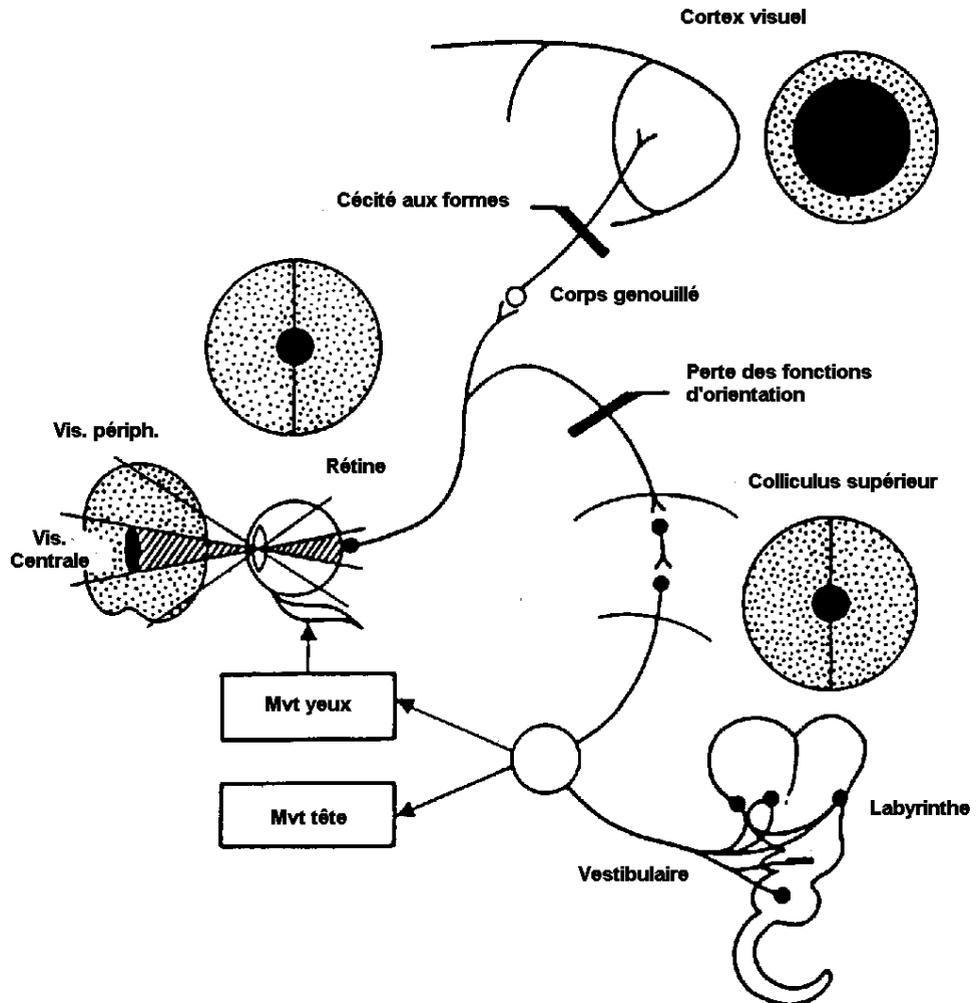


Fig 1. - Représentation schématique du double système visuel avec la carte rétinienne de représentation du champ de la vision centrale (fovéale et juxtafovéale) et de la vision périphérique. Le système d'identification emprunte les voies rétino-géniculo-striées et la carte de projection corticale comporte une extension importante des régions centrales. La suppression de cette voie conduit à la cécité aux formes.

Le système de localisation emprunte les voies rétino-colliculaires et la carte de projection colliculaire valorise essentiellement la rétine extrafovéale. La suppression de ce système conduit à une perte des capacités d'orientation dans l'espace.

Les informations d'origine colliculaire, combinées à celles d'origine labyrinthique, convergent dans les structures pontiques où s'organisent les mouvements conjugués de la tête et des yeux.

La suppression du premier système (par section des voies spécifiques géniculostriées ou par destruction des aires corticales de projection) s'accompagne d'une cécité aux formes. Il laisse subsister une capacité d'orientation des yeux, de la tête et du corps vers les sources de stimulations mobiles. Inversement la destruction des cartes tectales mésencéphaliques en préservant les cartes corticales de projections visuelles primaires laisse persister chez l'animal un conditionnement discriminatif de deux formes visuelles acquies antérieurement à l'intervention. Les animaux se montrent par ailleurs incapables d'orienter correctement les yeux, la tête ou le corps en direction des sources d'information visuelle. Les premiers travaux de Schneider (1969) sur le hamster illustraient clairement ces faits qui ont été depuis confirmés chez le singe (Humphrey et Weiskrantz, 1967). La destruction totale des aires striées conduit classiquement à la cécité de l'animal mais elle laisse néanmoins subsister la capacité pour ce dernier de détecter des signaux mobiles présentés dans son champ visuel: il y projette correctement la main dans un acte de saisie orientée, pourvu qu'il ait été précédemment entraîné à associer le pointage d'un tel stimulus à l'obtention d'une récompense.

Ces résultats ont incité à rechercher chez l'homme atteint de scotome du champ visuel les possibilités d'une vision résiduelle dans la zone du champ classiquement considérée comme aveugle. Le patient déclare ne rien voir, mais on lui demande néanmoins de désigner une zone du champ. Bien qu'il ait alors le sentiment de répondre au hasard, sa réponse s'avère sensiblement exacte dans un pourcentage significatif d'essais. En outre l'orientation correcte de l'œil et de la tête peuvent être sollicitées par une stimulation de la zone aveugle du champ visuel (Perenin et Jeannerod, 1978).

Fonction d'identification et fonction de localisation semblent donc relever de structures de traitement différenciées dans le système nerveux.

Bien que moins étayée de faits expérimentaux aussi clairs que ceux disponibles pour le système visuel, une telle distinction semble pouvoir être étendue aux domaines des informations sonores et tactiles. Dès lors se trouve posé, de manière nouvelle, le problème de l'élaboration de l'expérience perceptive que nous

avons de notre corps et du traitement différencié des informations visuelles, tactiles et kinesthésiques qui contribuent à l'élaboration d'une telle expérience. La distinction d'un *corps identifié* dans sa forme et dans le contenu de ses surfaces limitantes et d'un *corps situé* localisé comme objet perçu dans un certain espace orienté devient alors envisageable.

La première modalité de traitement des informations conduit à l'élaboration d'une *image du corps*, support de l'expérience consciente que nous prenons de l'existence de cet objet particulier que nous identifions comme le corps que nous habitons. Comme toute activité perceptive l'élaboration de cette image peut être sujette à distorsion, à hallucinations, ou faire l'objet de phénomène de fragmentation ou de complétion. Elle peut aussi être objet d'investissement. Il est intéressant de ce point de vue de noter que la pathologie de l'image du corps intéresse généralement une altération des contours du volume corporel et semble relativement dissociée des références à un espace orienté.

