

Le schéma corporel : histoire, définitions et propositions

Eric W. Pireyre, psychomotricien

Résumé : Le concept de schéma corporel est porteur d'une histoire très complexe. Proposé par Bonnier (1902) en tant que « sens des attitudes » et par Head et Holmes (1911) comme « schéma postural », il a donné lieu à des débats confus jusqu'à des années 1980. Clarifié en France par Dolto (1984) et dans le monde anglo-saxon par Gallagher (1986), il est maintenant bien défini par les neurosciences qui se sont emparé du sujet avec des paradigmes expérimentaux très astucieux et féconds. Un consensus est adopté par tous : le schéma corporel est le fruit d'un ensemble de coordinations sensori-motrices impliquant la proprioception et les systèmes sensoriels visuel – dans sa composante périphérique - et vestibulaire. La vision est un soutien. Le système vestibulaire, par sa structure neurologique, est impliqué à de nombreux niveaux. L'espace périphérique personnel concerne la totalité du corps et appartient au schéma corporel. Le développement du schéma corporel chez l'enfant est abordé également. Des propositions d'items pour une adaptation future dans le bilan psychomoteur sont proposées.

Introduction

Le concept de schéma corporel est né aux débuts du vingtième siècle. Son histoire est donc plus que centenaire. Pour autant, il a fallu près de 80 ans pour en stabiliser le périmètre puis la définition. A la frontière des liens complexes entre le corps et l'esprit et mal différencié de l'image du corps, il était source de grande confusion. Ne correspondant pas à une fonction corporelle clairement définie (comme la digestion, par exemple) et ne reposant pas sur des structures du système nerveux central facilement identifiables sans les outils modernes d'imagerie, il a conduit les chercheurs à l'élaboration d'un consensus. Lorsque Dolto (84) et Gallagher (86) décident, indépendamment l'un de l'autre, de cantonner le schéma corporel à l'équipement neurophysiologique, ils ont libéré les énergies. Toutefois, il a fallu attendre l'arrivée des technologies d'imagerie cérébrale pour découvrir la complexité des substrats cérébraux sur lesquels il repose et l'importance de la coordination d'informations sensorielles et spatiales diverses qu'il implique.

Le schéma corporel est un concept très important pour les psychomotriciens d'abord en raison de son inscription au décret de compétences de 1988, mais aussi bien sûr parce qu'il concerne de nombreux types de patients. Il était devenu nécessaire de proposer une nouvelle définition du schéma corporel à partir des dernières découvertes dans l'idée d'élaborer de nouveaux outils pour le bilan psychomoteur et d'affiner les prises en charge psychomotrices. C'est le but de cet article. Commençons par l'histoire.

1/ L'histoire du schéma corporel : un passé pas simple

C'est Bonnier (1902) qui propose la notion de « sens des attitudes ». L'état des connaissances scientifiques au début du vingtième siècle ne lui a pas permis de différencier les attitudes des postures. Si nous voulions rester dans les traces de Bonnier, nous parlerions de nos jours plutôt de sens des postures. L'attitude correspond, en effet, au message – émotionnel - véhiculé par la posture.

-« Le sens des attitudes nous fournit la notion du lieu de chaque partie de nous-mêmes et forme la base de toute orientation, tant objective que subjective et psychique. Il a pour objet la figuration topographique de notre moi. J'ai également proposé ce terme de schématie pour le genre d'images fournies par ce sens. »

-« Cette représentation de l'attitude segmentaire, née de l'ensemble des images tactiles fournie par l'innervation sensitivo-sensorielle [...], n'a rien de commun avec la tactilité sensorielle comme on l'entend ordinairement... »

-« Nous ne sentons pas nos muscles ou nos articulations, mais l'ensemble de ces opérations nous est révélé sous une forme obtuse, synthétique et globale, mais absolument consciente en tant qu'image d'attitude ou de variation d'attitude... »

-C'est donc « la faculté que nous possédons de savoir à tout instant orienter une partie quelconque de notre corps par rapport à toutes les autres. »

-« Nous ne percevons pas le quelque chose sans le quelque part. »

Bonnier a l'immense mérite de poser le problème de la représentation des mouvements et des positions du corps mais il y implique la subjectivité et le fait psychique.

Henry Head, neurologue anglais, va s'intéresser, avec Holmes (1911), aux mécanismes sensoriels. Au point d'expérimenter sur lui-même. Il mettra en évidence principalement deux formes de sensibilité, protopathique et épicrotique.

-«Le sentiment de soi est une construction active et la connaissance humaine de l'univers matériel dépend d'un ensemble de processus physiologiques complexes dont l'esprit est normalement non conscient.

-L'homme bâtit en permanence un modèle – constamment changeant - de lui-même. La connaissance du corps et de ses relations aux autres objets dépend de ce modèle constamment remis à jour. Head appelle ces modèles "schemata". Ces schémas sont par nature dynamiques. Chaque changement identifié se présente à la conscience porteur de ses relations avec ce qui l'a précédé. Ces états précédents ne sont par nature en aucune façon psychiques. »

Head prolonge donc le raisonnement de Bonnier. Il cantonne toutefois l'information sensorielle sur un versant « non psychique ». Laissons Jeannerod (2010) commenter les débuts du schéma corporel sur la scène :

-« Le sens des attitudes de Bonnier préfigurait la notion de schéma corporel, telle qu'elle apparaît dans la littérature neurologique en 1911, avec l'article de Head et Holmes. Ces auteurs proposaient que les informations sensorielles provenant de la surface et de la profondeur du corps pendant les mouvements pouvaient être emmagasinées au niveau du cortex sensoriel et constituer un stock d'« impressions. »

-« Celles-ci peuvent parvenir à la conscience sous forme d'images, mais le plus souvent elles restent hors de son champ. Elles forment des modèles organisés de nous-mêmes que nous pouvons appeler des « schémas. »

Le schéma représentait en quelque sorte un standard auquel pouvaient être comparés les changements de posture du corps :

~« Comme nous changeons perpétuellement de position, nous sommes toujours en train de construire un modèle postural de nous-mêmes en constante transformation. Chaque nouvelle posture ou mouvement vient s'enregistrer sur ce schéma plastique, et l'activité corticale met en relation avec lui chaque nouveau groupe de sensations évoquées par la posture nouvelle. Il s'ensuit une connaissance immédiate de la posture, dès que cette relation est établie. »

Head et Holmes « envisageaient en fait l'existence de plusieurs de ces modèles selon qu'ils étaient construits à partir des informations visuelles, tactiles ou autres, qui se superposaient pour former une image tridimensionnelle du corps avec laquelle toute nouvelle impression sensorielle était mise en rapport avant d'arriver à la conscience. »

~« Le schéma corporel de Head et Holmes peut aussi bien désigner le sentiment que nous possédons de notre propre corps et de notre espace corporel que le mécanisme physiologique qui nous donne ce sentiment. »

Nous entrons là dans la confusion : le schéma corporel est-il d'une façon ou d'une autre reliée au fait psychique ? Ce dernier revêtirait alors la forme de la subjectivité. Il faudra attendre Damasio (1995) pour que, dans les neurosciences, le lien soit fait entre les systèmes sensoriels et leurs coordinations et la subjectivité. En attendant, nos auteurs vont se donner bien du mal...

Wallon et Lurçat (1962)

~« Le schéma corporel reste une notion ambiguë et flottante, variable d'ailleurs avec les auteurs.

~Nos recherches ont montré que le schéma corporel ne coïncidait pas forcément avec le corps anatomique mais que dans le schéma corporel il y avait des rapports d'ordres divers dans l'espace, espace postural et espace ambiant, et que l'on ne pouvait pas étudier le schéma corporel sans faire intervenir la position du corps dans l'espace et sans définir les rapports du corps avec l'acte mimé et avec l'acte sur les objets avec la personne d'autrui, avec un mannequin, et on a obtenu, suivant qu'il s'agit d'imitation ou d'ordre verbal, des résultats différents.

