

DÉVELOPPEMENT DU SAVOIR-FAIRE CORPOREL DURANT LA PREMIÈRE ANNÉE DE VIE DU BÉBÉ

[Lisa Jacquey](#), [Jacqueline Fagard](#), [Kevin O'Regan](#), [Rana Esseily](#)

Presses Universitaires de France | « [Enfance](#) »

2020/2 N° 2 | pages 175 à 192

ISSN 0013-7545

ISBN 9782130823162

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-enfance-2020-2-page-175.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour Presses Universitaires de France.

© Presses Universitaires de France. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Développement du savoir-faire corporel durant la première année de vie du bébé

Lisa Jacquey^a, Jacqueline Fagard^a, Kevin O'Regan^a
et Rana Esseily^b

RÉSUMÉ

Cette revue de la littérature propose d'examiner de quelle manière le savoir-faire corporel du bébé s'affine au cours de la première année de vie, en décrivant ce développement à travers l'exploration du corps et l'exploration de l'environnement physique. Ce développement précoce pourrait participer à l'acquisition par le bébé d'un sens de l'agentivité (*sense of agency*) et d'un sens du corps propre (*body ownership*). Le développement du savoir-faire corporel, par son statut de précurseur d'une connaissance plus approfondie du corps et de soi, jouerait un rôle essentiel dans le développement sociocognitif et psychomoteur de l'enfant.

MOTS-CLÉS : SAVOIR-FAIRE CORPOREL, CONNAISSANCE DU CORPS, DÉVELOPPEMENT PRÉCOCE.

ABSTRACT

Development of body know-how during the infant's first year of life

This literature review examines how infants' body know-how is refined during the first year of life, describing this development through exploration of the body and exploration of the physical environment. This early development may contribute to infants' acquisition of sense of agency and body ownership. The development of body know-how, as a precursor of a broader knowledge of the body and the self, may play an essential role in the child's socio-cognitive and psychomotor development.

KEYWORDS: BODY KNOW-HOW, BODY KNOWLEDGE, EARLY DEVELOPMENT.

^a CNRS & Université de Paris, 45 rue des Saints-Pères, 75006 Paris. *E-mails* : lisa.jacquey@gmail.com ; jacqueline.fagard@gmail.com ; jkevin.oregan@gmail.com

^b Université Paris Nanterre, 200 avenue de la République, 92000 Nanterre. *E-mail* : ranaesseily@hotmail.com

INTRODUCTION

Imaginons un bébé de seulement quelques mois, allongé sur son tapis d'éveil et observons d'un peu plus près ses comportements : le bébé réunit ses mains au-dessus de sa poitrine, les entremêle et les observe, il bascule ensuite sur le côté et attrape un jouet qu'il ramène à la bouche puis secoue vigoureusement à plusieurs reprises. En adoptant ce regard attentif, nous découvrons la grande richesse des actions réalisées par un jeune bébé lorsqu'il est plongé dans l'exploration de son propre corps et de son environnement. Ces comportements, dont sont témoins quotidiennement celles et ceux qui prennent soin des tout-petits, révèlent la capacité du bébé à utiliser son corps de manière appropriée pour interagir avec le monde qui l'entoure. Cette capacité est ce que nous définissons comme le « savoir-faire corporel » du bébé.

Le savoir-faire corporel est au cœur de multiples théories, aussi bien en psychologie – voir, entre autres, la théorie sensorimotrice de la conscience d'O'Regan (O'Regan, 2011) et l'*enactivisme* de Varela (Varela, Thompson, & Rosch, 1991) – qu'en psychologie du développement – par exemple, dans le constructivisme de Piaget (Piaget, 1936) ou la théorie du « soi corporel » de Neisser (Neisser, 1991) ou l'approche écologique de Gibson (Gibson & Pick, 2000). La question du savoir-faire corporel chez le bébé est documentée à travers une riche littérature expérimentale (voir ci-dessous). Malgré cela, le développement précoce du savoir-faire corporel n'a fait l'objet (à notre connaissance) que d'une seule revue de questions en français réalisée par Rochat et Goubet en 2000. Dans cette revue, les auteurs avancent que la connaissance précoce du corps pourrait être un précurseur du développement ultérieur de la connaissance de soi.

Nous souhaitons par le présent article prolonger la revue de la littérature réalisée par Rochat et Goubet en 2000 en y apportant, vingt ans après, un éclairage nouveau à travers l'examen d'études récentes. Nous espérons offrir une vue d'ensemble des études relevant du savoir-faire corporel chez le bébé afin de (1) rappeler que le bébé présente un savoir-faire corporel dès sa première année de vie et même *in utero* et (2) décrire le développement du savoir-faire corporel à travers l'exploration par le bébé de son corps et du monde physique qui l'entoure. Il est important de noter que cet article ne peut pas rapporter de façon exhaustive tous les travaux relatifs au développement du savoir-faire corporel : il existe en effet des exemples non cités ici qui pourraient témoigner de manière indirecte du savoir-faire corporel du bébé, telles que les études sur l'espace péripersonnel (voir par ex. Bremner, Mareschal, Lloyd-Fox, & Spence, 2008 ; Begum Ali, Spence, & Bremner, 2015), celles sur la correspondance visuo-motrice (voir par ex. Filippetti Johnson, Lloyd-Fix, Dragovic, & Farroni, 2013 ; Filippetti, Orioli, Johnson, & Farroni, 2015 ; Rochat & Morgan, 1998) ou celles sur la compréhension du lien entre le moyen et le but (voir par ex. Elsner & Aschersleben, 2003 ; Munakata, McClelland, Johnson, & Siegler, 1997). Par ailleurs, les études que nous passons en revue au sein de

chacune des sections s'appuient sur des méthodes expérimentales variées. Ce choix permet de rendre compte de la richesse de la littérature sur le savoir-faire corporel mais a le défaut de limiter la comparaison des résultats parfois divergents.

Cet article documente le développement du savoir-faire corporel à travers deux modes d'exploration du bébé : l'exploration du corps et celle de l'environnement physique. Néanmoins, le développement du savoir-faire corporel du bébé s'illustre aussi dans l'interaction du bébé avec ses partenaires sociaux. Les études s'intéressant à l'engagement du bébé dans des interactions sociales et celles portant sur les capacités d'imitation du bébé éclairent la manière dont l'environnement social guide le développement du savoir-faire corporel durant la première année de vie. Néanmoins nous avons décidé de nous focaliser ici sur l'exploration du corps et celle de l'environnement physique. Les études sur les interactions sociales mériteraient d'être analysées séparément au sein d'une autre revue de la littérature.

EXPLORATION : QUELS MÉCANISMES MIS EN JEU ?

Avant d'examiner le développement du savoir-faire corporel, il apparaît primordial de chercher à comprendre quels sont les mécanismes sous-tendant un tel développement. Nous faisons ici l'hypothèse que deux mécanismes sont mis en jeu : l'exploitation de la sensibilité aux contingences sensorimotrices et la curiosité.