L'expérience du *corps « situé »* résulterait de son côté du traitement des informations d'origines diverses sur la position respective des parties mobiles qui le composent et sur la position de la tête et du corps dans un espace de référence « égocentré ». Nous retrouvons là le schéma de Head comme « le standard par rapport auquel les changements de posture sont mesurés » « avant même qu'ils entrent dans le champ de conscience » et distingué de l'image du corps comme expérience perceptive consciente.

Evoquer le *corps situé* amène à poser le problème des référentiels d'espace par rapport auxquels cette situation peut être définie.

2) LE CORPS « RÉFÉRENCE » ET LE CORPS « RÉFÉRÉ »

Il est tout d'abord important de rappeler une propriété commune à la plupart des espèces animales: celle qui concerne la stabilisation automatique de leur corps dans le champ des forces de gravité dans une position standard caractéristique de l'espèce. Tous changements de posture et tous mouvements doivent

être référés à cette position primordiale. La stabilisation antigravitaire du corps résulte, comme nous le savons, de l'existence de programmes précablés dans les structures nerveuses de la moëlle et du tronc cérébral (Paillard, 1976). Elle donne un support neurophysiologique précis à la notion « *d'invariant statural* ». Nous l'avons défini comme le référentiel basal sur lequel s'élabore un schéma postural du corps essentiellement constitué de matériaux afférentiels proprioceptifs (vestibulaires, articulaires et musculaires) qui, en schématisant quelque peu le problème, réfère la position respective des segments du corps par rapport à la position de la tête stabilisée dans le champ des forces de gravité (Paillard, 1971).

Ce *schéma postural « géocentré »* va lui-même devenir référence d'une part pour l'élaboration des programmes d'actions des déplacements des segments mobiles du corps (saisie buccale, saisie visuelle, saisie manuelle, pointage directionnel, etc.) dans un espace sensoriel défini, d'autre part pour le repérage des lieux dans les divers espaces visuels, auditifs et tactiles. Le schéma postural comme référentiel des programmes de mouvements orientés des segments du corps évoque précisément le schéma corporel au sens de Head : quant à l'élaboration somato-centrique des divers espaces sensoriels elle pose le problème d'un calibrage des positions repérées dans les divers espaces visuels, sonores ou cutanés dans un système de référence commun. Les travaux de notre laboratoire ont en particulier contribué à identifier le rôle primordial de l'orientation de la tête et de l'estimation de ses positions relatives par rapport au tronc dans le codage de position des stimulations visuelles et sonores par rapport au corps. L'espace tactile lui-même est l'objet d'un repérage dans l'espace postural. Les localisations sur l'espace du corps par pointage manuel illustrent le mode d'utilisation du référentiel postural alors que les épreuves de discrimination au compas de Weber illustrent le traitement de l'espace tactile dans le référentiel de la carte somatotopique corticale (Paillard, Brouchon-Viton, Jordan, 1977).

Tout ce que nous venons de dire concerne le corps pris comme référence dans un système de repérage somato-centré, mais le corps et ses mouvements

sont aussi repérés par rapport à des références externes stables.

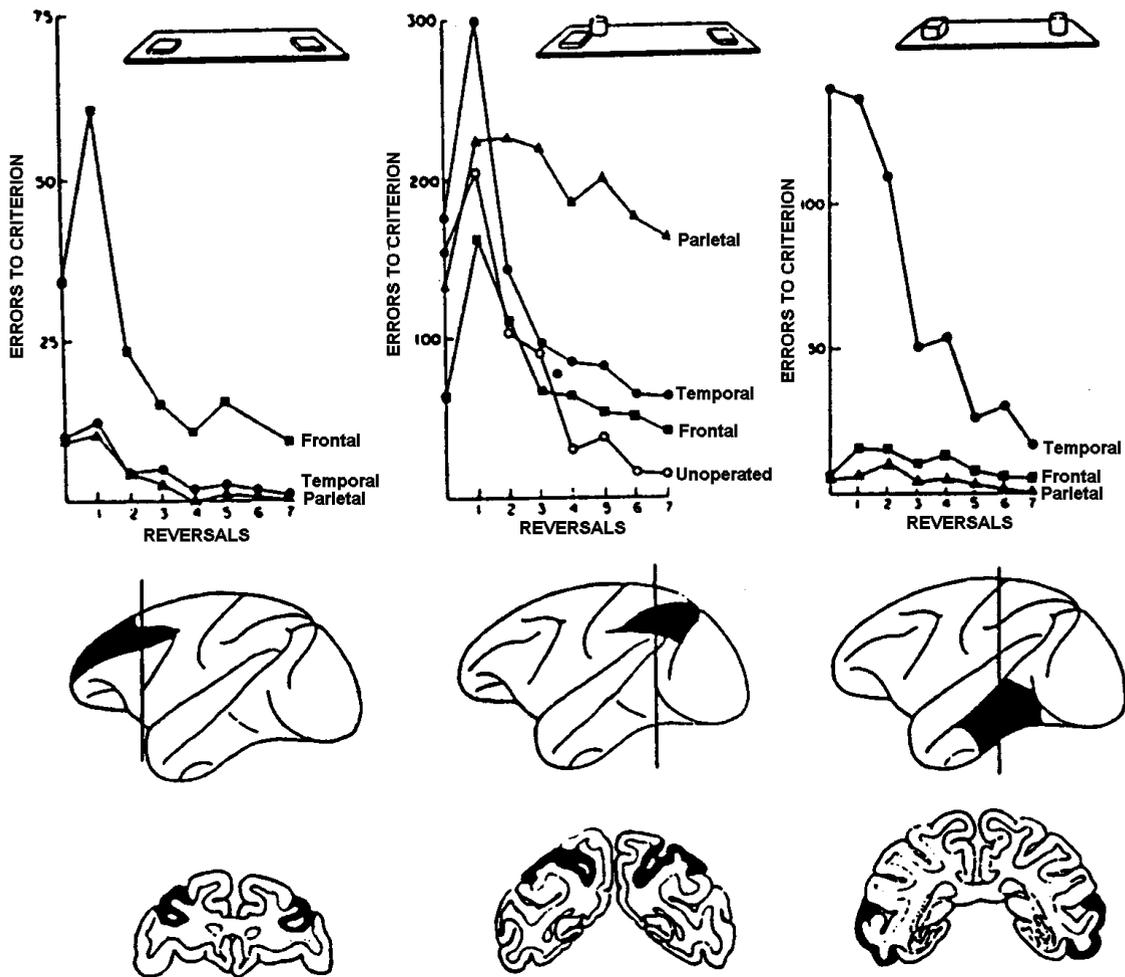
Nous avons déjà évoqué les mécanismes proprioceptifs de stabilisation géocentrique du corps dans le champ des forces de gravité. La vision elle-même va contribuer à référer la position du corps par rapport aux repères stables du monde physique externe notamment verticaux et horizontaux. La rétine périphérique s'est révélée être un important régulateur kinesthésique de la stabilisation du corps notamment lors de ses déplacements (Gibson, 1958; Lishman et Lee, 1973; Amblard et Carblanc, 1977). Les notions de corps référence et de corps référé appellent la recherche d'un support nerveux aux deux types d'opérations de référence qu'elles impliquent égocentriques et exocentriques.

