

Le développement psychomoteur

Annabelle Miermon, Céline Benois-Marouani, Marianne ´ Jover

▶ **To cite this version:**

Annabelle Miermon, Céline Benois-Marouani, Marianne ´ Jover. Le développement psychomoteur. Manuel d'enseignement de psychomotricité :- Tome1 : Concepts fondamentaux, pp.25 - 82, 2011, Psychomotricité, 978-2-35327-129-0. hal-02479358

HAL Id: hal-02479358
https://hal.science/hal-02479358

Submitted on 14 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Miermon, A., Benois, C. & Jover, M. (2011). Le développement psychomoteur. In P., Scialom, F., Giromini et J-M Albaret (Eds), *Manuel d'enseignement de psychomotricité* (pp.25-82). Marseille : Solal.

Chapitre 2 : Le développement psychomoteur

Annabelle Miermon, Céline Benois-Marouani et Marianne Jover

L'intervention du psychomotricien est guidée par un ensemble de représentations conceptuelles de l'enfant, de son développement et des processus qui sous-tendent le développement et les pathologies. Concevoir la possibilité d'agir sur le développement psychomoteur d'un enfant et sa pathologie suppose d'en avoir une connaissance préalable, tant dans sa nature que dans les voies d'entrée dont le psychomotricien dispose pour tenter d'en modifier la trajectoire, d'en stimuler l'évolution et/ou d'en compenser les manques.

Le développement psychomoteur est un phénomène complexe qui doit être compris pour pouvoir servir de référence, tout particulièrement dans les cas où il est atypique et/ou troublé. C'est pourquoi, nous pensons qu'il est judicieux d'identifier le patrimoine culturel qui est le nôtre et de comprendre l'évolution des premières descriptions et théories du développement psychomoteur jusqu'à nos jours. C'est au prix de cette lucidité intellectuelle que nous pourrons guider notre action de praticien mais, aussi et surtout, la réflexion que nous devons nourrir au sujet de notre pratique et de ses effets.

Définitions et approches théoriques

Définition du développement

Le développement fait référence au changement. L'étude du développement consiste à comprendre la façon dont le sujet fonctionne à un âge déterminé ou à un moment de sa vie. Les modifications du fonctionnement au cours du développement sont aussi fondamentales car il s'agit de comprendre les mécanismes qui déclenchent ou qui permettent le changement tels que la maturation, l'expérience, les stimulations, le désir…

Le développement, envisagé comme le changement dans le fonctionnement de l'individu au cours du temps, est actuellement étudié sur une échelle de temps qui couvre l'intégralité de l'existence, de la conception jusqu'à la mort. Ces conceptions « *life span* » du développement sont importantes car elles traduisent le fait que le changement est présent tout au long de la vie. Cette perspective permet d'aborder des questions aussi variées que la nature et les modalités des interactions entre facteurs innés et environnementaux au cours de l'ontogénèse, les relations existant entre les différentes périodes de la vie de la personne ou encore la façon dont les différences de culture et/ou de milieu social agissent sur la trajectoire développementale des individus.

Les champs d'étude du développement sont nombreux : développement biologique, du corps et des cellules, développement psychomoteur, développement cognitif, développement social et développement affectif. Nous voudrions, dans cette introduction, défendre l'idée que le développement de l'individu résulte de l'interaction entre les différents domaines du développement. Il est donc fondamental que le psychomotricien ne se centre pas sur un seul domaine du développement pour ne pas amputer sa compréhension des phénomènes qu'il observe.

Il est enfin important de souligner la nuance à faire entre le développement et l'apprentissage. Si le développement semble renvoyer à un processus relativement spontané et endogène, ce n'est pas le cas de l'apprentissage. Ce dernier terme est généralement employé pour les acquisitions reposant sur des processus actifs et conscients la plupart du temps (imitation, essai, observation, répétition). La différence entre ces deux processus de changement est plus ou moins abordée selon les auteurs. Pour Vygotsky (1997), l'apprentissage donne naissance, réveille et anime chez l'enfant toute une série de processus de développement internes qui, à un moment donné, ne lui sont accessibles que dans le cadre de la communication avec l'adulte et de la collaboration avec les camarades, mais qui, une fois intériorisés, deviendront une conquête propre de l'enfant. Apprentissage et développement sont donc intimement lies. Ce lien a été théorisé par Vygotsky au moyen de la notion de zone proximale de développement. Ce terme traduit la distance entre le niveau de développement d'un enfant et sa capacité potentielle d'apprentissage à un moment donné de sa vie ; autrement dit la distance séparant les réalisations d'un enfant lorsqu'il est seul face à une tâche et ses réalisations lorsqu'il est guidé par un adulte.