~Dans l'espace postural interviennent aussi des états d'équilibre, des états affectifs, il ne coïncide pas, lui non plus, avec les organes. »

Wallon et Lurçat ne démêlent pas l'écheveau mais officialisent l'importance de l'espace dans la notion de schéma corporel.

Pour **Wittling** (1968), aborder la question de

~« L'ontogenèse du schéma corporel chez l'homme, c'est s'engager dans un domaine étrange et plein de confusion. En effet, selon les auteurs, le terme employé est différent et son contenu aussi lorsqu'on a le bonheur de le trouver défini : Somatopsyché (Wernicke-Foerster, 1894), schéma postural (Head et Holmes, 1911), notion du corps propre (Wallon, 1931), conscience de soi (Wallon, 1932 ; Lézine, 1951 ; Lévine, 1958), image de soi (Van Bogaert, 1934 ; Tournay, 1959), image du moi corporel (Lhermitte, 1942), représentation du moi physique (Burstin, 1957), schéma corporel (Schilder, 1968 ; Spionek, 1961), image du corps et conscience de soi (R. Zazzo, 1962), corps vécu

(Trillat, Ghasseguet-Smirguel, 1963), image de sa propre personne (Köhler, 1965), représentation de soi (B. Zazzo, 1966) ... »

Toutes ces références constituent tantôt les diverses désignations d'une même chose, tantôt la même appellation de phénomènes divers que Lhermitte (1939) englobait sous le terme général de « l'image de notre corps ». En réalité, il semble qu'on puisse déjà dégager, à travers la fluidité de cette notion, trois niveaux d'étude : l'un à dominante physique, l'autre plus psychologique, le troisième plus social.

- 1) L'image de notre corps, c'est d'abord « l'image de soi, le sentiment complexe mais fort et toujours présent à la frange de la conscience de notre personnalité physique..., l'image de notre moi corporel, de notre corps de chair » (Lhermitte, 1939).

- 2) L'image de notre corps, c'est ensuite le « problème de l'identification et donc, inévitablement, du « Moi ». Le Moi est avant tout une « réalité psychique », donc un « processus psychique » au sens le plus classique du terme » (Nacht, 1956). Ce niveau a été particulièrement étudié par les psychanalystes, à la lumière des travaux de Freud qui, notons-le bien cependant, n'a laissé aucun écrit sur cette question.

- 3) L'image de notre corps, c'est enfin « une manière d'être et de penser, la façon dont les jeunes construisent la représentation qu'ils ont d'eux-mêmes dans l'exercice plus ou moins réfléchi de leurs rôles » (B. Zazzo, 1966). Ce niveau, déjà plus évolué, est postérieur au précédent, car il fait appel à l'introspection, au langage ; de ce fait, son étude ne peut être menée que sur des sujets plus âgés.

En pointant les confusions, Wittling cherche à les balayer. Elle nous propose bien une conception « physiologique » du schéma corporel et se réfère clairement à la notion d'image du corps. Une image du corps telle qu'elle est conceptualisée en 1968, à partir des propositions de Schilder (1968). L'avancée est notable mais n'entraînera pour autant encore pas l'adhésion. Écoutons J. de Ajuriaguerra (1974) :

-« Sous le terme de schéma postural, de schéma corporel, d'image de soi, de somato-psyché, d'image du Moi corporel, de somatognosie, on englobe des notions qui sont souvent considérées comme équivalentes par les auteurs.

-Dans la notion de « schéma corporel » au sens large du terme, on ne sait jamais s'il s'agit d'un schéma fonctionnel ou bien si elle s'applique au sentiment que nous possédons de notre corps, de notre espace corporel ou encore si elle dénomme la fonction des mécanismes physiologiques qui nous donnent le sentiment correspondant à la structure réelle du corps.

-La notion de « somatognosie » peut également s'utiliser tantôt dans le sens de la prise de connaissance du corps et de ses parties intimement liées à l'évolution de la practo-gnosie, tantôt comme une prise de conscience du corps en tant que réalité vécue – connaissance implicite. »

Le débat prend une tournure très différente. On sent dans la citation d'Ajuriaguerra la quête d'une conceptualisation affinée et le besoin de clarté. Soubiran et Coste (1975) vont rester dans un entre deux qui ménage la reconnaissance de l'importance de l'équipement de l'organisme et la prise en compte du sujet humain « conscient de lui-même ».

- « Il s'agit de ne pas perdre de vue que l'apport neurologique, biochimique est indispensable à une compréhension saine et ample du schéma corporel. »

-« L'état mémoriel du sujet, sa capacité d'actualisation et d'intégration détermineraient ainsi la conformité de son schéma corporel à la réalité, réalité qui devient à son tour existence potentielle du corps »

-« Le caractère fondamental du schéma corporel tient à ce qu'il met en relation deux espaces essentiels : celui du corps propre et l'espace objectif environnant. Leur articulation réciproque renvoie à des données génétiques, physiologiques et relationnelles.

-La difficulté d'une élucidation du schéma corporel réside dans sa non-objectivité. Le sujet a de lui-même une idée, une image, une représentation, une conscience de soi qu'il engage totalement dans chacun de ses actes.

-Le schéma corporel nous apparaît donc comme la qualité d'une adaptation motrice à la réalité, ayant pour motivation plus ou moins consciente une volonté d'ajustement à l'espace vécu et qui se réalise selon les possibilités inhérentes ou imparties à l'être humain. »

Il est nécessaire de préciser le contexte dans lequel Soubiran et Coste se proposent de définir le schéma corporel. En 1975, la psychomotricité est en bonne voie d'installation dans le paysage de la santé en France. Le diplôme d'Etat vient d'être créé. Les premiers Instituts de Formation en Psychomotricité n'ont ouvert leurs portes que depuis quelques années. Et la toute jeune psychomotricité est en passe de se frayer un chemin pour exister aux côtés de la puissante psychanalyse. Dans ces conditions institutionnelles, et munis de connaissances encore non abouties à propos du schéma corporel, nos deux auteurs s'ancrent dans les débats de l'époque. Et il faut bien dire que cette notion de schéma corporel ne cache rien moins que le problème des liens entre le corps et l'esprit. Comment penser la physiologie sans penser le sujet ? Apporter sa contribution à cette problématique, en 1975, c'est audacieux. C'est en fait, à l'époque, une vraie vision de ce que doit devenir la psychomotricité. Defontaine (1979) s'engouffre dans l'ouverture et « physiologise » le schéma corporel

-Le schéma corporel est une représentation quasiment spatiale et visuelle du corps. Peu à peu s'est faite jour une autre façon de voir qui mettait en évidence le corps, non plus en tant qu'il est représenté visuellement mais plutôt en tant qu'il agit dans le monde extérieur : la motricité et l'action du corps dans le monde deviennent prééminentes et c'est ainsi que l'on rapproche les perturbations du schéma corporel et celles de l'activité ayant un but, c'est-à-dire des praxies.

-Si nous prenons comme point de départ les perturbations neurologiques, on peut les envisager sur trois points :

-1/ Le corps engagé dans la sensori-motricité (action sur un objet dans un espace) : le schéma corporel est lié aux praxies idéatoires ;

-2/ Le corps est assujéti à la perception dans un espace en partie représenté mais centré sur le corps. Cette notion de schéma corporel est liée à l'intégration de la somatognosie : les gestes organisés prennent une signification à travers le corps lui-même, par rapport à lui et dans l'espace centré sur le corps. En pathologie neurologique, il s'agit de praxies idéomotrices ;

-3/ Le corps par rapport à l'espace et les différentes parties de l'espace les unes par rapport aux autres. En pathologie neurologique, il s'agit des praxies constructives. »

Ces trois plans permettent d'envisager les niveaux de l'organisation et de la désorganisation du schéma corporel.