La sensibilité aux contingences¹ (ou redondances) sensorimotrices correspond à la capacité du bébé à détecter le lien entre ses actions et les conséquences de celles-ci, comme par exemple le lien entre un mouvement de la main devant les yeux et le retour visuel en résultant. Cette sensibilité aux contingences sensorimotrices semble présente chez le bébé dès la naissance et même *in utero*. L'exploitation de cette sensibilité, richement documentée par Bullinger sous le terme d'*instrumentation*² (Bullinger, 2007), permettrait au bébé d'appréhender (de manière implicite au départ puis ensuite consciemment) les moyens par lesquels il peut interagir avec son corps et son environnement physique. Cependant, ce mécanisme seul ne pourrait pas offrir un apprentissage efficace au bébé : l'ensemble des contingences sensorimotrices pouvant être explorées étant trop vaste, l'exploration de celles-ci par le bébé doit être organisée.

Un second mécanisme d'apprentissage, la curiosité, pourrait alors être en jeu. La curiosité correspond à la motivation intrinsèque du bébé à explorer des situations lui offrant un progrès dans ses connaissances sur le monde (motiva-

¹ Le terme de contingence n'est pas ici à entendre selon sa définition philosophique.

² Bullinger utilise le terme d'*instrumentation* pour décrire « la manière dont le bébé parvient à faire de ses systèmes sensori-moteurs des outils qui lui permettent de comprendre et d'agir sur son milieu » (Bullinger, 2007).

tion basée sur les connaissances) ou un progrès dans ses moyens d'agir sur le monde (motivation basée sur les compétences). Cela s'illustre par exemple dans la préférence du bébé pour l'exploration des situations correspondant à ses « attentes sensorielles » comparées à celles n'y correspondant pas (Schaal *et al.*, 2004 ; Schaal *et al.*, 2008), ainsi que dans la préférence du bébé pour des situations nouvelles (voir Colombo & Mitchell, 2009 pour une revue), des situations impossibles (par ex. Stahl & Feigenson, 2015) ou des situations peu probables (par ex. Sim & Xu, 2017) comparées à des situations communes. L'exploration par le bébé de certaines contingences sensorimotrices plutôt que d'autres ne serait donc pas arbitraire mais motivée par une recherche de situations permettant un progrès en apprentissage. Le bébé présente d'ailleurs des signes de contentement (il sourit et/ou babille) lorsque sa recherche d'apprentissage est satisfaite, par exemple lorsque ses mouvements déclenchent l'apparition d'une stimulation audiovisuelle (Lewis, Sullivan & Brooks-Gunn, 1985) ; et des signes de frustration (il crie et/ou pleure) dans les situations où ses attentes sont mises à mal (par ex. Watson, 1972 ; Fagen & Ohr, 1985).

EXPLORATION DU CORPS

Une première manière de décrire le développement du savoir-faire corporel du bébé est à travers l'exploration tactile par le bébé de son propre corps, c'est-à-dire lorsque le bébé touche son corps avec ses mains et ses pieds. Nous pouvons alors distinguer deux types d'études s'intéressant aux mouvements du bébé dirigés vers son corps, celles portant sur l'exploration tactile spontanée du corps (*self touch*) et celles traitant des réactions du bébé à des stimulations tactiles externes appliquées sur son corps.

Exploration tactile spontanée du corps

L'observation fine des mouvements *in utero* se fait par l'utilisation de l'échographie 4D, une méthode d'imagerie qui offre des images très précises des actions du fœtus (voir Kurjak *et al.*, 2008 pour une revue de la littérature) (voir Figure 1.a). Cette méthode d'imagerie a permis de montrer que l'exploration tactile spontanée du corps est présente dès la vie fœtale et que cette exploration, sans doute au hasard au départ, devient très vite organisée (Piontelli, 2010 ; Kurjak *et al.*, 2004). Par exemple, le fœtus semble explorer préférentiellement les zones très innervées de son corps (par ex. la bouche et les yeux) ainsi que les zones frontières entre parties innervées et non innervées (par ex. entre le visage et le crâne au niveau du nerf trijumeau) au détriment des zones faiblement innervées qu'il n'explore que très rarement (par ex. le crâne) (Piontelli, 2010). Cette exploration organisée du corps permet au fœtus de ressentir des sensations de toucher double, c'est-à-dire des sensations tactiles simultanément au niveau des mains ou des pieds et de la zone explorée, ce qui joue certaine-

ment un rôle dans la mise en place de cartes sensorimotrices précoces (Fagard *et al.*, 2018).

L'organisation de l'exploration tactile du corps est probablement soutenue par la sensibilité du fœtus aux contingences sensorimotrices (voir ci-dessus). Celle-ci semble en effet déjà présente *in utero* mais sous une forme rudimentaire n'impliquant pas que le fœtus possède une connaissance explicite des conséquences de ses actions. Cette sensibilité précoce aux contingences sensorimotrices pourrait alors mettre en jeu un simple apprentissage par renforcement : lorsqu'une action provoque une stimulation plaisante et/ou intéressante pour le fœtus, cette action est « renforcée » et répétée. Par exemple, il a été observé chez des fœtus dès le deuxième trimestre de grossesse des mouvements de coordination main-bouche, c'est-à-dire une ouverture de la bouche précédant l'arrivée de la main à la bouche (voir Figure 1.a) (Myowa-Yamakoshi & Takeshita, 2006 ; Reissland, Francis, Aydin, Mason, & Schaal, 2014). De plus, il a été constaté que les mouvements de main du fœtus pouvaient présenter des caractéristiques spatiales et temporelles différentes en fonction de leurs conséquences, avec des mouvements dirigés vers les yeux présentant une décélération au moment de l'approche de la main plus forte que la décélération observée pour des mouvements des mains dirigés vers la bouche (Zoia *et al.*, 2007). Le fœtus semble ainsi être sensible au lien entre les mouvements de ses mains et les sensations tactiles subséquentes, du moins pour certains mouvements des mains dirigés vers la bouche et les yeux, ce qui explique sûrement que l'exploration tactile spontanée observée chez le fœtus puisse être organisée.

À la naissance, malgré un fort changement d'environnement, le bébé présente un savoir-faire corporel en continuité avec celui qu'il a développé *in utero*. Les comportements d'exploration tactile spontanée du corps se retrouvent ainsi chez le nouveau-né (Thomas, Karl, & Wishaw, 2015 ; DiMercurio, Connell, Clark, & Corbetta, 2018). Celui-ci est alors capable de différencier les sensations tactiles causées par l'exploration de son propre corps et celles causées par des stimulations externes appliquées sur son corps. Par exemple, Rochat & Hespos (1997) ont observé que des nouveau-nés ne répondaient pas au « réflexe des points cardinaux » (mouvement réflexe de la tête en réaction à une caresse sur la joue) lorsque la stimulation tactile appliquée sur leur joue était causée par le contact de leur propre main, alors qu'ils y répondaient lorsque la stimulation tactile était appliquée par un expérimentateur. Au cours des six premiers mois de vie, l'exploration tactile spontanée du corps évolue : elle passe de mouvements dirigés vers le haut du corps (visage et tronc) et réalisés avec l'extérieur de la main à des mouvements dirigés vers le bas du corps (jambes et pieds) et réalisés avec la paume de la main puis avec un agrippement (Thomas, Kar et Wishaw, 2015 ; DiMercurio *et al.*, 2018).