Pour cet auteur, « les processus du développement ne coïncident pas avec ceux de l'apprentissage mais suivent ces derniers » (Vygotski, 1933/1985, p. 114).

Données historiques sur le développement psychomoteur

On peut distinguer sommairement deux types d'influences qui ont nourri les connaissances sur le développement psychomoteur en Occident : d'un côté l'histoire de l'évolution du statut d'enfant et de la théorisation du développement, de l'autre, l'histoire de la pathologie psychomotrice (Dumas, 1999) qui, en premier lieu, a fondé la psychomotricité. Cette dernière a en effet croisé sur son chemin des influences multiples allant de la pathologie neurologique et psychiatrique à la psychosociologie en passant par la psychanalyse et le comportementalisme.

Dès l'Antiquité (IV^{ème} millénaire avant J.-C. - V^{ème} siècle), l'enfant est perçu comme un sujet ayant une place au sens politique du terme (Becchi et Julia 1996, 1998). Son éducation est considérée à part entière dans le processus social. Les historiens notent toutefois des différences selon les lieux et les époques, mais également selon les âges des enfants (Ariès, 1960). Si l'éducation, l'action de la société sur le sujet est envisagée, la conceptualisation du développement est peu présente. A partir du Moyen-Âge (500 - 1500 après J.-C. environ), les préoccupations sur l'enfance restent d'ordre éducatif mais se tournent vers l'avenir scolaire et professionnel des enfants. Ce regard sur l'enfant comme un être en construction est toutefois très inégalement réparti dans une époque instable et aux écarts importants au sein de la population. Toutefois, dans certaines régions, les conditions socio-économiques ne permettent pas l'accompagnement éducatif et scolaire et de nombreux enfants travaillent dès l'âge de 7 ans. La Renaissance (16ème - 18ème siècle) est marquée par un regain d'intérêt pour la sphère éducative et les premières approches développementales apparaissent, postulant qu'« on ne naît pas homme, on le devient » (*De pueris instituendis*, Érasme ; Lehalle, 2006). Parallèlement, les premières approches naturalistes apparaissent fin du 18ème, début du 19ème siècle et l'éducation tient compte des « tendances naturelles » que l'enfant doit pouvoir exprimer, qu'il ne faut pas contrarier par des modèles sociétaux, tout en maintenant la place de l'éducation par la déduction et/ou l'expérience qu'on qualifierait aujourd'hui de sensori-motrice et cognitive. Ainsi, Rousseau en 1762 propose avec «*Émile ou De l'éducation*» un

ouvrage pédagogique donnant à découvrir l'enfance au travers de cinq tranches d'âge : la petite enfance, l'enfance (de 5 à 12 ans), l'adolescence (de 12 à 15 ans), la fin de l'adolescence et l'âge adulte. C'est une époque où l'enfant en développement devient un sujet d'étude mais toujours dans le but d'améliorer les pratiques éducatives. Les conditions socio-économiques s'améliorent du fait de la (r)évolution industrielle et des progrès médicaux. Les enfants sont libérés progressivement des contraintes et des responsabilités qu'ils avaient dans l'organisation sociale et la survie de la communauté. Une politique de l'enfance se dessine : vaccinations, réglementation du travail, scolarisation obligatoire, etc. Ces décisions, prises à l'échelle de la nation, mettent en évidence l'existence de différences inter-individuelles et un panorama des besoins et capacités, mais aussi des limites et des vulnérabilités de l'enfant (premières traces de quantifications sur des cohortes - taille, poids, périmètre crânien, etc. -). Avec les travaux de Darwin (1859), les connaissances sur l'évolution des espèces (développement phylogénétique) mais aussi sur le développement de l'individu (développement ontogénétique) progressent au 19ème siècle et viennent étayer la conception de l'enfant comme étant un individu ayant un développement spécifique. L'intérêt de cet apport réside dans le fait que la succession des étapes n'est pas le seul aspect abordé : les chercheurs de cette époque pensent aussi le développement en termes de nature et de détermination des changements à l'œuvre au cours du développement. Les débats entre naturalistes et empiristes s'intensifient et l'on s'interroge sur la nature des évolutions observées au cours du développement.