Le débat s'éclaircit. Defontaine se sent suffisamment assuré pour non seulement théoriser le schéma corporel mais aussi pour en envisager les troubles. La psychomotricité transforme l'essai de 1974, année de la création du Diplôme d'Etat. Bien évidemment, il n'est pas possible de s'intéresser au schéma corporel sans se référer à la définition classique de J. de Ajuriaguerra que des générations d'étudiants en psychomotricité ont appris par cœur :

~« Edifié sur la base des impressions tactiles, kinesthésiques, labyrinthiques et visuelles, le schéma corporel réalise dans une construction active constamment remaniée des données actuelles et du passé, la synthèse dynamique qui fournit à nos actes, comme à nos perceptions, le cadre spatial de référence où ils prennent leur signification. »

On apportera juste une précision à propos de cette définition. La référence aux « impressions kinesthésiques » n'est pas adaptée aux connaissances actuelles. La kinesthésie est en effet une partie de la proprioception. Qui est un ensemble de systèmes sensoriels permettant la prise d'informations relatives à la position, aux mouvements (c'est la kinesthésie) et à la force. Il est désormais reconnu que le schéma corporel implique la proprioception, la vision et la sensibilité vestibulaire et qu'il est à ranger du côté de l'organisme, comme dirait Bullinger (2004). C'est Dolto (1984) en France et Gallagher (1986) dans le monde anglo-saxon qui vont définitivement siffler la fin de la partie.

2/ La clarté

En France, c'est **Dolto** (1984) qui tranche le débat en renvoyant le schéma corporel du côté de l'équipement physiologique et de « l'anonymat » :

~« Le schéma corporel est une réalité de fait, il est en quelque sorte notre vivre charnel au contact du monde physique. Nos expériences de notre réalité dépendent de l'intégrité de l'organisme, ou de ses lésions transitoires ou indélébiles, neurologiques, musculaires, osseuses, et aussi nos sensations physiologiques viscérales, circulatoires. »

Dans le monde anglo-saxon, c'est **Gallagher** (1986) :

~« Le schéma corporel n'est ni la perception, ni une compréhension cognitive ni même une appréhension émotionnelle du corps.

~Le schéma corporel est un processus actif et opératoire du corps, plutôt qu'une copie ou un modèle global des parties du corps. Le schéma est le corps qui intègre activement ses positions et ses réponses posturales dans son environnement.

~Le schéma, comme processus opératoire, est la façon dont le corps rencontre son environnement. Il reflète et détermine la posture et la position générale adoptée par le corps dans son environnement. La posture n'équivaut pas à une position objective dans un espace objectif. C'est une expérience spatialisée du corps, c'est un espace vivant vécu par le corps, un espace vivant jamais totalement représenté consciemment ni conceptualisé géométriquement. Le corps organise dynamiquement sa propre spatialité en adoptant certaines postures et en se situant lui-même dans l'environnement. »

Gallagher fait appel à Mason (1961) pour dire que :

-« Nous ne sommes pas conscients de la plupart des réactions qui surviennent à de très bas niveaux neurologiques à l'intérieur de notre corps. Coordonner la plupart des changements physiologiques et mécaniques ainsi que les réactions de l'organisme est accompli par une activité intégrative non consciente appelée "homéostasie".

-En général, et la plupart du temps, les processus physiologiques sont non conscients.

-Le schéma corporel est le fonctionnement physiologique du corps.

-Le schéma corporel est un processus « anonyme ». Dans l'image du corps, le corps perd son anonymat. Il devient "mon" corps. Mon corps m'appartient. """

Depuis cette époque, les définitions n'ont que peu varié :

Holmes et Spence (2004) :

-« Afin de guider le mouvement du corps dans l'espace, le cerveau doit constamment s'informer de la position et des mouvements du corps relativement aux objets proches. Le « pilotage » effectif du corps pour éviter ou manipuler des objets dans l'idée d'un but comportemental à atteindre requiert une représentation neurologique du corps (le « schéma corporel ») et de l'espace environnant proche (« l'espace péri-personnel »). »

Morin et Thibierge (2004) :

-«Le cerveau, et plus particulièrement l'hémisphère droit, dispose d'une représentation non-consciente du corps, le schéma corporel, représentation qui permet un ajustement automatique de nos mouvements à notre environnement spatial. »

Shenton et al. (2004) :

-« Nous avons, avec d'autres, défini le schéma corporel comme une représentation permanente et en temps réel de la position du corps. »

Viaud-Delmon, I. (2007) :

-« C'est l'espace « multimodal égocentré » qui permet de constituer le schéma corporel sur la base d'informations sensorielles. »

-Le schéma corporel est une représentation interne dynamique des propriétés spatiales et biomécaniques du corps.

-Pour Paillard (1999), cité par Viaud-Delmon, le schéma corporel est le corps situé. »

De Preester (2008) :

- Cette auteure reconnaît les avancées proposées par Gallagher. Elle le paraphrase même : « le schéma corporel peut être défini comme un système de processus préconscients et sub-personnels qui œuvre dynamiquement à l'adaptation posturale et au mouvement ; sa fonction est de maintenir la posture et d'effectuer des mouvements sans contrôler consciemment l'activité motrice ; il implique un ensemble de capacités motrices, d'aptitudes et d'habitudes qui rendent possibles le mouvement et le maintien de la posture. »

- Le schéma corporel implique la proprioception. « Concernant posture et mouvement, il s'agit d'une importante source d'informations. »

Carruthers (2008) :

- « Le schéma corporel [...] serait la représentation en temps réel ou dynamique du corps concernant la configuration du corps qui peut être utilisée pour planifier et exécuter un mouvement. »

Fontan (2017) :

- « Pour agir efficacement il est nécessaire d'avoir une connaissance précise de nos capacités corporelles engagées dans l'action. Cette connaissance comprend la composition des différentes parties du corps, la localisation des différents segments corporels dans l'espace, les relations qu'entretiennent ces segments corporels ou encore les limites physiques du corps. Ces informations se retrouvent au niveau cérébral sous forme de représentations internes renseignant sur les caractéristiques de l'action que le corps réalise et sur son interaction avec l'environnement.

- Il est évident que, pour générer correctement et de façon précise une action, l'obtention des informations sur l'état du corps est nécessaire. Une erreur en provenance de l'état du corps aurait un impact direct sur le mouvement réalisé. L'exemple de l'utilisation de retours sensoriels à propos du corps en action (effecteurs utilisés, position) suggère l'existence d'une représentation interne du corps agissant : *le schéma corporel* (Gallagher 2005).

- Pour agir efficacement il est nécessaire de connaître la position du corps dans l'espace ainsi que sa géométrie et les relations qu'entretiennent les différents segments corporels engagés dans l'action. Cette représentation interne des segments corporels en mouvement a été conceptualisée sous le terme de schéma corporel (Head & Holmes, 1911 ; Dijkerman et de Haan, 2007 ; Maravita et al., 2003 ; Naito et al., 2016).

- Le schéma corporel contiendrait les informations sur le corps agissant, telles que sa position dans l'espace, essentielle à l'exécution des actions.

- L'intégration des informations sensorielles provenant du corps et de l'environnement jouerait donc un rôle essentiel dans la construction de la représentation de notre propre corps ainsi que

ses relations avec l'environnement. Pour créer une représentation précise du corps dans l'espace, le schéma corporel intègre à la fois des informations sensorielles générées par le corps en mouvement via la transmission d'afférences sensorielles – *i.e.* vestibulaires, visuelles et proprioceptives – et des informations motrices relatives à la planification, l'exécution et le contrôle du mouvement. L'intégration de ces différentes informations produites lors de l'action permettrait chez l'adulte une mise à jour continue du schéma corporel.