Réaction à une stimulation tactile externe appliquée sur le corps

Cette évolution des mouvements dirigés vers le corps s'observe aussi à travers les réactions du bébé en réaction à une stimulation tactile externe appliquée

sur son corps. Des études récentes en neuro-imagerie suggèrent que les réponses du cerveau à une stimulation tactile sont organisées de manière somatotopique dès la première année de vie du bébé et même dès l'âge de 60 jours pour des stimulations effectuées sur les mains et les pieds (Marshall & Meltzoff, 2015 ; Saby, Meltzoff, & Marshall, 2015 ; Meltzoff, Saby, & Marshall, 2018). Les réponses du bébé à des stimulations tactiles ont aussi été étudiées au niveau comportemental. Des études ont été menées chez des bébés âgés de 2 à 8 mois en plaçant des pastilles vibrotactiles à différents endroits du corps des bébés et en mesurant la capacité des bébés à bouger le membre stimulé ou à toucher/attraper les pastilles (Hoffmann *et al.*, 2017 ; Somogyi *et al.*, 2018 ; Chinn, Noonan, Hoffman, & Lockman, 2019). Les résultats des études utilisant cette méthodologie suggèrent que lorsqu'une pastille est appliquée sur l'un de leurs membres, des bébés âgés de 3 mois bougent tout leur corps alors que des bébés âgés de 5-6 mois bougent principalement le membre stimulé (Somogyi *et al.*, 2018). De plus, il apparaît que les bébés sont au départ (vers l'âge de 2 mois) uniquement capables de localiser les pastilles placées sur le visage et non celles positionnées sur le reste du corps (Hoffmann *et al.*, 2017 ; Chinn *et al.*, 2019) puis, qu'au cours des mois, les bébés deviennent progressivement capables de localiser les pastilles placées à d'autres positions : sur l'abdomen à l'âge de 5 mois, sur les bras à l'âge de 6 mois et sur les épaules à l'âge de 8 mois (Hoffmann *et al.*, 2017). Les bébés semblent aussi améliorer entre l'âge 2 et 8 mois leur capacité à attraper les pastilles en passant d'une simple atteinte avec le côté extérieur de la main à une atteinte avec la paume ouverte puis à une réelle saisie de la pastille (Somogyi *et al.*, 2018 ; Chinn *et al.*, 2019).

INTERACTION AVEC L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

Une seconde manière de rendre compte du développement du savoir-faire corporel apparaît à travers l'interaction entre le bébé et son environnement physique. Nous détaillons ici trois types d'étude : celles montrant une capacité précoce chez le bébé à répondre aux stimulations environnementales, celles s'intéressant à l'engagement du bébé dans des interactions avec son environnement physique et celles portant sur le développement des habiletés manuelles durant la première année de vie.

Capacité précoce à répondre aux stimulations environnementales

Dès le premier trimestre de grossesse, le fœtus interagit avec son environnement : il bouge (Kurjak *et al.*, 2008) et reçoit en retour des informations sensorielles sur le monde intra- et extra-utérin qui l'entoure (voir Lecanuet & Schaal, 1996 pour une revue de la littérature). Le fœtus ne réalise pas uniquement des mouvements généraux causés par une excitation globale de son système moteur mais aussi des mouvements isolés des bras et des jambes (voir par ex. Kurjak

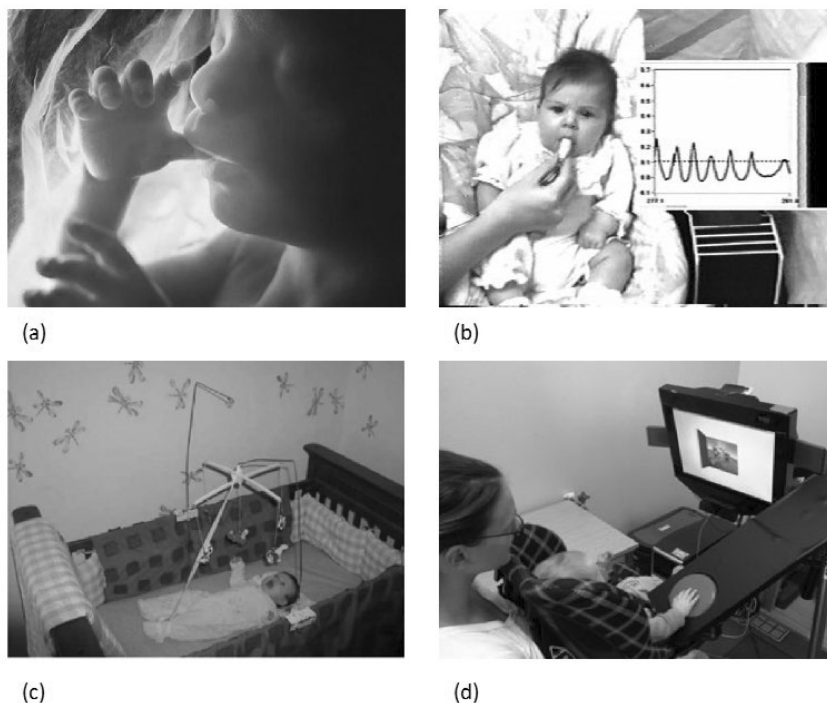


Figure 1.

Exemples de paradigmes permettant l'étude du savoir-faire corporel chez le bébé.

(a) échographie 4D : méthode d'imagerie qui permet d'observer les mouvements du fœtus in utero, comme par exemple des mouvements de coordination main-bouche (Myowa-Yamakoshi & Takeshita, 2006).

(b) succion non nutritive : le bébé varie son rythme de succion lorsque cela provoque la variation de la hauteur d'un stimulus auditif (Rochat & Striano, 1999).

(c) paradigme du mobile : le bébé est placé sur le dos et l'un de ses membres est attaché grâce à une ficelle à un mobile placé au-dessus de lui, de sorte que les mouvements du bébé déclenchent des mouvements du mobile (Rovee & Rovee, 1969).