Les premiers spécialistes ont commencé à étudier le développement psychomoteur et psychologique des enfants sous forme de monographies, des descriptions précises du développement d'un enfant par un observateur, souvent son père. Avec les progrès réalisés en statistiques, à la fin du 19ème siècle, l'utilisation d'échantillons d'enfants se généralise avec la mise en place d'études extensives sur des cohortes plus larges d'enfants. Celles-ci permettent de se défaire du manque d'objectivité de la méthode monographique ou de petits échantillons. Des travaux descriptifs et normatifs du développement psychomoteur sont alors réalisés. C'est ainsi que Gesell (1880-1961) psychologue et médecin américain réalise ses premiers films d'observations en 1924, puis établit en 1938 un inventaire du développement moteur afin d'évaluer un quotient de développement et de déviances, inventaire adapté en France par Odette Brunet et Irène Lézine en 1951. Nancy Bayley propose également

en 1936 une échelle de développement des habiletés motrices de 0 à 3 ans sur la base d'observations monographiques de 61 enfants. Peu à peu, l'étude du développement moteur s'est également distinguée des études sur le développement psychologique. Ainsi, il faudra attendre 1965 pour que l'échelle de développement de Brunet et Lézine, qui porte sur 4 domaines de développement (Coordination oculo-manuelle, Posture, Socialisation et Langage) soit nommée « Échelle de développement psychomoteur » plutôt que « Échelle de développement psychologique ». On voit ici que le développement psychomoteur est devenu très tardivement un sujet d'étude à part entière.

Concepts clés dans l'étude du développement psychomoteur

Les débats théoriques autour du développement, de ses déterminants, de la nature et de la progression des changements observés ont été nombreux. Certains d'entre eux sont récurrents et méritent que l'on s'y attarde un peu pour mieux saisir les problématiques liées au développement psychomoteur.

L'inné et l'acquis

En philosophie, la contribution de l'inné (Rousseau) et de l'acquis (Locke) dans la détermination des caractéristiques individuelles, qu'elles soient psychomotrices ou psychologique a souvent été discutée.

Dans la perspective innéiste, le déroulement des changements développementaux moteurs suit un ordre immuable, conditionné soit par le développement corporel (musculaire et osseux), soit par le développement cérébral programmé avant la naissance. Au concept de développement se substitue souvent le concept de maturation. Maturation et innéisme insistent sur l'importance des facteurs endogènes, notamment la maturation du système nerveux central et périphérique et le caractère inné de cette maturation, comme responsables du développement.

Piaget (psychologue suisse, 1896-1980), pour sa part, développe un modèle constructiviste du développement. Il s'intéresse à la mise en place du savoir, par le sujet, sous formes de structures mentales. Il postule que le bébé (puis l'enfant) construit ces structures activement, par le biais de conduites sensori-motrices. Il

introduit un début de rupture conceptuelle avec le maturationisme en insistant sur le rôle fondamental de l'activité de l'enfant dans son développement.

Le développement psychomoteur n'est pas le seul résultat de la maturation du système nerveux central (SNC), aboutissant à des compétences innées et des stades de développement progressifs et déterminés génétiquement. Il n'est pas non plus une succession d'expériences sensori-motrices permettant une construction intellectuelle. Il est la résultante d'interactions circulaires entre compétences perceptives présentes très précocement d'une part et sollicitation de l'environnement et productions motrices ultérieures d'autre part. Le développement est perceptivo-moteur.

Continuité et discontinuité développementale : la notion de stade

La question de la forme du développement est souvent abordée dans les théories développementales : continu ou discontinu. Ce débat porte sur la nature des changements observés au cours du développement. Le développement est considéré comme continu lorsqu'il est conçu comme le résultat de modifications quantitatives. On entend par là que le développement résulte de l'accumulation de changements. Inversement, le développement est considéré comme discontinu si le développement procède par changements qualitatifs.