-Lorsque le corps interagit avec son environnement, de multiples informations sensorielles vont converger vers le SNC. Ces informations vestibulaires, visuelles et proprioceptives vont renseigner sur les changements posturaux du corps ou encore sur les modifications liées à l'environnement.

-En résumé le schéma corporel se caractérise par un encodage spatial du corps intégrant la position et la configuration du corps dans l'espace, permettant aux représentations de l'action d'intégrer les modalités du corps agissant pour atteindre un but. Le schéma corporel est une entité supra-modale qui intègre les différentes informations sensorielles provenant du corps – c-à-d vestibulaires, proprioceptives et visuelles, permettant ainsi de créer une représentation amodale tridimensionnelle ajustée à son environnement. La plasticité du schéma corporel, comme observée lors de l'utilisation d'outil ou dans les paradigmes d'illusion de mouvement, permettrait une mise à jour continue et rapide afin d'ajuster les représentations du corps aux multiples changements susceptibles d'impacter l'action dans un environnement donné. »

DEFINITION : Le schéma corporel relève d'un fonctionnement physiologique non subjectif. C'est une représentation tridimensionnelle, non consciente, automatique et sans cesse réajustée de la position globale et/ou segmentaire du corps et de ses mouvements. Cette représentation implique différents systèmes sensoriels, leurs coordinations et leur intégration (proprioception, vision, équilibration). La proprioception est, chez l'adulte, la référence principale. L'espace péri-personnel fait partie intégrante du schéma corporel.

L'intéroception, c'est-à-dire la sensibilité en provenance des systèmes respiratoire, digestif, cardiaque et endocrinien, ne peut être incluse dans une définition du schéma corporel car trop reliée à la « fabrique des sentiments » (Damasio, 2017) et donc à la subjectivité.

3/ La proprioception

Pour Breedlove et al. (2012), la proprioception est la perception du corps basée sur l'innervation sensitive (*proprioceptive*) des muscles, tendons et articulations, elle informe le cerveau de la position et des mouvements du corps. Pour Richard et Orsal (2004), la proprioception, appelée aussi sensibilité profonde, correspond à trois types d'informations sensorielles : la position (ou posture), le mouvement et la force.

-Les informations de position concernent les angles articulaires. Ce système sensoriel nous permet le ressenti de la position des différents segments du corps les uns par rapport aux autres et donc, par exemple, de la position des segments des membres entre eux et par rapport au corps. Mais cela concerne aussi la position du cou, l'orientation du tronc ainsi que l'ouverture de la mâchoire inférieure. Cette forme de sensibilité est, selon Richard et Orsal, « faible mais peut-être grandement améliorée par l'apprentissage. »

-La sensibilité au mouvement, la kinesthésie, inclut tout à la fois des sensations de vitesse, d'amplitude et de direction. Les seuils sensoriels sont plus faibles dans les articulations proximales que distales.

-La sensibilité à la force nous permet une certaine forme de résistance musculaire mais aussi un ressenti de l'effort musculaire produit pour soulever une charge.

Les récepteurs sensoriels impliqués dans la proprioception sont des mécanorécepteurs (ou propriocepteurs) localisés dans les muscles, les tendons et les articulations. Dans les muscles, il s'agit de « terminaisons sensorielles qui s'enroulent autour de la région centrale des fibres des fuseaux neuromusculaires. » Le fuseau neuromusculaire entre en action lors de l'étirement passif du muscle. Dans les tendons, les organes tendineux de Golgi sont sensibles à la tension musculaire et plutôt insensibles aux élongations musculaires passives. Ils sont impliqués lors d'efforts importants. Ils enregistrent donc l'intensité de la contraction et fournissent une partie des informations qui contribuent au contrôle précis des mouvements. Les récepteurs musculaires et tendineux jouent donc un rôle très important dans le contrôle de la contraction musculaire. Les articulations sont équipées de nombreux types de récepteurs : corpuscules de Golgi, de Manzoni et de Pacini, ces derniers étant tous encapsulés. D'autres types se réduisent à de simples terminaisons libres. Fait important, tous ces récepteurs renseignent plus sur les mouvements articulaires que sur l'angle d'ouverture de l'articulation. Les récepteurs à la force semblent être les récepteurs musculaires.

4/ Le rôle de la vision

Parson (1990) mentionne la vision comme une source vitale d'informations pour la posture et le mouvement. Gallagher et Cole (1995) ont étudié le rôle de la vision dans l'élaboration du schéma corporel. Ils ont fait, pour cela, référence à la situation d'IW, sujet adulte, souffrant d'une « neuropathie sensorielle ». Cette personne ne disposait d'aucune information proprioceptive ni tactile en-dessous de son cou. Sa motricité était théoriquement indemne. Il n'avait aucune conscience proprioceptive de la position de ses membres. Il ne pouvait en conséquence pas les localiser sans les voir. « Sans information proprioceptive ni tactile, il ne pouvait ni savoir où sont ses membres ni contrôler sa posture à moins de regarder son corps avec un très gros effort de concentration. Sans cela, il n'avait aucun contrôle de ses mouvements. »

Gibson (1979) propose la notion de « visual proprioception » pour caractériser le rôle de la vision dans la prise d'informations lors de mouvements actifs. Cette « proprioception visuelle » interviendrait pour traiter le flux visuel auquel un observateur se déplaçant dans l'espace est confronté. Gallagher et Cole (1995) vont plus loin et proposent que la proprioception visuelle soit impliquée dans le traitement non subjectif d'informations visuelles liées à des mouvements apparaissant dans le champ visuel et pas seulement lorsque c'est le sujet lui-même qui se déplace. « Des ajustements posturaux sont réalisés dans le but de compenser les changements du flux visuel. » Selon Jouen (1988), cette capacité à traiter ce type d'informations est présente à la naissance. La proprioception visuelle de Gibson (1979) n'est donc pas sans rappeler la notion de vision périphérique de Bullinger (2004) : « La vision périphérique traite essentiellement des mouvements. Les réponses de l'organisme à ces stimulations sont toniques et posturales. Le déplacement d'un segment corporel dans le champ visuel est en partie réglé par les indices rétinien. C'est essentiellement la périphérie des rétines qui est sollicitée. La découverte d'un corps « véhicule » s'appuie largement sur les signaux visuels périphériques. »

C'est donc le système visuel périphérique, « la vision des mouvements », qui est impliqué dans le schéma corporel.

« Quand l'œil parle à la main, leur langage est l'espace », Bullinger (2004).

Il y a nécessairement coordination entre la vision et la proprioception. La proprioception, en tant que « mécanique » non coordonnée (par exemple, lors de la réalisation d'une tâche les yeux fermés) au système visuel est de toute évidence une source majeure d'informations sur - et de contrôle de - la posture dans l'ici et maintenant. Elle contribue au contrôle automatique de la posture et du mouvement. Mais la vision joue un incontestable rôle. Le déficit proprioceptif de IW a mis à mal la coordination sensori-motrice entre la vision et la proprioception. Le contrôle par la vision périphérique s'est substitué à la proprioception. Pour IW, l'intensité de la concentration nécessaire – et sa réussite - pour compenser son déficit proprioceptif en s'appuyant sur sa vision périphérique montre que ce dernier système est, chez un sujet non malade, en fait un soutien à la proprioception.

La vision, dans sa composante périphérique, fait bien partie du schéma corporel.