(d) apparition d'une image à l'écran déclenchée par l'appui sur un bouton avec la main : le bébé de 10 mois anticipe l'apparition de l'image (Kenward, 2010).

et al., 2008). Le fœtus semble alors capable de réaliser des mouvements en réponse à une stimulation. Par exemple, le fœtus augmente ses mouvements en réaction à la voix de sa mère (Marx & Nagy, 2015 ; Reissland *et al.*, 2016 ; Ferrari *et al.*, 2016) ou en réaction aux mouvements de celle-ci (Marx & Nagy, 2015). À la naissance, les mouvements réalisés par le bébé ne sont pas uniquement des réflexes. Certains des mouvements du nouveau-né sont en effet réalisés d'une manière apparaissant comme contrôlée et structurée. Ces mouvements composent un petit répertoire d'actions bien maîtrisées par le

nouveau-né, comme par exemple les mouvements des bras le long de l'axe vertical (Van der Meer, Van der Weel, & Lee, 1995, 1996 ; Van der Meer, 1997 ; Delafield-Butt *et al.*, 2018), les mouvements de succion non nutritive (par ex. Rochat & Striano, 1999 ; DeCasper & Fifer, 1980) ou le contrôle oculaire (par ex. Farroni, Massaccesi, Pividori, & Johnson, 2004). C'est en observant les actions appartenant à ce répertoire moteur limité que nous découvrons la capacité du nouveau-né à modifier ses mouvements en réponse aux informations perceptives qu'il reçoit. Par exemple, un nouveau-né placé dans de bonnes conditions et exposé à des flux optiques modifie ses mouvements de marche (*stepping*) en réaction aux caractéristiques du flux optique auquel il est en train d'être exposé (Barbu-Roth *et al.*, 2009).

Il est intéressant de relever ici que certaines actions (par ex. la succion, les mouvements oculaires) sont souvent oubliées lorsque l'on s'intéresse aux capacités motrices précoces du bébé, alors même que ces actions, bien maîtrisées dès le début de la vie, témoignent du savoir-faire corporel du nouveau-né. De plus, il est important de rappeler que le savoir-faire corporel du nouveau-né ne peut s'exprimer pleinement que lorsque celui-ci se trouve dans les conditions permettant son expression (par ex. dans l'eau pour atténuer les effets de la gravité, avec la tête soutenue pour libérer la motricité, etc.) ce qui n'est pas toujours le cas dans les études conduites en laboratoire ou dans les conditions de la vie quotidienne.

Capacités à agir sur l'environnement physique

Les capacités du bébé à agir sur son environnement physique peuvent être mesurées en laboratoire grâce aux méthodes de « conditionnement opérant » dans lesquelles la réalisation par le bébé d'une certaine action déclenche l'apparition d'une stimulation plaisante. Les chercheurs mesurent alors la propension du bébé à réaliser l'action « contingente » avant, pendant et après ce conditionnement. Des études de ce type ont été réalisées chez le nouveau-né montrant que celui-ci est sensible à des contingences sensorimotrices impliquant certaines actions stéréotypiques précises faisant partie de son répertoire moteur comme par exemple des mouvements des bras le long de l'axe vertical (Van der Meer *et al.*, 1995, 1996 ; Van der Meer, 1997 où le retour visuel « contingente » est la vision de la main) ou des mouvements de succion non nutritive (par ex. Rochat & Striano, 1999 ; DeCasper & Fifer, 1980) (voir Figure 1.b).

Au cours du développement, les capacités du bébé à agir sur le monde physique qui l'entoure s'enrichissent. Cela a pu être mis en évidence par l'utilisation du « paradigme du mobile » qui fut développé et exploité par Rovee-Collier et ses collaborateurs (Rovee & Rovee, 1969) (voir Figure 1.c). Dans cette méthode, le bébé est placé sur le dos et l'un de ses membres (bras ou jambe) est attaché grâce à une ficelle à un mobile placé au-dessus de lui, faisant que les mouvements de ce membre déclenchent des mouvements du mobile. À partir de l'âge de 2-3 mois, le bébé explore son répertoire moteur et réalise

l'action précise permettant de faire bouger le mobile, et ce même lorsque le mouvement impliqué n'est pas un mouvement qu'il réalise au quotidien, comme par exemple des flexions et extensions des genoux (par ex. Thelen, 1994 ; Angulo-Kinzler, 2001 ; Angulo-Kinzler, Ulrich, & Thelen, 2002 ; Chen, Fetters, Holt, & Saltzman, 2002 ; Sargent, Schweighofer, Kubo, Fetters, & Ivanenko, 2014 ; Sargent, Reimann, Kubo, & Fetters, 2015). Cet affinement du savoir-faire corporel du bébé s'illustre par ailleurs dans la capacité du bébé à utiliser ses membres de manière différenciée pour agir sur le monde. Pour étudier cette capacité, des chercheurs ont placé des bébés de différents âges dans une situation où les mouvements d'un seul de leurs bras ou d'une seule de leurs jambes étaient à l'origine des mouvements du mobile (par ex. Rovee-Collier, Morrongiello, Aron, & Kupersmidt, 1978 ; Watanabe & Taga, 2006) ou d'un personnage sur un écran (Jacquey *et al.*, 2020). Les chercheurs ont observé que dans la situation où seuls les mouvements d'un des membres du bébé étaient à l'origine d'une stimulation plaisante, les jeunes bébés (âgés de 2 à 3 mois) bougeaient tout leur corps ou leurs deux bras de manière indifférenciée (Watanabe & Taga, 2006) alors que les bébés plus âgés (âgés de 4 à 8 mois) bougeaient le bras « connecté » au dispositif plus que l'autre bras (Watanabe & Taga, 2006 ; Jacquey *et al.*, 2020). Les résultats de ces études suggèrent qu'au cours des premiers mois de vie le bébé devient progressivement capable d'utiliser ses membres de manière différenciée lorsqu'il réalise des mouvements ayant des conséquences plaisantes et/ou intéressantes. Néanmoins, il est important de noter que le bébé continue durant toute la première année de vie à présenter des mouvements parasites des membres non impliqués dans l'action réalisée, des syncinésies (*overflow movements*) – ce qui ne veut pas dire qu'il n'est pas capable de mouvements différenciés dans certaines situations comme nous l'avons exposé ci-dessus. Par exemple, lorsque le bébé attrape un objet ou secoue un hochet avec une seule main, son autre main réalise des mouvements moins marqués mais possédant les mêmes caractéristiques (Soska, Galeon, & Adolph, 2012 ; D'Souza, Cowie, Karmiloff-Smith, & Bremner, 2017) et cela particulièrement lorsque le bébé réalise des mouvements rapides (D'Souza *et al.*, 2017).

Les études présentées ci-dessus suggèrent que le bébé est très tôt capable d'agir sur son environnement physique. Mais est-il pour autant capable d'anticiper les conséquences de ses actions sur son environnement physique ? De premières réponses à cette question ont été apportées par l'utilisation d'appareils de détection des mouvements oculaires (*eye-tracker*). Cette méthodologie permet de savoir, avec plus ou moins de précision, où un bébé regarde lorsqu'il est devant un écran et donc de mesurer si le bébé est capable ou non d'anticiper l'apparition d'une stimulation contingente à l'écran. Il a été observé que des bébés âgés de 6 et 8 mois étaient capables de déclencher l'apparition d'une image sur un écran en fixant un point sur l'écran et d'anticiper l'apparition de cette image en bougeant leurs yeux vers l'endroit de son apparition *avant* son apparition (Wang *et al.*, 2012). Cette capacité d'anticipation a aussi été observé chez des bébés âgés de 10 mois dans une tâche où les bébés pouvaient faire

apparaître une vidéo en appuyant sur un bouton avec la main (Kenward, 2010) (voir Figure 1.d). De plus, une étude de Zaadnoordijk *et al.* (2020) utilisant des mesures neurophysiologiques a mis en évidence les attentes formées par des bébés âgés de 3 à 4,5 mois durant leur exposition au paradigme du mobile (voir ci-dessus). À l'arrêt de la contingence entre leurs mouvements et ceux du mobile (phase d'extinction), la moitié des 65 bébés observés ont présenté une négativité de discordance (*mismatch negativity*), reflétant la violation de leur attente. De manière très intéressante, les bébés ayant présenté une négativité de discordance étaient aussi ceux qui présentaient une réaction comportementale à l'arrêt de la contingence : une augmentation puis une diminution soudaine de leurs mouvements, et ce plus largement pour le bras « connecté » au mobile que pour le bras « non connecté ».