C'est ainsi que le concept de « stade de développement » s'est progressivement imposé dans la littérature dès la fin du 19ème siècle (Lehalle, 2006). Il semblerait que les 1ers utilisateurs de cette notion mal définie l'aient fait dans le but de décrire la chronologie du développement : celui-ci se déroule dans le temps et en décrire la chronologie par stade fut capital à la reconnaissance et la validation de l'existence de la notion de développement. Mais par la suite, les auteurs, surtout des psychologues, ont tenté d'interpréter le développement par le biais de la notion de stade. De nombreux auteurs ont eu recours à cette notion sans que l'on en saisisse toujours l'objectif : s'agit-il d'une modélisation théorique décrivant les produits observables du développement psychomoteur, voire des acquisitions psychomotrices regroupées par tranche d'âge ; ou bien s'agit-il de processus responsables des changements développementaux visibles ? Piaget et Wallon notamment, se sont penchés sur l'explicitation des liens existants entre deux stades. L'un, Piaget favorise une approche continue : les changements sont progressifs, successifs et pourtant

amènent un changement de nature dans la progression observée (ils amènent la construction cognitive). Ceci sera très fortement illustré (et repris par divers auteurs) dans les acquisitions du stade sensori-moteur qui construisent les structures cognitives par le biais des explorations sensorimotrices. Piaget sera d'ailleurs critiqué pour cela par les post-piagétiens. Ceux-ci (Lécuyer, 2004) mettront à jour des capacités perceptives et cognitives très précoces chez le nourrisson, bien avant l'apparition de certaines conduites sensori-motrices, allant jusqu'à invalider la notion même de stades (piagétiens ou non) ; l'autre, Wallon, favorise une approche discontinue du développement avec l'interprétation selon laquelle le passage d'un stade à l'autre se fait sous forme de « crise », permettant une alternance entre centration des préoccupations développementales sur l'individu d'une part et centration sur le monde extérieur et les échanges d'autre part. Mais les auteurs dans leur ensemble peinent à mettre à jour des lois générales de développement par stade qui expliqueraient les processus du développement dans tous les domaines. La généralisation de l'utilisation de « stade » reste donc problématique et ne permet pas de comprendre le développement dans sa globalité.

« Age », « période », « stade », « étape », « phase », « niveau » etc., Osterrieth en 1955 recense « 18 systèmes de stades qu'il a analysés » aboutissant à « 61 périodes de développement … » !

« Passage », « glissement », « progression », « régression », « réorganisation » : là encore, la terminologie pour dénommer les processus entre 2 stades abonde mais aucune de ces lois ne rend compte du développement en général et elles ne s'appliquent qu'à un domaine de fonctionnement du développement ou qu'à un auteur.

Au final, le recours à la notion de stade permet plutôt de fournir des principes de classification beaucoup plus que des principes explicatifs des mécanismes du développement. Le symposium de l'APSLF (Association de Psychologie Scientifique de Langue Française) appelé « Le problème des stades en psychologie génétique » en 1955 soulève la question et Piaget conclut à « l'absence pour le moment, de (tels) stades généraux ». Et de rappeler l'attention qu'il faut accorder aux variations interindividuelles à l'intérieur d'un même stade, ce qu'il nommera les décalages horizontaux.

Développement moteur et développement perceptif

L'observation du développement des premiers mois de vie du bébé est restée longtemps celle des seules manifestations motrices. Le nourrisson n'est alors pas considéré comme un être émissif ou doué de capacités à percevoir l'environnement, il ne peut que réagir, de façon stéréotypée et désordonnée aux stimulations qui l'assaillent. La méthode de l'observation du développement privilégiée à cette époque correspond aux moyens contemporains disponibles. Peu à peu, l'étude du développement moteur va se doter de méthodes spécifiques et fines permettant de mieux appréhender les compétences précoces et les mécanismes du développement.