5/ L'équilibration et le système vestibulaire

Les débats ont d'abord porté sur la pathologie à la suite des remarques de Bonnier (1902) :

« Ce dernier propose le terme d'« aschématie » pour décrire une distorsion de la représentation du volume, de la forme et de la position du corps et de ses différents segments. Plus tard, Schilder (1968) raconte que des patients souffrant de troubles vestibulaires faisaient état d'un gonflement de leur cou pendant un engourdissement ou que leurs extrémités s'élargissaient ou encore que leur pied semblait s'allonger. Les recherches se sont naturellement orientées vers la pathologie et ont montré que des troubles vestibulaires pouvaient entraîner des changements du schéma corporel à cause de mauvaises interprétations des signaux corporels, par exemple posturaux. Sang et al. (2006) ainsi que Lopez et al. (2008) affirment que les patients souffrant de troubles vestibulaires périphériques localisent mal les différentes parties de leur corps. Borel et al. (2004) ont démontré que des patients pouvaient sous-estimer leurs déplacements ainsi que la direction de leurs mouvements, passifs ou actifs. Schmidt et al. (2013) expliquent qu'une légère et non invasive stimulation électrique du

système vestibulaire améliore les déficits proprioceptifs dans des cas de lésion de l'hémisphère droit. Les patients en question, souffrant d'une héli-négligence visuo-spatiale, s'avèrent ainsi plus précis dans la localisation de leur membre supérieur gauche. Les signaux vestibulaires pourraient fournir des informations sensorielles à même de localiser correctement le membre en impliquant des structures intactes impliquées également dans la recalibration de la position du corps et des membres.

Qu'en est-il chez le sujet indemne de toute lésion du système nerveux central ?

-La même forme de stimulation du système vestibulaire utilisée chez des sujets non pathologiques non seulement modifie les capacités de localisation mais crée même une illusion de mouvement du corps entier, c'est-à-dire une dissociation entre les localisations perçue et réelle (Leggenhager et al., 2008). Bresciani et al. (2002) rapportent que la stimulation électrique vestibulaire perturbe les mouvements d'approche d'une cible visuelle en interférant avec l'estimation spatiale par le sujet lui-même de la position de ses mains dans l'espace environnant.

Substrats neuro-anatomiques

-D'emblée, il faut noter qu'il n'existe pas de zone corticale dévolue à l'équilibration. Les signaux vestibulaires parviennent aux noyaux vestibulaires du bulbe rachidien et sont projetés sur plusieurs régions multi-sensorielles cérébrales (Lopez, 2013). On pense, grâce à la neuro-imagerie, que la position des différents segments du corps repose sur le lobe pariétal supérieur. Des représentations somatotopiques du corps pourraient impliquer l'operculum pariétal mais aussi la partie postérieure de l'insula. On parle à propos de ces régions de « cortex vestibulaire pariéto-insulaire ». Elles sont situées très proches de la jonction temporo-pariétale (Hashimoto et Iriki, 2013 ; Leggenhager et al., 2015).

-Les noyaux vestibulaires sont le lieu d'une convergence multi-sensorielle (vision, tact, proprioception). Cette convergence semblerait « noyer » les informations vestibulaires (Roy et Cullen, 2004).

-Les noyaux vestibulaires projettent des voies vers les noyaux oculomoteurs, vers des noyaux thalamiques reconnus comme impliqués dans le traitement somato-sensoriel et vers des zones corticales.

-Certaines de ces liaisons assurent des rétrocontrôles qui sont utilisés, par exemple, pour tourner les yeux vers la gauche et prendre en compte les signaux proprioceptifs du cou lors d'un mouvement de rotation de la tête vers la droite.

-Lopez (2013) passe en revue les nombreuses et intégratives structures vestibulo-thalamo-corticales.

Les données de la pathologie, les études sur les sujets sains ainsi que nos connaissances sur les structures du système nerveux central impliquées permettent de faire des propositions sur l'importance du système vestibulaire dans le schéma corporel.

-Paillard (1991) affirme que l'accélération gravitationnelle est un cadre de référence dominant qui influence le contrôle visuo-moteur de nos actions et perceptions. « Les signaux gravitaires fusionnent et donnent cohérence aux cadres de références variés qui étayent l'action et la perception ».

-Quand on demande à un sujet d'attraper une cible alors que sa chaise est en rotation, diverses forces dévient la main. Les signaux vestibulaires générés alors permettent de corriger la trajectoire de cette dernière (Guillaud et al., 2011).

-Les signaux vestibulaires sont utilisés pour contrôler nos actions et nos interactions avec les objets de l'environnement.

-Les signaux vestibulaires contribuent à la localisation de la main et au mouvement. La convergence qu'ils reflètent (leur rôle d'intégration multi-sensorielle) maintient une certaine forme de perception du corps.

-« Le système vestibulaire fournit des informations continues au cerveau pour mettre à jour les informations de position du corps ainsi que pour maintenir son orientation dans l'espace environnant. » (Berthoz, 1996).

-La perception de la verticalité repose sur une intégration multi-sensorielle impliquant le système vestibulaire. La marche est un ensemble d'actions impliquant cette intégration.

6/ Les substrats neuro-anatomiques adultes : l'apport des neurosciences

Ce paragraphe est basé sur les apports de Naito et al. (2016) et Fontan (2017). Les bases neuro-anatomiques du schéma corporel sont à chercher du côté de l'existence et de la collaboration de trois réseaux principaux. Bien évidemment, il n'en sera retranscrit ici qu'une simplification, les structures citées ne devant pas masquer celles qui ont été « oubliées ». Il nous faut prendre en compte les réseaux :

-Sensori-moteur

-Pariétal spécialisé

-Fronto-pariétal.

Ces trois réseaux intègrent les informations sensorielles provenant des aires somato-sensorielles primaires et convergeant ensuite vers les aires pariétales associatives.

Le réseau sensori-moteur est composé des systèmes sensoriel et moteur à visée de contrôle de l'action. « Il participe au traitement kinesthésique des informations en provenance des membres » (Naito, 2016). Les structures impliquées sont les aires sensorielles primaires et secondaires et le cortex moteur primaire avec une partie du cortex prémoteur, l'aire motrice supplémentaire, l'aire motrice cingulaire, les ganglions de la base et le cervelet. Cet ensemble de structures permet de localiser une modification corporelle et de contrôler le mouvement. Il s'agit en fait d'allers-retours entre les informations sensorielles et motrices. Le cortex moteur (cortex prémoteur et cortex moteur primaire) est le lieu d'informations descendantes mais aussi ascendantes. Connecté avec le cortex pariétal, il en reçoit les nombreuses informations sensorielles. Le cortex moteur primaire « contenant un nombre considérable de neurones cortico-spinaux, à la fois pour les muscles proximaux et distaux, n'est donc pas un simple centre d'exécution motrice mais plutôt un important nœud qui peut contribuer à la perception du mouvement du membre en recevant et traitant les signaux musculaires afférents [...] La représentation du corps portée par ce réseau est très certainement un modèle postural kinesthésique/dynamique *du membre* » (Naito, 2016).

Pour Fontan (2017), « l'implication du réseau sensori-moteur dans la formation des représentations du corps indique un couplage entre les représentations sensorielles et motrices. Ces aires sensori-motrices vont permettre de localiser précisément les changements corporels perçus grâce à leur organisation somatotopique. »

Pour Naito (2016), « des aires pariétales associatives antérieures sont responsables de l'intégration de l'information somatique provenant de différentes parties du corps pour élaborer un modèle postural de *la totalité du corps*. » **Le réseau pariétal spécialisé** implique un cortex pariétal postérieur très connecté avec les zones corticales traitant et intégrant les informations sensori-motrices nécessaires au mouvement. C'est cette activité d'intégration multisensorielle qui fait dire à Naito (2016) que le cortex pariétal postérieur a une place dans l'élaboration du schéma corporel. Il recense les informations provenant du corps pour localiser avec précision la position des membres, il crée et met en permanence à jour une représentation cohérente du corps en son entièreté mais aussi du corps en contact avec l'objet.