Trois exemples illustreront les voies de recherches engagées dans cette voie prometteuse.

Le premier d'ordre *psychophysologique* concerne le rôle respectif de la vision centrale et de la vision périphérique dans la sollicitation des référentiels égo- et exocentrique. Nous savons qu'un sujet assis dans un fauteuil tournant au centre d'un cylindre dont la paroi porte des raies verticales alternativement blanches et noires éprouve, en dehors des mouvements des yeux de caractère nystagmique, des sensations souvent contradictoires de mouvement de son fauteuil ou de mouvement du cylindre. Lorsqu'on fait tourner le cylindre autour du sujet immobile ce dernier peut rapporter deux impressions différentes de la situation il laquelle il est soumis, suivant qu'on limite sa vision du cylindre à la partie centrale de la rétine (vision tubulaire) ou qu'au contraire on masque sa vision centrale (cône de 20° environ) pour ne lui permettre qu'une vision extrafovéale (vision périphérique) du déplacement des bandes du cylindre tournant. Dans les conditions d'une vision centrale tubulaire le sujet estime son corps immobile et interprète le défilement des bandes comme résultant du mouvement du cylindre par rapport à son corps pris comme référence stable. Dans le second cas, celui de la vision périphérique, le sujet estime le cylindre immobile et il interprète le défilement des bandes comme résultant du mouvement de rotation de son fauteuil donc de son *corps référé* cette fois par rapport au repère externe jugé stable que constituerait le cylindre immobile (Brandt et coll., 1973).

J'emprunterai mon second exemple à une expérience récente de *neuropsychologie* (Pohl, 1973). Un lot de singes subit des lésions localisées respectivement dans les trois grands secteurs associatifs du cortex frontal, pariétal et temporal. Les groupes d'animaux sont ensuite soumis à des

apprentissages discriminatifs dans trois situations différentes. L'aptitude à inverser l'apprentissage réalisé est ensuite comparée entre les trois groupes opérés et aux performances d'un groupe contrôle de singes normaux n'ayant subi qu'une intervention non suivie de lésions.



W. POHL. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 1973, 82, n°2, 227-239

Fig. 2. - Effets de lésions localisées aux secteurs associatifs frontaux, pariétaux et temporaux chez le singe. Les quatre groupes d'animaux (trois opérés et un contrôle) sont soumis à des épreuves de repérage d'un objet latéralisé (à gauche), de repérage de proximité de deux objets (au centre), de discrimination de forme (à droite). Une fois la tâche apprise, l'épreuve consiste à inverser le critérium de renforcement. Les graphiques indiquent l'évolution de la courbe des erreurs commises au cours des sept sessions consécutives à l'inversion du critère. Ils montrent (à gauche) que les opérés frontaux sont les plus touchés dans la tâche de repérage latéralisé (égocentrique), que les opérés pariétaux sont très détériorés dans la tâche de repérage de proximité (exocentrique) mais que ce sont les lésions du cortex inféro-temporel qui affectent spécifiquement la discrimination de forme. D'après Pohl (1973).

Comme le montre la figure 2, les lésions frontales affectent les performances dans lesquelles la tâche implique la discrimination de la position droite ou gauche d'un objet par rapport au corps de l'animal

(référence égocentrique). Les lésions pariétales par contre affectent les performances impliquant la discrimination d'une relation de proximité entre l'objet à choisir et un objet référence (référence exocentrique).

Enfin les lésions des aires inféro-temporales n'affectent pas les deux tâches précédentes de discrimination de position mais détériorent par contre les performances de discrimination entre deux objets de formes différentes quelles que soient leurs positions dans l'espace des lieux.

Mon troisième exemple illustrera l'une des ouvertures les plus récentes et les plus prometteuses de la *neurophysiologie* contemporaine. Elle tire parti du perfectionnement de méthodes nouvelles d'exploration des activités des neurones isolés sur l'animal chronique vigile. Elle combine de manière originale

l'observation clinique des activités spontanées ou provoquées de l'animal de manière à identifier celles qui s'accompagnent d'une modification systématique des activités de neurone enregistrées dont l'observateur entend crépiter les impulsions unitaires dans un haut-parleur en même temps qu'il observe le comportement de l'animal. Inaugurée par Hyvarinen en 1974, cette méthode vient d'aboutir à l'identification dans le cortex pariétal du singe (aires 5 et 7) de neurones dont l'activité est spécifiquement associée à une projection de la main du singe en direction d'une cible visuelle (fig. 3). Ces neurones ne répondent ni au seul mouvement du