Les capacités du bébé à agir sur son environnement physique sont intrinsèquement liées aux expériences sensorielles vécues par le bébé lors de l'exploration. En explorant son environnement, le bébé ne découvre pas uniquement ses possibilités d'action sur le monde, il affine aussi sa perception. Une étude de DeCasper & Spence (1986) a par exemple montré que des nouveau-nés sont capables d'adapter leur succion de sorte à ce que celle-ci déclenche un texte lu par la mère durant la grossesse plutôt qu'un nouveau texte. Les exemples d'adaptation par le bébé de son action aux conséquences sensorielles de celle-ci sont multiples dans la littérature : des bébés à l'âge de 3 - 4 mois semblent capable de maintenir un niveau de stimulation visuelle préféré en adaptant leurs mouvements de jambe (Fagen & Rovee, 1976 ; Mast, Fagen, Rovee-Collier, & Sullivan, 1980) ou encore, à l'âge de 12 mois, des bébés présentent un intérêt plus élevé pour les contingences impliquant comme retour perceptif des images variées plutôt que répétées (Siqueland & DeLucia, 1969). L'apprentissage et la mémorisation d'une contingence explorée par le bébé semblent aussi être modulés par le retour sensoriel impliqué. Un stimulus multimodal apparaît augmenter la propension du bébé à réaliser l'action contingence durant et après l'exposition comparé à un stimulus unimodal (McKirdy & Rovee, 1978 ; Kraebel, Fable, & Gerhardstein, 2004 ; Tiernan & Angulo-Barroso, 2008). Cet effet bénéfique des stimuli multimodaux sur l'apprentissage pourrait en partie être expliqué par « l'hypothèse de la redondance intersensorielle » (*Intersensory Redundancy Hypothesis*) développée par Bahrick (Bahrick, Lickliter, & Flom, 2004). Selon cette théorie, les stimuli multimodaux permettent au bébé de se concentrer sur les aspects amodaux de la contingence (par ex., le rythme ou l'intensité) et ainsi d'augmenter l'attention et l'intérêt du bébé pour la contingence (Kraebel, 2012).

Le développement des habiletés manuelles

L'évolution des habiletés manuelles au cours de la première année de vie est facilement observable et semble être une illustration claire du développement du savoir-corporel du bébé. Intéressons-nous par exemple au « geste d'atteinte » (*reaching*), la capacité du bébé à tendre les mains vers un objet placé devant lui.

Durant la grossesse, le fœtus présente déjà les prémices d'une telle capacité : par exemple celui-ci réalise des mouvements de main dirigés vers la bouche, vers les yeux (Zoja *et al.*, 2007 ; Kurjak *et al.*, 2004) ou vers le cordon ombilical (Piontelli, 2010). Les prémices du geste d'atteinte se retrouvent aussi à la naissance, le bébé étant capable de tendre les mains en direction d'un objet mais cela uniquement dans des conditions bien spécifiques de « motricité libérée³ » (Grenier, 1981 ; von Hofsten, 1982). Le développement du geste d'atteinte durant les premiers mois de vie a été richement documentée depuis les travaux princeps de White, Castle, & Held (1964). Les conclusions des travaux menés sur le sujet ces cinquante dernières années suggèrent que le bébé réalise de premiers « vrais » gestes d'atteinte aux alentours de l'âge de 3 - 5 mois (voir par ex. Fagard, 2001 pour une revue de la littérature). Différentes hypothèses, que nous ne développerons pas toutes ici, ont alors été avancées afin d'expliquer le développement du geste d'atteinte durant les premiers mois de vie (voir le chapitre XI de Fagard, 2001). L'une de ces hypothèses (voir par ex. Corbetta, DiMercurio, Wiener, Connell, & Clark, 2018) défend que le développement du geste d'atteinte est sous-tendu par trois mécanismes : (1) la capacité de perception intermodale du bébé, qui lui donnerait un retour perceptif unifié de son mouvement de bras, (2) la sensibilité du bébé aux contingences sensorimotrices, qui lui permettrait de détecter le lien entre son mouvement du bras et la sensation haptique résultant du contact entre sa main et l'objet, et (3) la motivation du bébé à interagir avec le monde qui l'entoure, qui le « pousserait » à répéter les mouvements lui ayant préalablement permis de toucher l'objet. Suivant cette hypothèse, la première occurrence d'atteinte de l'objet, qui pourrait avoir lieu par hasard, serait causée par l'augmentation vers l'âge de 3 mois de l'activité motrice spontanée du bébé en présence d'un objet (Bhat & Galloway, 2006). La sensation multisensorielle (proprioceptive, haptique et visuelle) résultant de cette première atteinte offrirait au bébé une conséquence observable de son action. Le geste d'atteinte réalisé par le bébé serait alors « renforcé » positivement. Cela pourrait expliquer que le bébé réalise de manière répétée de premières tentatives de geste d'atteinte accompagné d'un regard vers l'objet, malgré que ces premières tentatives n'aboutissent pas toujours à toucher l'objet. Parallèlement à l'acquisition du geste d'atteinte, le bébé acquiert une seconde habileté manuelle au cours de la première année de vie, la capacité à saisir (*grasping*), dont nous ne présenterons pas l'acquisition ici.

Les habiletés manuelles du bébé s'affinent au fur et à mesure de la première année de vie. Au départ, les gestes d'atteinte et de prise réalisés par le bébé sont stéréotypés et similaires pour tout objet (prise palmaire avec les deux mains). Puis, progressivement, le bébé prend en compte les affordances des objets présents autour de lui : il adapte ses mouvements d'atteinte et de prise aux caractéristiques de chaque objet. Le bébé réalise par exemple des mouve-

³ La « motricité libérée » est une méthode développée par Albert Grenier (1981) consistant en une fixation de la nuque dans un contexte interactif qui promeut l'attention du bébé jusqu'à permettre l'expression de la motricité libérée.

ments d'atteinte uniquement vers les objets à sa portée (Rochat, Goubet, & Senders, 1999), adapte sa saisie à la taille, la forme et la texture de l'objet (Fagard & Jacquet, 1996 ; Corbetta, Thelen & Johnson, 2000 ; Bourgeois, Kavar, Neal, & Lockman, 2005), anticipe l'orientation de la main vis-à-vis de la position de l'objet (von Hofsten & Fazel-Zandy, 1984 ; Lockman, Ashmead, & Bushnell, 1984) ou encore utilise les deux mains de manière complémentaire pour réaliser des actions complexes (Fagard, 1998). La pratique répétée et donc l'interaction du bébé avec son environnement physique jouerait un rôle, conjointement à celui joué par l'apprentissage social (non détaillé ici), dans l'enrichissement au cours de la première année de vie des habiletés manuelles du bébé.