Le réseau fronto-pariétal de l'hémisphère droit est appelé ainsi en raison de l'étroite connexion entre aires pariétales et frontales. Il semble « jouer un rôle majeur dans l'élaboration des représentations internes du corps en mouvement et de leur accès conscient [...] [...] Il joue un rôle essentiel dans le contrôle et la supervision de l'état du corps permettant aux sujets d'accéder consciemment à leurs représentations corporelles pour pouvoir agir » (Fontan, 2017). Naito (2016) propose que, « en surveillant et accumulant l'information corporelle et en mettant à jour le modèle postural de notre corps, le réseau fronto-pariétal pourrait porter des fonctions de haut niveau telles que la *reconnaissance et la conscience de soi* (« self-identification and self-consciousness »). » Ce réseau serait une spécificité humaine, le singe n'en disposant pas.

Chez l'enfant, les choses sont assez différentes.

7/ L'espace péripersonnel

La pathologie a fait supposer à Brain (1941) l'existence de représentations d'un espace proche du corps, l'espace péri-personnel (EPP), et d'un espace éloigné, l'espace extra-personnel. Des études neurophysiologiques ont confirmé cette distinction. Rizzolatti et al. (1981) ont mis en évidence les liens étroits existant entre les traitements proprioceptif et visuel impliqués dans ce secteur de l'espace.

L'EPP est défini comme la région de l'espace situé aux environs proches du corps et dans lequel les objets peuvent être atteints et manipulés. La notion d'espace extra-personnel réfère à l'espace au-delà, celui qui implique l'exploration par mouvements oculaires. Les représentations de l'EPP sont centrales pour un guidage sensoriel de l'acte moteur. Les premiers chercheurs ont montré l'existence d'un EPP autour de la main en mouvement. Concrètement, la situation expérimentale qui fait référence est la suivante : après immobilisation d'un bras, les sujets surutilisent leur autre bras et en modifient la représentation. Le membre surutilisé est perçu plus grand après qu'avant l'immobilisation de l'autre. Le schéma corporel (D'Angelo et al., 2018) est donc étroitement mêlé avec une représentation fonctionnelle de l'EPP.

Ce sont les expériences avec outil qui ont fait évoluer la conception de l'EPP. Utiliser un outil pour agir sur des objets éloignés, en dehors de l'EPP, agrandit ce dernier. Selon Canzoneri et al. (2013), les outils peuvent être intégrés au schéma corporel car : « après usage de l'outil, la distance perçue entre deux

points dans la longueur de l'avant-bras est significativement plus grande que la distance perçue entre deux points situés dans la largeur de l'avant-bras [...] La longueur perçue du membre s'est donc agrandie. » Selon D'Angelo et al. (2018), « l'espace éloigné est intégré à l'EPP après utilisation de l'outil. »

Pour obtenir cet effet expérimental, il est nécessaire de présenter des stimuli visuel ou auditif aux environs proches du corps. La fonction de l'EPP est donc sensori-motrice. L'information traitée ne porte pas seulement sur la partie du corps concernée mais aussi sur des représentations multisensorielles. L'EPP est donc un système sensori-moteur à l'interface du corps et de son environnement. Il servirait (Noël et al., 2014) de « frontière corporelle permettant des réactions adaptées grâce à une mise à jour et une correction en temps réel du mouvement prenant en compte les retours sensoriels concomitants [...] C'est l'action qui détermine ce qui est codé comme proche ou éloigné. »

Pour de Vignemont et Ianetti (2014), on peut distinguer deux types d'EPP : celui du geste (un mouvement ayant un but) et celui de la protection. Couper des carottes est un geste, éviter de toucher la casserole brûlante sert à se protéger de la brûlure. « Il est plausible de ne considérer l'existence que de deux EPP, chacun ayant des aspects fonctionnels et sensori-moteurs. »

De plus, selon di Pellegrino et al. (2015), la représentation de l'EPP est socialement modulée : la présence d'une personne dans l'espace extra-personnel rétrécit la représentation de l'EPP, pour peu que cette personne soit jugée « coopérative ». Dans cette situation, la représentation de l'EPP peut aller jusqu'à englober l'espace extra-personnel dans lequel se trouve la personne.

Les avancées de la recherche ont permis la mise en évidence d'une bien plus grande étendue de l'EPP. D'abord cantonné à l'espace environnant la main et le membre supérieur, il est reconnu maintenant comme s'étendant bien au-delà. Noël et al. (2014) proposent que « la représentation de l'EPP du tronc s'agrandisse en direction de l'avant » au cours de la marche. Cette modulation est due aux mouvements de l'ensemble du corps et permet d'éviter les obstacles qui se profilent sur notre chemin.

La représentation de l'EPP repose sur des bases neurologiques, précisément sur l'activité des neurones multisensoriels du réseau fronto-pariétal qui inclut le cortex prémoteur et le cortex pariétal postérieur (D'Angelo, 2018). Ces neurones déchargent lors d'une stimulation tactile, visuelle et/ou auditive présentée à proximité d'une partie du corps. Pour di Pellegrino (2015), « le même neurone qui contrôle les mouvements de la main sur la base d'informations cutanées peut aussi le faire à partir des informations visuelles ou auditives. » Par ailleurs, des stimuli auditifs ou visuels dans l'EPP modifient la représentation de la main dans le cortex moteur. Pour Noël et al. (2014), ce phénomène est possible grâce à la modification des champs récepteurs des neurones du cortex prémoteur inférieur. « Les champs récepteurs de ces neurones s'agrandissent proportionnellement à l'augmentation de la vitesse du stimulus à l'approche. » Ces neurones sont donc spécialisés dans la cartographie de secteurs spécifiques de l'espace environnant les parties du corps et concourent aux mouvements de ces mêmes parties du corps.

La représentation de l'EPP n'est pas le schéma corporel mais elle y est associée.

8/ L'évolution du schéma corporel au fil du développement de l'enfant

Si l'on a fait l'hypothèse, avec Meltzoff et Moore (1977), de l'existence d'un schéma corporel primitif dès le plus jeune âge, on pense de nos jours à une construction très liée au développement sensori-moteur. On sait que la perception influence les réponses motrices. Les informations visuelles, par exemple, affectent le comportement de l'enfant. Mais l'inverse est vrai aussi : l'apparition de nouvelles aptitudes motrices modifie la perception de l'environnement. De la sorte, les comportements appropriés sont sélectionnés. Perception et action sont donc deux processus intriqués. On parle de couplage perception-action. Pour Assaiante (2019), « le couplage précoce perception-action constitue le socle des représentations sensori-motrices indispensables pour exercer une motricité intentionnelle, harmonieuse et adaptée. » Pour Fontan (2017,), « les bases neurales du couplage perception-action se développeraient à travers un apprentissage basé sur l'expérience sensori-motrice. » Ce couplage :

-Est fonctionnel dès la naissance, ses bases en sont le système des neurones miroir (Van Helk et al., 2008) ;

-Permet, en dernière étape, « d'anticiper les conséquences de l'action, sur la base d'une représentation interne du corps en action, dans le but de préserver l'efficacité du geste » (Assaiante et al., 2014). C'est le schéma corporel.

Le schéma corporel de l'enfant ne fonctionne pas comme celui de l'adulte. Primauté est d'abord donnée à la vision au détriment des informations proprioceptives et vestibulaires. Surtout en cas de conflits sensoriels. L'immaturité des zones pariétales et somato-sensorielles qui gèrent l'intégration proprioceptive les rend moins actives avant 7 ans. Ce développement se poursuit jusqu'à l'adolescence. Le cervelet est impliqué chez l'enfant - mais pas chez l'adulte - (Fontan, 2017). Il « établit et consolide les représentations du corps en action. » Le cervelet se désengage au fur et à mesure de la maturation neurologique. En l'occurrence, il fait office de structure de soutien aux apprentissages.