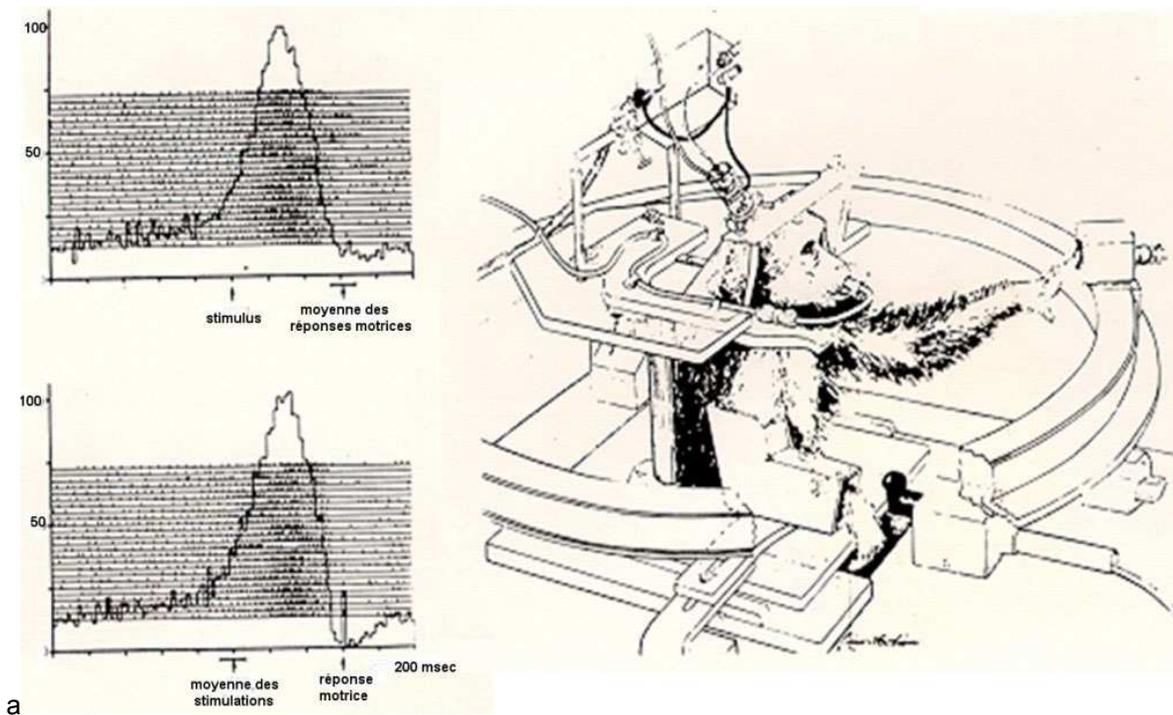


Fig. 3. - Dispositif expérimental utilisé pour l'étude des activités unitaires de neurones du cortex associatif pariétal chez le singe éveillé au cours d'une activité de pointage d'une cible visuelle. La position de la cible visuelle peut être modifiée dans le champ de préhension de l'animal. On notera le dispositif de fixation de la tête, l'adaptation du microdescendeur de microélectrodes et le dispositif de réception des activités électriques intracrâniennes. Le tuyau qui arrive à la bouche de l'animal est destiné à lui donner du jus d'orange après chaque essai réussi. Les deux tracés de gauche illustrent la distribution temporelle des activités unitaires d'un neurone pariétal au cours de 25 essais successifs. Chaque ligne horizontale correspond à un échantillon d'enregistrement de 2 secondes et demie. Chaque barre verticale sur ces lignes correspond à une impulsion nerveuse recueillie par la microélectrode. La courbe superposée aux 25 tracés correspond à l'histogramme cumulé des impulsions produites au cours des 25 essais. Les chiffres en ordonnée correspondent au nombre d'impulsions annulées dans une classe temporelle de 25 msec. Chaque division de l'échelle des abscisses correspond à 250 msec. Les flèches verticales désignent respectivement le moment de détection du signal lumineux et celui du contact de la main de l'animal sur la cible en fin de trajectoire. Le stockage de ces données sur bande magnétique permet leur traitement différentiel, illustré par les deux clichés de gauche. L'histogramme a été calculé en prenant comme référence en haut la date de détection du signal lumineux; en bas celle de la réponse motrice de l'animal. On voit clairement que les unités de neurone recueillies corrélaient mieux avec la phase d'exécution motrice de la performance qu'avec les événements sensoriels qui la précèdent. D'après Mountcastle (1975)

bras sans la présence d'une cible, ni à la seule stimulation lumineuse non accompagnée du mouvement. La caractéristique très remarquable de ces neurones dits de « projection » est qu'ils semblent spécifiques de la position de la cible dans l'espace de préhension de l'animal (Mountcastle et coll., 1975). Quelques observations préliminaires (Hyvarinen, 1977) semblent également montrer que si on modifie la position de la cible par rapport au corps du singe pris comme référence, le neurone identifié ne répond plus, mais si on modifie la position du singe par rapport à la cible prise comme référence stable dans l'espace physique, le même neurone continue de répondre bien que le mouvement de projection du bras ait alors une trajectoire modifiée. On serait donc amené à la constatation surprenante de la présence dans l'aire 7 du cortex pariétal d'une véritable carte de représentation de l'espace physique maintenue invariante en dépit des mouvements de l'animal. Ce qui évoque la mise en œuvre d'une régulation analogue à celle d'une stabilisation gyroscopique, mais mettant bien entendu en œuvre des mécanismes différents.

Ces nouveaux faits, s'ils sont confirmés, devraient constituer une contribution majeure à notre connaissance du support nerveux des référentiels d'espace.

3) LE CORPS AGI ET LE CORPS AGISSANT

Le troisième volet de cette présentation intéresse le problème de la genèse des référentiels d'espace au cours du développement individuel et de leur remaniement éventuel, une fois constitués chez l'adulte.

Le fait expérimental nouveau le plus significatif dans ce domaine a été la découverte du rôle organisant de la motricité active du sujet dans la construction de son espace visuo-moteur. L'univers sensori-moteur d'un organisme est engendré par l'expérience motrice active qu'il peut faire de son environnement. Le *corps agissant* devient ici l'instrument d'une élaboration des invariants spatiaux nécessaires à l'efficacité des actions qu'il dirige dans son espace extracorporel. Le *corps passif*, le *corps agi* par des forces extérieures, tire peu de bénéfice de l'expérience sensorielle qui

résulte des déplacements qui lui sont imposés. Le caractère actif de la collecte des informations constituerait donc l'une des conditions requises pour extraire du champ d'afférences les configurations stables de signaux utiles. La réception passive de ces informations ne peut conduire qu'à l'identification perceptive et à la reconnaissance de configurations déjà stabilisées par les activités antérieures.

Ce nouveau champ expérimental est actuellement en plein développement (voir Brouchon-Viton, 1975). Deux exemples serviront à l'illustrer.

a) Les expériences de Held et Hein (1963) sont aujourd'hui classiques. J'en rappellerai succinctement le principe: il consiste à examiner les conséquences, sur le développement ultérieur des coordinations visuo-motrices d'un animal, des expériences initiales qu'il lui est permis de faire au cours des premières semaines de la vie. L'originalité de l'approche de Held et Hein a consisté à contrôler la composante motrice de cette expérience sensorimotrice initiale. Des chatons sont élevés depuis leur naissance à l'obscurité et on les soumet à une expérience visuelle contrôlée (3 heures par jour à partir de la quatrième semaine) et limitée à celle qu'ils peuvent recevoir lors d'un transport passif dans leur environnement. Comparés à des chatons élevés dans les mêmes conditions, mais qui peuvent faire l'expérience active de leur environnement visuel, les chatons « passifs » se comportent curieusement comme des chatons aveugles. Ils sont incapables de se diriger dans un champ d'obstacles ou de détecter la profondeur. Ils butent dans les objets ou tombent dans le vide à l'extrémité d'une table. La *figure 4A* illustre le dispositif de carrousel utilisé par ces auteurs pour contrôler l'expérience visuelle d'un chaton actif qui entraîne le carrousel et celle d'un chaton passivement transporté. Elle illustre également l'épreuve du champ d'obstacles (*fig. 4B*) et celle dite de la falaise visuelle (*fig. 4C*) utilisées pour tester l'aptitude de l'animal à diriger visuellement son exploration locomotrice dans un champ visuel structuré.