CONCLUSION

Les études présentées dans cette revue de la littérature suggèrent que dès la naissance et même *in utero* le bébé est capable d'utiliser son corps de manière appropriée pour interagir avec le monde qui l'entoure. Le développement du savoir-faire corporel du bébé – à différencier de la conscience de soi démontrée par le jeune enfant à l'âge de 2 ans – peut être décrit au travers de l'exploration du corps et l'exploration de l'environnement physique. Le développement du savoir-faire corporel s'illustre aussi à travers l'insertion du bébé dans un environnement social (non traité ici), qui lui fournit de multiples occasions d'interagir avec d'autres personnes et d'observer d'autres personnes agir. Le savoir-faire corporel pourrait permettre au bébé d'acquérir un sens de l'agentivité (*sense of agency*) et un sens du corps propre (*body ownership*), et de ce fait, d'être le précurseur d'une connaissance explicite du corps. Le savoir-faire corporel possédé par le bébé dès les premiers temps de la vie jouerait un rôle essentiel dans le développement sociocognitif et psychomoteur de l'enfant.

Malgré cela, nous disposons actuellement de peu de connaissances sur les mécanismes sous-jacents au développement de ce savoir-faire corporel. Comme nous l'avons illustré dans la première section de cet article et comme suggéré par les études présentées ci-dessus, deux mécanismes semblent être au cœur de ce développement : l'exploitation de la sensibilité aux contingences sensorimotrices et la curiosité. Il apparaît essentiel qu'à l'avenir des recherches soient menées afin de caractériser avec une plus grande précision ces deux mécanismes chez le bébé et leur rôle dans la mise en place du savoir-faire corporel. De plus, la question du passage d'une utilisation pratique du corps à une connaissance explicite du corps puis à une réelle conscience de soi mérite d'être explorée plus en détail à travers de futurs travaux en neurosciences et psychologie du développement.

REMERCIEMENTS

Cette publication a été réalisée avec le soutien du FET Open Grant 713010 « GOAL-Robots » et de l'ERC Grant 323674 « FEEL ». Les auteurs remercient Arlette Streri pour sa relecture attentive.

RÉFÉRENCES

- Angulo-Kinzler, R.M. (2001). Exploration and selection of intralimb coordination patterns in 3-month-old infants. *Journal of Motor Behavior*, 33(4), 363-376. <https://doi.org/10.1080/00222890109601920>
- Angulo-Kinzler, R.M., Ulrich, B., & Thelen, E. (2002). Three-month-old infants can select specific leg motor solutions. *Motor Control*, 6(1), 52-68.
- Bahrnick, L.E., Lickliter, R., & Flom, R. (2004). Intersensory redundancy guides the development of selective attention, perception, and cognition in infancy. *Current Directions in Psychological Science*, 13, 99-103.
- Bahrnick, L.E. & Watson, J.S. (1985). Detection of proprioceptive-visual contingency as a potential bias of self-perception in infancy. *Developmental Psychology*, 2(6), 963-973.
- Barbu-Roth, M., Anderson, D.I., Desprès, A., Provasi, J., Cabrol, D., & Campos, J.J. (2009). Neonatal stepping in relation to terrestrial optic flow. *Child Development*, 80(1), 8-14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01241.x>
- Begum Ali, J., Spence, C., & Bremner, A.J. (2015). Human infants' ability to perceive touch in external space develops postnatally. *Current Biology*, 25(20), 978-979. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.08.055>
- Bhat, A.N. & Galloway, J.C. (2006). Toy-oriented changes during early arm movements: Hand kinematics. *Infant Behavior and Development*, 29(3), 358-372. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.01.005>
- Bourgeois, K.S., Khawar, A.W., Neal, S.A., & Lockman, J.J. (2005). Infant manual exploration of objects, surfaces, and their interrelations. *Infancy*, 8(3), 233-252. https://doi.org/10.1207/s15327078in0803_3
- Bremner, A.J., Mareschal, D., Lloyd-Fox, S., & Spence, C. (2008). Spatial localization of touch in the first year of life: Early influence of a visual spatial code and the development of remapping across changes in limb position. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(1), 149-162. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.1.149>
- Bullinger, A. (2007). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars : Un parcours de recherche*. Toulouse : Érès.
- Chen, Y.-P., Fetters, L., Holt, K.G., & Saltzman, E. (2002). Making the mobile move: Constraining task and environment. *Infant Behavior and Development*, 25(2), 195-220.
- Chinn, L.K., Noonan, C.F., Hoffmann, M., & Lockman, J.J. (2019). Development of infant reaching strategies to tactile targets on the face. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00009>

- Colombo, J. & Mitchell, D.W. (2009). Infant visual habituation. *Neurobiology of Learning and Memory*, 92(2), 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2008.06.002>
- Corbetta, D., DiMercurio, A., Wiener, R.F., Connell, J.P., & Clark, M. (2018). How perception and action fosters exploration and selection in infant skill acquisition. In *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 55, p. 1-29). <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2018.04.001>
- Corbetta, D., Thelen, E., & Johnson, K. (2000). Motor constraints on the development of perception-action matching in infant reaching. *Infant Behavior and Development*, 23(3-4), 351-374. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(01\)00049-2](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(01)00049-2)
- DeCasper, A.J. & Fifer, W. (1980). On human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208(4448), 1174-1176.
- DeCasper, A.J. & Spence, M.J. (1986). Prenatal maternal speech influences newborns' perception of speech sounds. *Infant Behavior and Development*, 9(2), 133-150.
- Delafield-Butt, J.T., Freer, Y., Perkins, J., Skulina, D., Schögler, B., & Lee, D.N. (2018). Prospective organization of neonatal arm movements: A motor foundation of embodied agency, disrupted in premature birth. *Developmental Science*, 21(6), e12693. <https://doi.org/10.1111/desc.12693>
- DiMercurio, A., Connell, J.P., Clark, M., & Corbetta, D. (2018). A naturalistic observation of spontaneous touches to the body and environment in the first 2 months of life. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02613>
- D'Souza, H., Cowie, D., Karmiloff-Smith, A., & Bremner, A.J. (2017). Specialization of the motor system in infancy: from broad tuning to selectively specialized purposeful actions. *Developmental Science*, 20(4), e12409. <https://doi.org/10.1111/desc.12409>
- Elsner, B. & Aschersleben, G. (2003). Do I get what you get? Learning about the effects of self-performed and observed actions in infancy. *Consciousness and Cognition*, 12(4), 732-751.
- Fagard, J. & Jacquet, A.Y. (1996). Changes in reaching and grasping objects of different sizes between 7 and 13 months of age. *British Journal of Developmental Psychology*, 14(1), 65-78. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1996.tb00694.x>
- Fagard, J. (1998). Changes in grasping skills and the emergence of bimanual coordination during the first year of life. In *The Psychobiology of the Hand: Vol. Clinics in Developmental Medicine* (K.J. Connolly, pp. 123-143). London: Mac Keith Press.
- Fagard, J. (2001). *Le développement des habiletés de l'enfant : coordination bimanuelle et latéralité*. Paris : CNRS Éditions.
- Fagard, J., Esseily, R., Jacquey, L., O'Regan, K., & Somogyi, E. (2018). Fetal origin of sensorimotor behavior. *Frontiers in Neurobotics*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnbot.2018.00023>.
- Fagen, J.W. & Ohr, P.S. (1985). Temperament and crying in response to the violation of a learned expectancy in early infancy. *Infant Behavior and Development*, 8(2), 157-166. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(85\)80003-5](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(85)80003-5).
- Fagen, J.W. & Rovee, C.K. (1976). Effects of quantitative shifts in a visual reinforcer on the instrumental response of infants. *Journal of Experimental Child Psychology*, 21, 349-360.
- Farroni, T., Massaccesi, S., Pividori, D., & Johnson, M.H. (2004). Gaze following in newborns. *Infancy*, 5(1), 39-60.