Le schéma corporel repose sur de solides coordinations entre les systèmes visuel et proprioceptif (voir supra). Cet ensemble de coordinations ne prendraient place que vers 10 ans. Toutefois, la repondération sensorielle - c'est-à-dire la modulation de l'importance donnée à telle modalité sensorielle – semble commencer à se mettre en place entre 4 et 6 ans : peu à peu, les informations proprioceptives et vestibulaires montent en charge. Les âges cruciaux, selon Assaiante (2014) sont « la petite enfance, la transition 6/7 ans et l'adolescence. » Pour le tout petit, cela signifie que c'est au cours des périodes transitoires de fortes acquisitions motrices que la vision prédomine : position assise, debout et marche. Son importance diminue vers 7 ans, âge de montée en puissance de l'utilisation des informations vestibulaires.

On note donc une construction du schéma corporel qui passe peu à peu d'un appui principal sur les afférences visuelles à une ferme prise en compte des afférences proprioceptives et vestibulaires. Des à-coups se produisent lors des périodes de fort remaniement au cours desquelles le traitement des informations spatiales doit considérablement évoluer. La primauté des afférences proprioceptives n'est réelle que vers la fin de l'adolescence. A ce moment, le système visuel (vision périphérique) est devenu un appui et le système vestibulaire intervient à tous les niveaux en raison de sa structure neurophysiologique.

Quant à l'espace péri-personnel, on estime que les enfants de 5 à 7 ans en ont déjà une représentation efficiente, indépendamment de la taille de l'outil utilisé dans les recherches (Caçola et Gabbard, 2012 ; Gabbard et al., 2007).

9/ Perspectives

Propositions pour l'élaboration de nouvelles épreuves de bilan psychomoteur du schéma corporel : imaginer une action, la réaliser activement, la réaliser passivement, YO, YF. Identifier une main en action sur photo, utilisation d'outils, acuité proprioceptive ; L'acuité proprioceptive peut être évaluée à l'aide de protocoles permettant d'estimer la position de l'ensemble du corps ou de segments corporels spécifiques en l'absence de vision.

Conclusions

Les neurosciences nous ont donc apporté une définition claire du concept de schéma corporel. Ancré dans les coordinations sensori-motrices et spatiales, il devient une voie d'accès à l'approche clinique. Il est cohérent avec nombre de concepts sensori-moteurs d'André Bullinger (coordination vision périphérique et proprioception, coordinations sensori-motrices en général, importance des postures, notion d'espace, couplage perception-action...). On fera l'hypothèse ici d'un rôle crucial de l'instrumentation des systèmes sensori-moteurs dans le développement du schéma corporel, la mise en place de l'instrumentation s'accompagnant d'une représentation élaborée de l'espace.

De nombreuses populations de patients relevant de suivis en psychomotricité devraient pouvoir être accompagnées au plus près de leurs compétences et déficits. Troubles du développement psychomoteur, « dys », psychopathologies et handicaps psychiatriques et neurologiques (asomatognosies par exemple), pathologies du vieillissement et du grand âge. Longtemps classés comme phénomènes psychiques, les « out of body experiences » impliquant des particularités vestibulaires de même que les problématiques du membre fantôme relèvent également de troubles du schéma corporel. Il serait important que les psychomotriciens investissent encore plus ces champs d'exercice.

Il serait, en psychomotricité, adapté de prendre désormais en compte l'existence de l'espace péri-personnel dont les fondements neurologiques ont été démontrés. De même, les neurosciences nous montrant que la présence d'un autre, même dans l'espace extra-personnel, influence la dimension de la représentation de l'EPP, il faut donc tenir compte de l'aspect relationnel, voire tonico-émotionnel.

Les tâches d'idéation motrice où l'on demande aux participants.tes de la recherche de s'imaginer faire un mouvement ou une action font partie des paradigmes les plus féconds. Impliquant neurones miroir et couplage perception-action, ce type de tâche gagnerait à être plus utilisé en psychomotricité.

Les ressentis de déformation (d'allongement) de l'avant-bras dans les tâches d'atteinte et saisie d'un objet avec outil sont de très intéressantes manifestations de vécus corporels inhabituels (pour le sujet de l'expérience et peut-être pour le neuroscientifique mais pas pour le psychomotricien). Ces ressentis sont peut-être un pont entre certains thèmes de recherche en neurosciences et certains aspects de l'image du corps telle qu'elle est comprise en psychomotricité. D'ailleurs, et ce n'était pas le sujet de cet article, l'image du corps est prise en compte dans nombre de références bibliographiques citées ici. Il s'agit là d'une conception différente de l'image du corps envisagée en psychomotricité (Pireyre, 2020). Mais les

caractéristiques neuroscientifiques de l'image du corps incluent la perception du corps (« body awareness » et « body perception ») de l'individu singulier et subjectif, voire son aspect émotionnel. La perception étant la sensation envisagée par le psychisme, et l'IC étant subjective et singulière, nous ne sommes pas très loin d'un recouvrement des deux champs conceptuels (neurosciences et psychomotricité).

De plus, les troubles de l'image du corps sont également concernés par la conception neuroscientifique du schéma corporel dans la mesure où des seuils sensoriels trop élevés ou trop bas, des troubles de « l'auto-attribution » et de la subjectivité trouvent leur origine dans le fonctionnement sensoriel et ses coordinations. Comprenons : schéma corporel. Les vécus de morcèlement et d'effondrement lui sont eux aussi indirectement reliés en raison de leurs origines neurologiques : cortex pariétal pour le premier, noyaux gris centraux, dont noyau sous-thalamique, pour le second.

A la lecture des références bibliographiques, on constate combien solide est l'apport des neurosciences aux fondements théoriques de la psychomotricité.

Bibliographie

Ajuriaguerra, J. de (1974). Manuel de psychiatrie de l'enfant. Paris : Masson.

Assaiante, C., Barlaam, F., Cignetti, F., Vaugoyau, M. (2014). Body schema building during childhood and adolescence : a sensory approach. *Clinical Neurophysiology*, 1, 3-12.

Assaiante, C. (2019). Expertise collective : dyspraxia : Synthèse et recommandations. Institut thématique INSERM. Ecriture du chapitre : Développement sensori-moteur chez l'enfant TDC. Décembre 2019.

Berthoz, A. (1996). How does the cerebral cortex process and utilize vestibular signals ? In Baloh, R. W. et Halmagyi (Eds.). Disorders of the vestibular system, 113-125. New York : Oxford University Press.

Bonnier, P. (1902). L'aschématie. *Revue de Neurologie*, 12, 605-609.

Borel, L., Harlay, F., Lopez, C., Magnan, I., Chays, A., Lacour, M. (2004). Walking performance of vestibular-defective patients before and after unilateral vestibular neurectomy. *Behavioural Brain Research*. 150, 191-200.

Brain, W.R. (1941). Visual dissociation with special reference to lesions of the right cerebral hemisphere. *Brain*, 64, 244-272.

Breedlove, S.M., Rosensweig, M.R., Watson, N. V. (2012). Psychobiologie. Paris : de Boeck.

Bresciani, J.P., Blouin, J., Popov, K., Bourdin, C., Sarlegna, F., Vercher, J.L. et al. (2002). Galvanic vestibular stimulation in human produces online arm movement deviations when reaching towards memorized visual targets. *Neuroscientific Letters*, 318, 34-38.

Bullinger, A. (2004). Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars. Paris : Erès.

Caçola, P., Gabbard, C. (2012). Modulating peripersonnal space and extrapersonnal reach space via tool use : a comparison between 6- to 12- years-olds and young adults. *Experimental Brain Research*, 218, 321-330.