Plus instructives encore sont les expériences où les chatons sont équipés de collerettes soit transparentes soit opaques autorisant ou non la vision de leurs pattes antérieures en mouvement (*fig. 5A et B*).

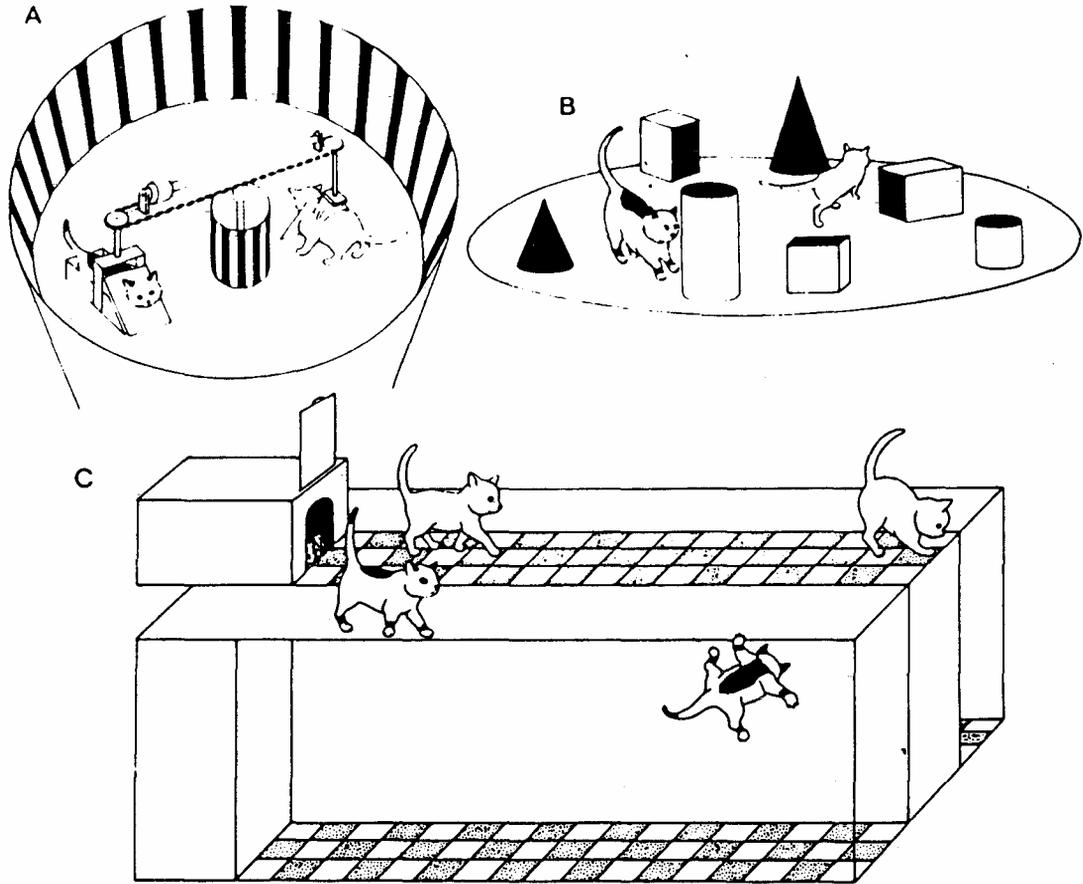


Fig. 4. - Effets d'une restriction de l'expérience sensorimotrice initiale. Des chatons sont élevés dans l'obscurité jusqu'à l'âge de 4 semaines puis soumis 3 heures par jour à une expérience visuelle dans un manège permettant à l'un des chatons de la paire une expérience motrice active de son environnement et à l'autre, passivement transporté, à une expérience visuelle identique mais sans expérience motrice associée (4A). Le comportement des chatons est ensuite testé soit dans l'épreuve dite du champ d'obstacles (4B), soit dans celle dite de la falaise visuelle (4C). Dans la première le chaton privé d'expérience sensorimotrice initiale se comporte comme un chaton aveugle et butte contre les obstacles. Dans la seconde il ne tient pas compte de l'existence d'un précipice de part et d'autre de l'allée centrale et s'engage sur la lame de verre transparente qui surplombe le précipice. De même il s'engagera dans le vide arrivé aux bords du support et tombera.

Dans les deux cas les chatons construisent correctement leur espace locomoteur, mais le chaton qui n'a pas eu la possibilité de voir ses pattes actives se révèle incapable de guider visuellement le mouvement de ses pattes dans l'espace extracorporel.

Le test employé est ici celui dit du placement visuel. Il utilise la présence, dans le répertoire des réactions innées de l'animal, d'un réflexe de projection des pattes avant préparatoire à la réception sur un support

plan dont on rapproche l'animal. Ce réflexe à point de départ visuel se complète d'une réaction d'ajustement visuel de la position de la patte à proximité du support. Cette réaction de guidage terminal ne se constitue pas chez les chatons qui n'ont pas fait l'expérience de la vision de leur patte active. Pour mettre en évidence ce déficit on utilise un plateau crénelé (fig. 5C, D, E) qui impose la réception de la patte sur la partie pleine du support lors de la réaction de placement. Ces données ont été étendues au

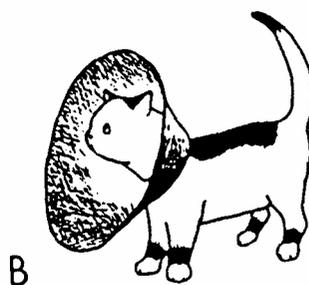
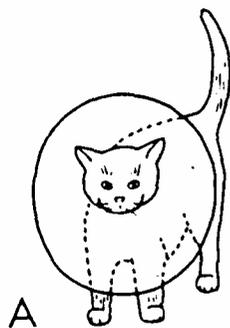
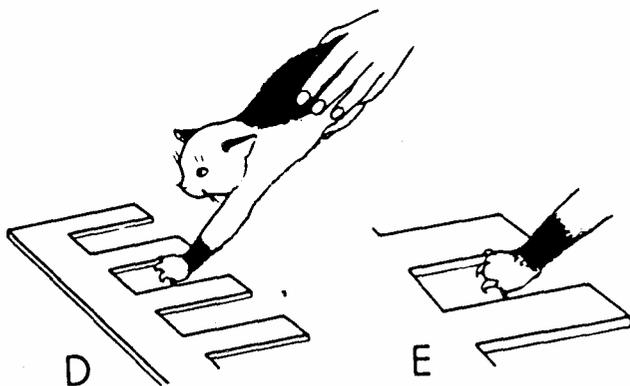
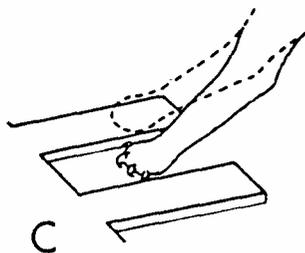