- Ferrari, G.A., Nicolini, Y., Demuru, E., Tosato, C., Hussain, M., Scesa, E., *et al.* (2016). Ultrasonographic investigation of human fetus responses to maternal communicative and non-communicative stimuli. *Frontiers in Psychology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00354>
- Filippetti, M.L., Johnson, M.H., Lloyd-Fox, S., Dragovic, D., & Farroni, T. (2013). Body perception in newborns. *Current Biology*, 23(23), 2413-2416. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.017>
- Filippetti, M.L., Orioli, G., Johnson, M.H., & Farroni, T. (2015). Newborn body perception: sensitivity to spatial congruency. *Infancy*, 20(4), 455-465. <https://doi.org/10.1111/infa.12083>
- Gibson, E.J. & Pick, A.D. (2000). *An Ecological Approach to Perceptual Learning and Development*. Oxford: Oxford University Press.
- Grenier, A. (1981). La motricité libérée par fixation manuelle de la nuque au cours des premières semaines de la vie. *Archives françaises de pédiatrie*, 38, 557-562.
- Hoffmann, M., Chinn, L.K., Somogyi, E., Heed, T., Fagard, J., Lockman, J.J., & O'Regan, J.K. (2017). Development of reaching to the body in early infancy: From experiments to robotic models. *2017 Joint IEEE International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob)*, 112-119. <https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2017.8329795>
- Hofsten, C. von (1982). Eye-hand coordination in the newborn. *Developmental Psychology*, 18(3), 450-461. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.18.3.450>
- Hofsten, C. von & Fazel-Zandy, S. (1984). Development of visually guided hand orientation in reaching. *Journal of Experimental Child Psychology*, 38(2), 208-219. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90122-X](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90122-X)
- Jacquey, L., Popescu, T.S., Vergne, J., Fagard, J., Esseily, R., & O'Regan, J.K. (2020). Development of body knowledge as measured by arm differentiation in infants: from global to local? *British Journal of Developmental Psychology*, 38(1), 108-124. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12309>
- Kenward, B. (2010). 10-month-olds visually anticipate an outcome contingent on their own action. *Infancy*, 15(4), 337-361. <https://doi.org/10.1111/j.1532-7078.2009.00018.x>
- Kraebel, K.S. (2012). Redundant amodal properties facilitate operant learning in 3-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 35(1), 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2011.09.009>
- Kraebel, K.S., Fable, J., & Gerhardstein, P. (2004). New methodology in infant operant kicking procedures: Computerized stimulus control and computerized measurement of kicking. *Infant Behavior and Development*, 27(1), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2003.05.005>
- Kurjak, A., Stanojevic, M., Andonotopo, W., Salihagic-Kadic, A., Carrera, J.M., & Azumendi, G. (2004). Behavioral pattern continuity from prenatal to postnatal life a study by four-dimensional (4D) ultrasonography. *Journal of Perinatal Medicine*, 32(4). <https://doi.org/10.1515/JPM.2004.065>
- Kurjak, Asim, Tikvica, A., Stanojevic, M., Miskovic, B., Ahmed, B., Azumendi, G., & Renzo, G.C.D. (2008). The assessment of fetal neurobehavior by three-dimensional and four-dimensional ultrasound. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 21(10), 675-684. <https://doi.org/10.1080/14767050802212166>

- Lecanuet, J.-P. & Schaal, B. (1996). Fetal sensory competencies. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 68, 1-23. [https://doi.org/10.1016/0301-2115\(96\)02509-2](https://doi.org/10.1016/0301-2115(96)02509-2)
- Lewis, M., Sullivan, M.W., & Brooks-Gunn, J. (1985). Emotional behaviour during the learning of a contingency in early infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 3(3), 307-316. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.1985.tb00982.x>
- Lockman, J.J., Ashmead, D.H., & Bushnell, E.W. (1984). The development of anticipatory hand orientation during infancy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 37(1), 176-186. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90065-1](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90065-1)
- Marshall, P.J. & Meltzoff, A.N. (2015). Body maps in the infant brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(9), 499-505. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.06.012>
- Marx, V. & Nagy, E. (2015). Fetal behavioural responses to maternal voice and touch. *PLoS One*, 10(6), e0129118. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129118>
- Mast, V.K., Fagen, J.W., Rovee-Collier, C.K., & Sullivan, M.W. (1980). Immediate and long-term memory for reinforcement context: the development of learned expectancies in early infancy. *Child Development*, 51(3), 700. <https://doi.org/10.2307/1129455>
- McKirdy, L.S. & Rovee, C.K. (1978). The efficacy of auditory and visual conjugate reinforcers in infant conditioning. *Journal of Experimental Child Psychology*, 25, 80-89.
- Meltzoff, A.N., Ramirez, R.R., Saby, J.N., Larson, E., Taulu, S., & Marshall, P.J. (2018). Infant brain responses to felt and observed touch of hands and feet: A MEG study. *Developmental Science*, 21(5), e12651. <https://doi.org/10.1111/desc.12651>
- Meltzoff, A.N., Saby, J.N., & Marshall, P.J. (2018). Neural representations of the body in 60-day-old human infants. *Developmental Science*, e12698. <https://doi.org/10.1111/desc.12698>
- Munakata, Y., McClelland, J.L., Johnson, M.H., & Siegler, R.S. (1997). Rethinking infant knowledge: Toward an adaptive process account of successes and failures in object permanence tasks. *Psychological Review*, 104(4), 686-713. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.104.4.686>
- Myowa-Yamakoshi, M. & Takeshita, H. (2006). Do human fetuses anticipate self-oriented actions? a study by four-dimensional (4d) ultrasonography. *Infancy*, 10(3), 289-301. https://doi.org/10.1207/s15327078in1003_5
- Neisser, U. (1991). Two perceptually given aspects of the self and their development. *Developmental Review*, 11, 197-209.
- O'Regan, J.K. (2011). *Why Red Doesn't Sound Like a Bell: Understanding the Feel of Consciousness*. Oxford: Oxford University Press.
- Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Piontelli, A. (2010). *Development of Normal Fetal Movements: The First 25 Weeks of Gestation*. Springer.
- Reissland, N., Francis, B., Aydin, E., Mason, J., & Schaal, B. (2014). The development of anticipation in the fetus: A longitudinal account of human fetal mouth movements in reaction to and anticipation of touch: The development of anticipation in the fetus. *Developmental Psychobiology*, 56(5), 955-963. <https://doi.org/10.1002/dev.21172>