Dans les années 1980, des technologies modernes et des paradigmes de recherche permettent de mettre en évidence l'étendue des compétences perceptives et cognitives des nouveaux nés et des bébés (Lecuyer, 2004 ; Lecuyer, Stréri & Pêcheux, 1996). La méthodologie a permis de comprendre en partie le fonctionnement perceptivo-moteur sans avoir à interroger ce bébé encore privé de langage. Les théories du développement doivent alors intégrer des données sur les capacités sensorielles, perceptives et cognitives considérables qui sont beaucoup plus nombreuses, complexes et précoces qu'envisagé précédemment. Ces dernières précèdent donc, dans leur apparition, les capacités motrices traditionnellement utilisées pour les mettre en évidence. C'est par exemple le cas pour la permanence de l'objet. Cette compétence perceptive permet à l'individu de considérer qu'un objet existe et continue d'exister lorsqu'il ne le perçoit pas. Piaget (1937) avait observé, que malgré leur capacité à retirer un tissu sous lequel un objet intéressant est caché, les enfants du sous-stade 4 du stade sensori-moteur, âgés donc de 8 à 12 mois, commettaient des erreurs lorsqu'ils recherchaient un objet caché successivement sous deux caches différents (erreur A non B). Il a fallu attendre les travaux de Baillargeon (1987, 2004), basés sur le paradigme de réaction à l'évènement impossible pour montrer que dès 2,5 mois, le bébé est « surpris » qu'un objet caché derrière un cache mobile ne perturbe pas la trajectoire de celui-ci ; il fixe alors très intensément le dispositif qui lui est présenté. Le bébé serait donc capable de comprendre le monde physique avant de pouvoir agir sur celui-ci, perspective inverse à ce que Piaget concevait. La question du développement moteur est donc revisitée sous la forme suivante : de quelle façon et dans quelle proportion ces

compétences perceptives précoces contribuent-elles au développement de conduites motrices ultérieures ?

La réponse à cette question est infiniment complexe comme le suggèrent les deux exemples suivant. Tout d'abord, les travaux de recherche montrent qu'il y a un décalage entre la perception des caractéristiques des objets et le développement de la préhension (Corbetta 1999). Malgré des compétences perceptivo-visuelles précoces chez des bébés de 2 à 3 mois et notamment, la capacité à discriminer des objets de dimensions différentes ou à les reconnaître quelle que soit leur orientation spatiale (Slater et al., 1990 ; Bower, 1966), le bébé ne met pas à profit ces connaissances dans l'organisation de sa préhension. Celui-ci adapte son geste de préhension, par anticipation en fonction de l'objet, de sa dimension ou de son orientation, entre 6 et 13 mois selon les études (Newell, Scully, McDonald & Baillargeon, 1989 ; von Hofsten & Rönnqvist, 1988).

Spelke (1995, 2004), leader du mouvement nativiste, propose une explication pour ces décalages entre capacités perceptives et contrôle de l'action. Perception et action motrice seraient gérées par des systèmes de représentations différents : il y aurait un système représentationnel pour guider la recognition d'objets et un système représentationnel pour guider l'action. Cette hypothèse ne nous permet toutefois pas de répondre à la question : comment une compétence perceptive très précoce peut-elle s'actualiser au travers d'une conduite motrice ultérieure ?

Linéarité et non-linéarité du développement : la question des régressions

La forme du développement en termes de linéarité ou de non-linéarité est également un objet d'échanges et de débats. Le développement procède-t-il par une amélioration progressive et continuelle des performances, ou comprend-il des régressions momentanées ? Cette question est le corollaire des méthodes d'étude du développement utilisées. En effet, les recherches ayant recours à des cohortes d'enfants et à une méthode transversale d'analyse des résultats tendent généralement à montrer que le développement est linéaire et que, par exemple, le contrôle postural s'améliore progressivement au cours de l'enfance. Les chercheurs se sont plus récemment astreint à valider par des approches longitudinales des analyses réalisées préalablement sur des enfants de groupes d'âges différents. Dans

ce cas, les résultats montrent souvent que les trajectoires individuelles présentent très souvent des régressions, préalablement masquées par la méthode transversale.

L'exemple du passage de la bimanualité à l'unimanualité permet d'illustrer la question de la régression ou de la non-linéarité du développement psychomoteur. Au cours du développement, la mise en place de conduites motrices bimanuelles s'installe aux alentours de 3 mois, à la suite de la disparition progressive du réflexe asymétrique du cou, laquelle permet une posture symétrique du corps et favorise probablement une utilisation des deux bras (Fagard, 2001). Les conduites motrices unimanuelles apparaissent ensuite avec la stabilisation de la station assise entre 5-6 mois et 11-12 mois environ. Curieusement, vers la fin de la première année survient un retour à des conduites non différenciées, bimanuelles, dans les mouvements d'approche et de préhension d'objets. Cette alternance entre unimanualité et bimanualité représente du point de vue théorique un intérêt particulier pour notre propos et nous l'approfondirons dans le chapitre suivant.