Fig. 5. - Effets d'une restriction précoce de l'expérience visuelle du corps en mouvement. Les chatons sont munis de colerette soit transparente permettant la vision du corps et des pattes, soit opaque supprimant cette possibilité. L'épreuve de la réaction de placement visuel est utilisée pour contrôler les deux phases d'extension puis de guidage de la patte au voisinage de la surface d'appui. Cette dernière réaction fait défaut chez l'animal précocement privé de la vision de ses pattes.



jeune singe que l'on élève pendant les premières semaines recouvert d'une housse qui lui masque la vision d'un de ses membres antérieurs (Held et Bauer, 1974). Il acquiert normalement la capacité d'utiliser le membre qu'il voit pour la saisie des objets mais se trouve désemparé lorsqu'on lui permet la vision du membre qu'il n'a jamais vu. Il le considère comme un objet étranger dont il ne peut faire usage jusqu'à ce qu'il acquière progressivement la capacité de le guider visuellement.

b) Une intéressante extension de cette problématique à l'homme consiste à utiliser le port de lunettes prismatiques. Depuis les célèbres expériences de Stratton on sait qu'un sujet porteur de lunettes inversant sa vision du monde peut, au bout de quelques semaines, réorganiser ses comportements visuo-moteurs de manière satisfaisante. Mais c'est l'étude de la réaction de pointage d'une cible visuelle qui constitue dans ce domaine le modèle expérimental le plus favorable (Paillard, 1977).

l'analyse d'une telle performance permet en effet de dissocier, comme dans la réaction de placement visuel du chaton, la phase de projection balistique du membre à proximité de l'objectif, de la phase terminale d'ajustement. De ce fait, il est possible, grâce à un dispositif approprié, d'effectuer un pointage « en boucle ouverte » sans que le sujet voie sa main et puisse juger de l'erreur qu'il commet (fig. 6). On supprime donc ici la possibilité de correction visuelle en feedback de la trajectoire. Le port de lunettes prismatiques déplaçant le champ visuel d'un certain angle vers la droite par exemple (20°) entraîne, en boucle ouverte, une erreur de mouvement de projection de 20° trop à droite. On constate alors que la seule vision de son membre activement déplacé par le sujet qui est autorisé à regarder pendant quelques minutes sa main droite à travers ses lunettes, suffit à recalibrer le mouvement de projection non guidée dans la direction correcte de la cible. Par contre si c'est l'expérimentateur qui déplace passivement la main du sujet dans le champ

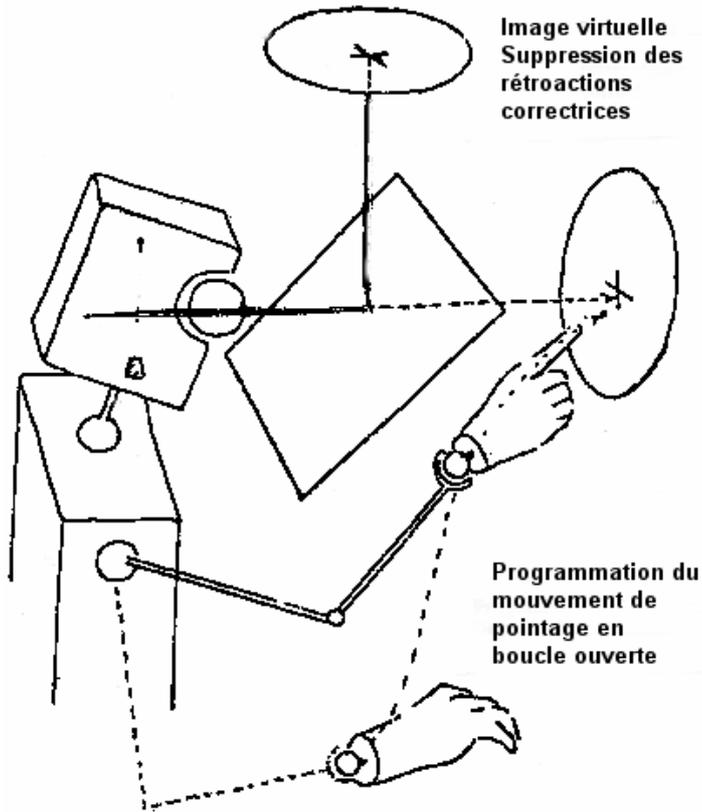


Fig. 6. - Principe d'une épreuve de pointage visuo-manuelle en boucle ouverte chez l'homme. Le sujet pointe une cible virtuelle sans voir sa main et par suite sans possibilité de détecter ses erreurs éventuelles. La précision du pointage est ici fonction du programme de projection du membre déclenché et du repérage de la position de la cible. Si ce repérage est modifié par le port de prismes, les erreurs de pointages en reflèteront l'altération, de même qu'elles permettront d'apprécier à l'insu du sujet les éventuelles réorganisations intervenues dans son système de référence interne.

de son regard pendant le même laps de temps, le pointage restera incorrect. Là encore c'est la motricité active du sujet qui semble requise pour réorganiser son espace visuo-moteur. Il s'agit bien ici d'une réorganisation qui porte sur le référentiel postural du schéma corporel, car si l'on demande au sujet de pointer les yeux fermés en direction d'une source sonore, on constate alors qu'il pointe trop à gauche de cette source. Si on lui demande d'indiquer avec son autre main le point de la peau de l'avant-bras réadapté que touche l'expérimentateur, il indiquera un point situé trop à gauche comme s'il localisait désormais proprioceptivement son bras réadapté dans une position déplacée par rapport à sa position physique réelle.

Cette capacité de recalibration peut être limitée à un segment de membre comme l'ont montrée certaines expériences de notre laboratoire (Hay et Brouchon, 19721. Le sujet est invité à pointer en direction d'une

cible visuelle par un mouvement soit du poignet, soit du coude, soit de l'épaule. Puis on limite successivement l'expérience du sujet, muni de lunettes prismatiques, à une vision d'un mouvement actif soit du poignet, soit du coude, soit de l'épaule. On constate alors, dans le premier cas, que seul le pointage du poignet est redevenu correct alors que celui du coude et de l'épaule ne le sont pas. Par contre la vision du coude actif recalibre aussi bien le poignet que le coude. La vision de l'épaule active va bénéficier à la fois au coude et au poignet. Enfin si le mouvement de la tête reste libre pendant la phase d'exposition, un recalibrage de la tête sur le tronc s'opère alors et toutes les articulations des deux membres sont alors recalibrées.