Canzoneri, E., Ubaldi, S., Rastelli, V., Finisguerra, A., Bassolino, M., Serino, A. (2013). Tool-use reshapes the boundaries of body and peripersonnal space representations. *Experimental Brain Research*, 228-25, 25-42.

Carruthers, G. (2008). Types of body representation and the sense of embodiment. *Consciousness and cognition*, 17(4), 1302-1316.

Damasio, A. (1995). *Le sentiment même de soi*. Paris : Odile Jacob.

Damasio, A. (2017). *L'étrange ordre des choses*. Paris : Odile Jacob.

D'Angelo, M., di Pellegrino, G., Seriani, S., Gallina, P., Frassinetti, F. (2018). The sense of agency shapes body schema and peripersonnal space. *Scientific Reports*, 8 : 13847.

Defontaine, J. (1979). *Psychomotricité et relaxation*. Paris : Masson.

De Preester, H. (2008). Body image and visceral dimension. *Theoria et Historia Scientiarum*, Vol VIII, N°2. Ed. Nicolaus Copernicus University.

De Vignemont, F., Ianetti, G.D. (2014). How many peripersonnal spaces ? *Neuropsychologia*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.11.018>.

Di Pellegrino, G., Ladavas, E. (2015). Peripersonnal space in the brain. *Neuropsychologia*, 66, 126-133.

Dolto, F. (1984). *L'image inconsciente du corps*. Paris : Seuil.

Fontan, A. (2017). *La construction du schéma corporel dans un cerveau en développement*. Thèse de doctorat en neurosciences sous la direction de Christine Assaiante. Aix-en-Provence.

Gabbard, C., Corova, A., Ammar, D. (2007). Estimation of reach in peripersonnal and extrapersonnal space : A developmental view. *Developmental Psychology*, 32(3). 749-756.

Gallagher, S., Cole, J. (1995). Body schema and body image in a deafferented subject. *Journal of mind and behavior*, 16 : 369-390.

Gallagher, S. (1986). Body image and body schema : A conceptual clarification. *The Journal of Mind and Behavior*, 541-554.

Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston : Houghton-Mifflin.

Guillaud, E., Simoneau, M., Blouin, J. (2011). Prediction of the body rotation-induced torques on the arm during reaching movements : Evidence from a proprioceptive deafferented subject. *Neuropsychologia*, 49 (7), 2055-2059.

Hashimoto, T., Iriki, A. (2013). Dissociations between the horizontal and dorso-ventral axes in body-size perception. *European Journal of Neuroscience*. 37,1747-1753.

Head, H., Holmes, G. (1911). Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain*, 34 (2-3), 102-254.

Holmes, N.P., Spence, C. (2004). The body schema and the multisensory representations(s) of peripersonnal space. *Cognition processing*, Jun ; 5(2) : 94-105.

Jacyna, L.S. (2008). *Medecine and modernism*. Pittsburgh : University of Pittsburgh Press.

Jeannerod, M. (2010). De l'image du corps à l'image de soi. *Revue de neuropsychologie*, 3, vol 2, 181-194.

Jouen, F. (1988). Visual-proprioceptive control of posture in newborn infants. In Amblard, G., Berthoz, A., Clarac, F. (Eds). *Posture and gait : development, adaptation and modulation* (pp.13-22). Amsterdam : Excerpta Medica.

Leggenhager, B., Lopez, C., Blanke, O. (2008). Influence of galvanic stimulation on egocentric and object-based mental transformations. *Experimental Brain Research*, 184, 211-221.

Leggenhager, B., Lopez, C. (2015). Vestibular contributions to the sense of body, self and others. In Metzinger, T., Windt, J. *Open MIND*. Frankfurt am Main : MIND Group, 1-38.

Lhermitte, J. (1939). *L'image de notre corps*. Paris : Nouvelle revue critique.

Lopez, C., Halje, P., Blanke, O. (2008). Body ownership and embodiment : Vestibular and multisensory mechanisms. *Clinical Neurophysiology*, 38 (3), 149-161.

Lopez, C. (2013). A neuroscientific account of how vestibular disorders impair bodily self-consciousness. *Frontiers in integrative neuroscience*, volume 7, 91.

Mason, R.E. (1961). *Internal perception and bodily functioning*. New-York : International Universities Press.

Meltzoff, A.N., Moore, M.K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, 198, 75-78.

Morin, C., Thibierge, S. (2004). L'image du corps en neurologie : de la cénesthésie à l'image spéculaire. *L'Evolution psychiatrique*, Elsevier, 417-430.

Nacht, S. (1956). *La psychanalyse d'aujourd'hui*. Paris : PUF.

Naito, E., Morita, T., Ameniva, K. (2016). Body representations in the human brain revealed by kinesthetic illusions and their essential contributions to motor control and corporal awareness. *Neuroscience Research*, 14, 16-30.

Noël, J.P., Grivas, P., Marmaroli, P., Lissek, H., Blanke, O., Serino, A. (2014). Full body action remapping peripersonnal space : the case of walking. *Neuropsychologia*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.08.030>.

Paillard, J. (1991). Knowing where and knowing how to get there. In Paillard, J. (Ed.). *Brain and Space*, 461-481. New-York : Oxford University Press.

Parson, L.M. (1990). Body image. In M.W. Eysenck (Ed.). *The blackwell dictionary of cognitive psychology*. Oxford : Blackwell Reference.

Pireyre, E. (2020). *Clinique de l'image du corps*. Paris : Dunod.

Richard, D., Orsal, D. (2007). Neurophysiologie. Paris : Dunod.

Rizzolatti, G., Scandolara, C., Matelli, M., Gentilucci, M. (1981). Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys : I. Somatosensory responses. *Behavioral Brain Research*, 2, 125-146.

Roy, J.E., Cullen, K.E. (2004). Dissociated self-generated from passively applied head motion : Neural mechanisms in the vestibular nuclei. *Journal of Neuroscience*, 24 (9), 2102-2111.

Sang, F., Jauregui-Renaud, K., Green, D.A., Bronstein, A.M., Gresty, M.A. (2006). Depersonalisation/derealisation symptoms in vestibular disease. *Journal of Neurosurgery and Psychiatry*, 77 (3), 760-766.

Schilder (1968). L'image du corps. Paris : Gallimard.

Schmidt, L., Utz, K.S., Depper, L., Adams, M., Schaadt, A.K., Reinhart, S., Kerkhoff, G. (2013). Now you feel both : galvanic vestibular stimulation induces lasting improvements in the rehabilitation of chronic tactile extinction. *Frontiers Human Neuroscience*, 7.

Shenton, J.T., Schoebel, J., Branch Coslett, H. (2004). Mental motor imagery and the body schema : evidence for proprioceptive dominance. *Neurosciences Letters*, 370, 19-24.

Soubiran, G.B., Coste, J.C. (1975). Psychomotricité et relaxation psychosomatique. Paris : Doin.

Van Helk, M., van Schie, H.T., Hunnius, S., Vesper, C., Bekkering, H. (2008). You'll never crawl alone : neurophysiological evidence for experience-dependant motor resonance in infancy. *Neuroimage*, 43(4), 808-814.

Viaud-Delmon, I. (2007). Corps, action et cognition : la réalité virtuelle au défi des sciences cognitives. *Intellectica*, 45, 37-58.

Wallon, H., Lurçat, L. (1962). Espace postural et espace environnant (le schéma corporel). *Enfance*, 15(1), 1-33.

Wittling, M. (1968). Ontogénèse du schéma corporel chez l'homme. *L'année psychologique*, 68-1, 185-208.

Zazzo, B. (1966). Psychologie différentielle de l'adolescence : étude de la représentation de soi. Paris : PUF.

Remerciements chaleureux à Christine Assaiante et Florent Vincent.