Approches théoriques du développement psychomoteur

Nous avons vu plus haut que la compréhension du développement repose sur celle des mécanismes qui l'induisent, que nous pourrions appeler les facteurs de développement, et sur la façon dont ces changements se déroulent, ce que nous pourrions appeler les mécanismes du développement. La connaissance des âges de développements psychomoteurs, présenté dans le présent chapitre, sous le terme de repères développementaux, ne permet en aucun cas de penser, ni de comprendre le développement d'un enfant, qu'il soit typique ou atypique. En revanche, nous défendons l'idée que rattacher les repères développementaux à des modèles théoriques permet de fournir des cadres de compréhension aux particularités développementales individuelles et au développement troublé (Rivière, 2004). La présentation rapide des modèles que nous proposons est organisée de façon chronologique et nous nous sommes limités aux théories contemporaines. Ces théories doivent être distinguées par leur façon d'envisager les facteurs et mécanismes de développement.

Le maturationisme et l'accent sur les facteurs endogènes

L'approche maturationiste est directement issue d'une perspective essentiellement médicale du développement. Arnold Lucius Gesell en est le théoricien le plus connu. Le développement psychomoteur est identifié à la croissance des systèmes biologiques : muscle et système nerveux. La maturation est le principal facteur de développement, c'est un facteur intrinsèque, endogène. Tout particulièrement au début de la vie, le développement est prédéterminé génétiquement et les changements développementaux suivent un ordre immuable. Le développement psychomoteur est envisagé comme une accumulation séquentielle de performances sur laquelle les facteurs environnementaux ont une influence minime (Gesell, 1929 ; Illingworth, 1978).

De ce point de vue, la maturation corticale permet que le mouvement, tout d'abord réflexe et inorganisé, devienne coordonné du fait de l'influence inhibitrice du cortex. Le développement tonique suit inexorablement les lois de développement céphalo-caudale et proximo-distale (voir encadré ci-dessous). C'est seulement à partir de 3 mois que le milieu commence à influencer le développement en apportant des expériences et des apprentissages, même si ceux-ci ne jouent que sur la qualité des acquisitions fonctionnelles (Saint-Anne d'Argassies, 1982). Les compétences psychomotrices sont alors, au même titre que les réflexes, considérées comme un témoin de la maturation. Gesell a ainsi codifié des normes de développement et standardisé des tests simples et évolutifs précisant les âges d'apparition des acquisitions. De nombreux tests et échelles de développement sont issues de cette perspective, et fournissent une norme de développement souvent bien utile au praticien (test de Brunet-Lézine, Josse, 1997 ; test de développement fonctionnel moteur, Vaivre Douret, 1997).

Les lois de développement céphalocaudal et proximo-distal

A la fin du XIX^{ième} et au début du XX^{ième} siècle, les chercheurs se sont particulièrement attachés à déterminer des lois générales sur l'organisation du développement moteur. Ces lois devaient refléter l'influence de la maturation, mécanisme par essence prédéterminé génétiquement. Les recherches portèrent à la fois sur des enfants, des animaux et des fœtus. Les résultats de ces recherches ont conduit à postuler l'existence de deux lois de développement générales (Coghill, 1929, Gesell et Amatruda, 1945) : la loi céphalo-caudale et la loi proximo-distale.

Selon la loi céphalo-caudale, la maturation se fait à partir de la tête et en direction des pieds, ou la queue chez l'animal. De ce point de vue, l'acquisition de la station debout est un processus graduel qui nécessite que l'enfant passe successivement par des étapes ordonnées de maintien de la tête, puis du tronc, puis du bassin, puis des jambes. De la même façon, le contrôle des membres supérieurs précède celui des membres inférieurs. La loi proximo-distale énonce que la maturation se fait à partir de la tête et du tronc, vers les épaules, les bras, et finalement les mains et les doigts. La progression suit la même logique pour les membres inférieurs.

Ces lois concernent à la fois, selon les auteurs et les définitions, le développement morphologique, le développement de la myélinisation, du tonus, les réactions posturales ou encore le développement du contrôle moteur. Si les échelles de développement psychomoteur tendent à conforter ces lois, il existe en réalité peu de recherche en vérifiant l'existence et les principes qui les sous-tendent. Les travaux contemporains confirment la loi céphalo-caudale (Woollacott et al., 1987) mais peinent à vérifier la loi de développement proximo-distale (McBryde et Ziviani, 1990).