- Reissland, Nadja, Francis, B., Buttanshaw, L., Austen, J.M., & Reid, V. (2016). Do fetuses move their lips to the sound that they hear? An observational feasibility study on auditory stimulation in the womb. *Pilot and Feasibility Studies*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40814-016-0053-3>
- Rochat, P. & Goubet, N. (2000). Connaissance implicite du corps au début de la vie. *Enfance*, 53(3), 275-285. <https://doi.org/10.3406/enfan.2000.3184>
- Rochat, P., Goubet, N., & Senders, S.J. (1999). To reach or not to reach? Perception of body effectivities by young infants. *Infant and Child Development*, 8(3).
- Rochat, P. & Hespos, S.J. (1997). Differential rooting response by neonates: Evidence for an early sense of self. *Infant and Child Development*, 6(3-4), 105-112.
- Rochat, P. & Morgan, R. (1998). Two functional orientations of self-exploration in infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 16, 139-154.
- Rochat, P. & Striano, T. (1999). Emerging self-exploration by 2-month-old infants. *Developmental Science*, 2(2), 206-218. <https://doi.org/10.1111/1467-7687.00069>
- Rovee, C.K. & Rovee, D.T. (1969). Conjugate reinforcement of infant exploratory behavior. *Journal of Experimental Child Psychology*, 8(1), 33-39.
- Rovee-Collier, C.K., Morrongiello, B.A., Aron, M., & Kupersmidt, J. (1978). Topographical response differentiation and reversal in 3-month-old infants. *Infant Behavior and Development*, 1, 323-333. [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(78\)80044-7](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(78)80044-7)
- Saby, J.N., Meltzoff, A.N., & Marshall, P.J. (2015). Neural body maps in human infants: Somatotopic responses to tactile stimulation in 7-month-olds. *NeuroImage*, 118, 74-78. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.097>
- Sargent, B., Reimann, H., Kubo, M., & Fetters, L. (2015). Quantifying learning in young infants: tracking leg actions during a discovery-learning task. *Journal of Visualized Experiments*, (100). <https://doi.org/10.3791/52841>
- Sargent, B., Schweighofer, N., Kubo, M., & Fetters, L. (2014). Infant exploratory learning: influence on leg joint coordination. *PLoS One*, 9(3), e91500. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091500>
- Schaal, B., Delaunay-El Allam, M., & Soussignan, R. (2008). Emprises maternelles sur les goûts et les dégoûts de l'enfant : Mécanismes et paradoxes. *Enfance*, 60(3), 219. <https://doi.org/10.3917/enf.603.0219>
- Schaal, B., Hummel, T., & Soussignan, R. (2004). Olfaction in the fetal and premature infant: Functional status and clinical implications. *Clinics in Perinatology*, 31(2), 261-285. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2004.04.003>
- Sim, Z.L. & Xu, F. (2017). Infants preferentially approach and explore the unexpected. *British Journal of Developmental Psychology*, 35(4), 596-608. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12198>
- Siqueland, E.R. & Delucia, C.A. (1969). Visual reinforcement of nonnutritive sucking in human infants. *Science*, 165(3898), 1144-1146.
- Somogyi, E., Jacquey, L., Heed, T., Hoffmann, M., Lockman, J.J., Granjon, L., et al. (2018). Which limb is it? Responses to vibrotactile stimulation in early infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 36(3), 384-401. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12224>
- Soska, K.C., Galeon, M.A., & Adolph, K.E. (2012). On the other hand: Overflow movements of infants' hands and legs during unimanual object exploration. *Developmental Psychobiology*, 54(4), 372-382. <https://doi.org/10.1002/dev.20595>

- Stahl, A.E. & Feigenson, L. (2015). Observing the unexpected enhances infants' learning and exploration. *Science*, 348(6230), 91-94. <https://doi.org/10.1126/science.aaa3799>
- Thelen, E. (1994). Three-month-old infants can learn task-specific patterns of interlimb coordination. *Psychological Science*, 5(5), 280-285.
- Thomas, B.L., Karl, J.M., & Whishaw, I.Q. (2015). Independent development of the Reach and the Grasp in spontaneous self-touching by human infants in the first 6 months. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01526>
- Tiernan, C.W. & Angulo-Barroso, R.M. (2008). Constrained motor-perceptual task in infancy: effects of sensory modality. *Journal of Motor Behavior*, 40(2), 133-142. <https://doi.org/10.3200/JMBR.40.2.133-142>
- Van der Meer, A.L. (1997). Keeping the arm in the limelight: Advanced visual control of arm movements in neonates. *European Journal of Paediatric Neurology*, 1(4), 103-108. [https://doi.org/10.1016/S1090-3798\(97\)80040-2](https://doi.org/10.1016/S1090-3798(97)80040-2)
- Van der Meer, A., Van der Weel, F., & Lee, D. (1995). The functional significance of arm movements in neonates. *Science*, 267(5198), 693-695. <https://doi.org/10.1126/science.7839147>
- Van der Meer, A., Van der Weel, F., & Lee, D.N. (1996). Lifting weights in neonates: Developing visual control of reaching. *Scandinavian Journal Of Psychology*, 37(4), 424-436.
- Varela, F.J., Thompson, E., & Rosch, E. (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press.
- Wang, Q., Bolhuis, J., Rothkopf, C.A., Kolling, T., Knopf, M., & Triesch, J. (2012). Infants in control: rapid anticipation of action outcomes in a gaze-contingent paradigm. *PloS One*, 7(2), e30884. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030884>
- Watanabe, H. & Taga, G. (2006). General to specific development of movement patterns and memory for contingency between actions and events in young infants. *Infant Behavior and Development*, 29(3), 402-422. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2006.02.001>
- Watson, J.S. (1972). Smiling, cooing, and "the game". *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, 18(4), 323-339.
- White, B.L., Castle, P., & Held, R. (1964). Observations on the development of visually-directed reaching. *Child Development*, 35(2), 349-364.
- Zaadnoordijk, L., Meyer, M., Zaharieva, M., Kemalasari, F., Van Pelt, S., & Hunnius, S. (2020). From movement to action: an EEG study into the emerging sense of agency in early infancy. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 100760.
- Zoia, S., Blason, L., D'Ottavio, G., Bulgheroni, M., Pezzetta, E., Scabar, A., & Castiello, U. (2007). Evidence of early development of action planning in the human foetus: a kinematic study. *Experimental Brain Research*, 176(2), 217-226. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0607-3>