On soulignera ici l'extrême plasticité de ce référentiel postural. Cette plasticité rend compte des réadaptations permanentes que nécessitent chez l'enfant les changements de dimensions de son corps au cours

de la croissance. Elle explique aussi la facilité avec laquelle l'organisme incorpore à son référentiel des segments artificiels ou des outils qui prolongent le corps. Elle indique enfin le *rôle organisant du corps actif* dans ces processus adaptatifs.

4) LE MODÈLE DES SYSTÈMES AUTO-ORGANISATEURS

Les trois notions que nous venons d'exposer contribuent à jeter un nouvel éclairage sur la nature et la fonction du schéma corporel. En le distinguant clairement de l'image du corps, elles permettent de l'identifier comme résultant d'un mode spécifique de traitement par le système nerveux des données relatives à une fonction de localisation dans l'« espace des lieux ». Le corps stabilisé par rapport aux forces de gravité devient le référentiel « géocentré » des actions que nous dirigeons dans l'espace extracorporel; il réfère également ses propres mouvements par rapport aux invariances positionnelles qu'il a extraites des stabilités de l'univers physique qui l'entoure. La construction puis l'entretien de ces référentiels égo- et exocentriques sont le résultat de l'expérience active qu'il peut faire de son environnement. Il va sans dire que les dichotomies fonctionnelles auxquelles nous conduisent ces nouvelles analyses (identification-localisation, égocentrique-exocentrique, activité-passivité) posent le problème de leur coexistence, de leur coopération, de leur confrontation, de leur contribution respective à l'édification de cette expérience singulière que constitue la conscience de soi. Ce problème reste bien entendu ouvert malgré quelques ouvertures intéressantes au plan psychophysiologique.

Mais nous aimerions aussi évoquer pour terminer certaines ouvertures théoriques récentes. En mettant finalement l'accent sur le pouvoir organisant de la motricité active, ces données nouvelles ouvrent d'intéressantes perspectives, aussi bien pour la recherche des supports nerveux de ces fonctions organisatrices, que pour l'exploitation systématique des ces propriétés dans les pédagogies rééducatives.

On retiendra à cet égard l'intérêt des développements récents de la théorie des *systèmes auto-organistateurs*.

Elle fait entrevoir la possibilité de dissocier dans les machines biologiques ce qui relève de la part rigide de leur organisation génétiquement constituée soit consolidée en mémoire comme produit de leur expérience et de la part labile de cette organisation qui constitue un potentiel d'enrichissement et d'adaptation (Paillard, 1977). Le système nerveux par la complexité de son organisation répond aux caractéristiques d'un système auto-organisateur avec sa part précablée rigide assurant la fiabilité des grandes fonctions physiologiques vitales et disposant d'un répertoire de réactions adaptatives acquises consolidé dans ses mémoires. Il dispose aussi, au départ, d'un potentiel de labilité synaptique dont les travaux de la neurobiologie moderne révèlent l'étonnante richesse.

Les développements récents de la théorie des systèmes auto-organistateurs met l'accent sur le double rôle des agressions aléatoires dont le système est l'objet: le premier concerne les effets bien connus du « bruit » comme source d'erreurs dans la machine informationnelle et comme source de destruction et de vieillissement de la machine thermodynamique. Le second souligne l'aspect organisateur que peuvent prendre ces bombardements aléatoires sur un système complexe suffisamment « redondant » du point de vue de son potentiel de labilité. Un « principe de création d'ordre à partir du bruit » interviendrait ici pour accroître l'ordre interne de la machine et donc son organisation, en tirant parti de la part d'aléatoire et de non organisé qui régissent les interactions entre un organisme et son environnement (fig. 7). D'où la notion d'un « hasard organisationnel » (Atlan, 1972) dont pourrait se nourrir le système nerveux afin d'accroître ses potentialités de réponses adaptatives au prix d'une diminution de sa redondance interne. Lorsque cette redondance serait épuisée, le système perdrait sa capacité de création d'ordre et se verrait alors voué aux effets destructifs du bruit, au vieillissement et à la mort lorsque la fiabilité de ses fonctions descendra au-dessous d'un certain niveau critique pour la survie de l'organisme. Ainsi la prise en compte d'une « organisante » au sein de la machine « organisée » pose d'importantes questions nouvelles pour notre compréhension du fonctionnement des organisations vivantes et de leur complexification évolutive (Paillard, 1977).