Les travaux conduits par Gesell et ses collaborateurs ont eu une importance fondamentale pour la rigueur des observations (Gesell, 1954). Cette perspective rencontre cependant des difficultés à interpréter l'influence précoce de l'environnement sur certains aspects du développement (Mellier, 1993 ; Jover, 2000).

La culture, l'environnement social, des facteurs exogènes du développement

Henri Wallon (1879-1962), Lev Semenovitch Vygotsky (1896-1934) et plus tard Jérôme Bruner (1915-) ont développé des théories du développement psychologique faisant une place large à l'environnement social. Sans entrer dans le détail de chacune de ces théories, nous proposons ici d'envisager des exemples permettant d'illustrer la fonction de l'environnement social dans le développement.

Pour Wallon (1934, 1942, 1945), que les psychomotriciens évoquent souvent, les facteurs de développement biologiques et sociaux sont nécessaires, complémentaires et inséparables. Le développement de l'enfant est conçu comme résultant des interactions entre les contraintes neurobiologiques de la maturation et les conditions sociales de relation. Le facteur biologique est responsable de la maturation du système nerveux central et le facteur social gère l'interaction entre

l'enfant et le milieu. Wallon souhaite théoriser le développement de l'enfant dans ses composantes biologiques, affectives, sociales et culturelles. Il propose un modèle du développement de la personne en six stades de la naissance à l'adolescence (tableau 1). Au cours de celui-ci, l'enfant passe successivement par des phases où l'affectivité prédomine et des phases où c'est l'intelligence (loi de prépondérance, loi d'alternance fonctionnelle). Selon le stade de développement, l'enfant se tourne vers le monde (orientation centrifuge) et la construction de l'intelligence prime ou bien au contraire il se centre sur lui-même (orientation centripète) et la construction de la personne prime. Les stades à dominante centrifuge et centripète se succèdent alternativement et la loi d'intégration fonctionnelle fait que chaque stade intègre les fonctions des stades précédents.

Stade	Age	Orientation	Caractéristiques
Stade impulsif	0 -3/6 mois	centrifuge	désordre gestuel, fusion émotionnelle
Stade émotionnel	3-12 mois	centripète	reconnaissance dans le miroir, différentiation émotionnelle
Stade sensori-moteur et projectif	1-3 ans	centrifuge	intelligence pratique puis discursive, début d'individuation
Stade du personnalisme	2-6 ans	centripète	différentiation moi autrui
Stade catégoriel, stade de la personnalité polyvalente	6-11 ans	centrifuge	représentation abstraite
Stade de l'adolescence	à partir de 11 ans	centripète	achèvement de la construction de la personnalité

Tableau 1 : Synthèse des stades de développement selon Wallon

Si les psychomotriciens apprécient tant cet auteur, c'est qu'il a considéré le corps comme le support des premières interactions de l'enfant avec son environnement social. Par exemple, l'émotion du bébé est identifiée par l'environnement à partir de son tonus et de son activité motrice ; desquels elle se différencie ensuite progressivement. Les émotions constituent donc les premiers échanges entre le

bébé et sa mère car le bébé maîtrise rapidement ce moyen d'expression. Les interactions précoces entre la mère et l'enfant permettraient à celui-ci de prendre conscience de lui, grâce à l'Autre, ce qui fait de l'homme un être social avant tout. Motricité et émotion constituent donc des éléments centraux de cette théorie du développement[1].

Pour Vygotsky, l'influence de l'environnement se réalise au travers des interactions sociales, du langage et de l'affectivité. La « loi génétique générale du développement culturel » implique que « dans le développement de l'enfant, toute fonction apparaît deux fois ou dans deux niveaux différents. Dans un premier temps, elle apparaît au niveau social, et dans un deuxième temps, au niveau psychologique. […] Derrière toutes les fonctions supérieures et ses relations, il y a, génétiquement, des relations sociales, des véritables relations entre personnes. » (Vygotski, 1933, p. 91). Le développement est donc un processus dialectique qui va du niveau interindividuel au niveau intraindividuel.