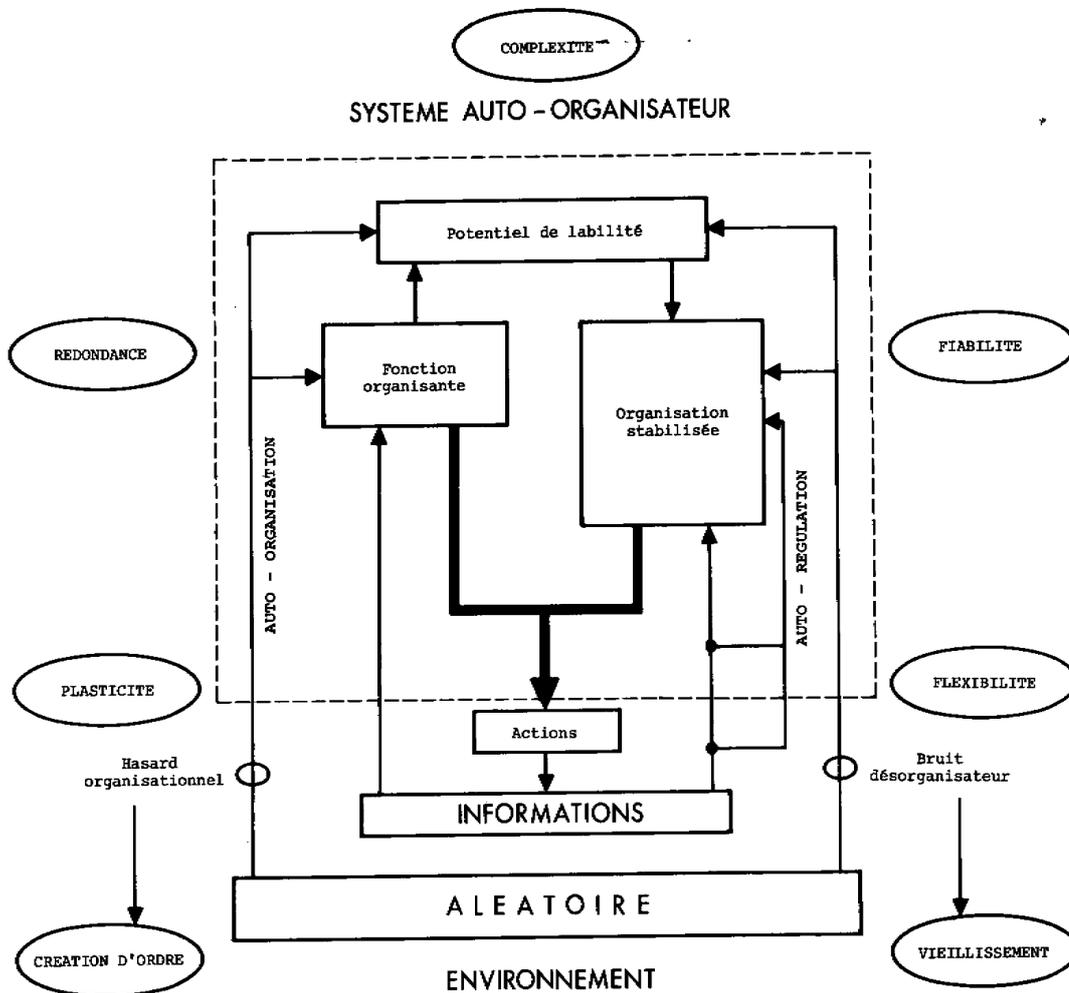


Fig. 7. – Schéma de principe d'un système auto-organisateur. Voir commentaire dans le texte.

Le rôle organisant de la motricité active dans les opérations de construction des référentiels d'espace et d'extraction des invariants relationnels sur lesquels s'organise l'activité des organismes relève d'une telle fonction biologique. De l'exercice de cette dernière dépend en fin de compte les capacités auto-adaptatives et les possibilités de transformation et d'enrichissement de l'individu.

BIBLIOGRAPHIE

Amblard B., Carblanc A.: *Rôle des informations fovéales et périphériques dans le maintien de l'équilibre postural chez l'homme*. VI^e symposium de posturographie, Sofia, 1977 (sous presse).

Angelergues R.: *Réflexions critiques sur la notion de schéma corporel*, pp. 215-242. In: *Psychologie de la connaissance de soi*. Symposium Association de psychologie scientifique de langue française, PUF Paris, 1975.

Atlan H.: *L'organisation biologique et la théorie de l'information*. Hermann, Paris, 1972, 296 p.

Brandt T., Dichgans J., Koenig E.: *Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception*. Exp. Brain Res., 16: 476-491, 1973.

Brouchon M.: *Les coordinations visuo-motrices. Etude expérimentale de l'adaptation au déplacement de l'espace visuel chez l'homme*. Année psychologique, 68: 525-547, 1968.

Brouchon-Viton M.: *L'acquisition des coordinations visuo-motrices. Une lecture de quelques expériences récentes sur le chaton*. Psychologie française, 20: 53-59. 1975.

Brouchon-Viton M.: *Les conduites perturbées. Les fonctions de prise d'information*. In: Piaget J., Bronckart J.P., Mounoud P.: *La psychologie*, Encyclopédie de la Pléiade. Gallimard. Paris (sous presse).

Gibson J.J.: *Visually controlled locomotion and visual orientation in animals*. Br. J. Psychol., 49: 182-194, 1958.

Hay L., Brouchon M.: *Analyse de la réorganisation des coordinations visuo-motrices chez l'homme*. Année psychologique, 1: 25-38, 1972.

Head H., Holmes G.: *Sensory disturbances from cerebral lesions*. Brain, 34: 102-245, 1911-1912.

Hein A., Held R.: *Dissociation of the visual placing response into elicited and guided components*. Science, 158: 390-392 1967.

Held R., Hein A.: *Movement produced stimulation in the development of visually guided behavior*. J. Comp. Physiol. Psychol., 56: 872-876, 1963.

Held R., Bauer A.: *Development of sensorially-guided reaching in infant monkeys*. Brain Research, 71: 267-271, 1974.

Humphrey N.K., Weiskrantz L.: *Vision in monkeys after removal of the striate cortex*. Nature, 215: 595-597, 1967.

Hyvarinen J., Poranen A.: *Function of the parietal associative area 7 as revealed from cellular discharges in alert monkeys*. Brain, 97: 673-692, 1974.

Hyvarinen J., 1977. Communication personnelle.

Lishman J.J., Lee D.N.: *The autonomy of visual kinæsthesia*. Perception, 2: 287-294, 1973.

Mountcastle V.B., Lynch J.C., Georgopoulos A., Sakata H., Acuna C.: *Posterior parietal association cortex of the monkey: command functions for operations within extra-personal space*. J. Neurophysiol., 38: 871-908, 1975.

Paillard J.: *Les déterminants moteurs de l'organisation de l'espace*. Cahiers de psychologie, 14: 261-316, 1971.

Paillard J.: Intervention suite au rapport de R. Angelergues sur *Réflexions sur la notion du schéma corporel*, 143-148. In: *Psychologie de la connaissance de soi*. Symposium de l'APSLF, Paris, PUF, 1975.

Paillard J.: *Tonus, posture et mouvement*, pp. 521-728. In: Kayser Ch. (éd.) *Traité de psychologie*, tome III, ch. 6, 3^e éd., Flammarion, Paris, 1976.

Paillard J.: *Espace visuel et programmation motrice*. Cahiers de psychologie, 171-180, 1976.

Paillard J.: *Système nerveux et fonction d'organisation*. In: Piaget J., Bronckart J.P., Mounoud P.: *La Psychologie*, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard, Paris (sous presse).

Paillard J.: *La machine organisée et la machine organisante. Conceptions récentes sur la neurobiologie des fonctions motrices*. Conférence inaugurale du Congrès international d'éducation physique, Liège, avril 1977.

Paillard J., Brouchon-Viton M., Jordan P.: *Differential encoding of location cues by active and passive touch*. In: G. Gordon (ed.), *Active touch*, Pergamon Press, Oxford, 1977.

Perenin M.T., Jeannerod M.: *Visual function within the hemianopic field following early cerebral hemidecortication in man., I. Spatial localization*. Neuropsychologia, 16: 1-14, 1978.

Pohl W.: *Dissociation of spatial discrimination deficits following frontal and parietal lesions in monkeys*. J. Compar. Physiol. Psychol., 82: 227-239, 1973.

Schneider G.E.: *Two visual systems*. Science, 163: 895-902, 1969.

Adresse de correspondance:

Prof. J. Paillard, Université d'Aix-Marseille II, CNRS - 'NP 4 - F 13274 Marseille Cedex 2.