Enfin, Bruner s'est orienté dans une direction comparable en avançant que la pensée humaine provient des interactions entre les structures mentales de l'individu et la culture dans laquelle il évolue. L'enfant est « un être social, tourné d'emblée et prioritairement vers autrui ». C'est activement qu'il construit ses connaissances, en prenant appui sur son environnement : les relations interpersonnelles, relations entre pairs et relations de tutelle avec l'éducateur ou les parents sont au cœur du processus d'apprentissage. Dès les premiers mois, le bébé acquiert des routines, des formats d'interaction qu'il définit comme des épisodes interactifs standardisés, microcosmes régit par des règles dans lequel l'adulte et l'enfant échangent (Bruner, 1984, p. 22). Ces formats, observables dans des situations quotidiennes et routinières de soins, de repas, ou de jeux (coucou-caché) préfigurent l'alternance de la prise de parole dans une conversation et vont aider l'enfant à acquérir des capacités à interagir avec son environnement culturel. En développant des concepts comme la relation de tutelle et l'étayage dans les apprentissages, Bruner a mis en

[1] Les travaux menés notamment par Rochat *et al.* (2006) sur le développement de la conscience de soi indiquent que la théorie de Wallon est obsolète pour ce qui concerne le développement de la distinction soi-autrui. Nous tenons toutefois à maintenir sa présentation comme un exemple de modèle intégrant des déterminants biologiques et sociaux du développement.

évidence le caractère déterminant de l'aide que peut apporter l'adulte à l'enfant en développement.

Ces théories ne ciblent pas aussi spécifiquement le développement moteur que peuvent le faire les théories maturationnistes. Elles peuvent cependant constituer un point d'ancrage pour aborder le développement de l'enfant dans un contexte social et culturel donné. L'environnement, en répondant, guidant et socialisant les actions de l'enfant, imprime au développement, psychologique mais aussi psychomoteur, des caractéristiques qui lui sont propres.

Les théories écologiques et le poids de l'expérience motrice

Les écrits du couple Gibson, James (1979) et Éleanor (1910-2002), insistent sur l'importance de la perception pour comprendre le développement de la motricité. Dans cette perspective, dites théorie écologique, perception et action sont intimement reliés et le passage de l'un à l'autre est direct, sans étape de représentation ni de « calcul ». L'action est directement issue de la rencontre perceptive entre le sujet et l'objet. Les propriétés de l'objet sont directement perçues en fonction des actions applicables sur lui, c'est le principe d'affordance (Gibson, 1969). Dans cette modélisation de la motricité, les processus qui poussent à des changements au cours du développement sont auto-régulés. En effet, ce sont les caractéristiques perceptives de l'objet ou de l'environnement qui guident directement le sujet sur les possibilités d'action. Celle-ci alimente à son tour la perception en générant des informations sur l'action elle-même et les transformations de l'environnement obtenues. C'est donc grâce aux comportements d'exploration que l'enfant accède à de nouvelles perceptions qui, par le biais des affordances, génèrent de nouvelles formes motrices au cours du développement. L'élément clef de la théorie de Gibson est que le développement de l'enfant repose sur la différenciation progressive des affordances. Autrement dit, le développement repose sur un apprentissage perceptif (apprendre à percevoir l'environnement, Gibson, 1988). Progressivement l'enfant discrimine et détecte les éléments, les propriétés signifiantes de l'environnement. La discrimination est liée aux capacités motrices de l'enfant et à son expérience. C'est la combinaison de l'apprentissage et de l'expérience qui permet une différenciation progressive des stimulations. De ce point de vue, le développement cognitif est très lié au développement perceptif et moteur.

Ainsi pour résoudre une tâche, il faut que l'enfant ait perçu tous les éléments en présence. Les performances au cours du développement ou des apprentissages se modifient, non pas parce que l'enfant a appris une nouvelle réponse, mais parce qu'il a perçu le problème différemment. Ainsi, par exemple, Gibson *et al.* (1987) ont montré que des enfants du même âge exploraient différemment une surface à traverser suivant qu'ils maitrisent ou non la locomotion bipède : la latence pour se lancer, le temps d'exploration manuelle et visuelle de la surface à traverser diffèrent chez les marcheurs et les non marcheurs. L'analyse de l'environnement est donc faite en fonction des capacités motrices.

L'influence de l'environnement et de l'expérience motrice et sensorielle est remise en avant. Cette théorie permet de rendre compte de l'influence de l'expérience sur le développement psychomoteur. Celle-ci est au moins aussi importante, si ce n'est plus, que la maturation et les transformations morphologiques. Cette théorie laisse toutefois en suspens des éléments sur le contrôle de l'action et de son développement.

Une théorie dynamique du développement : multiplicité des déterminismes

La perspective dynamique non linéaire est issue à la fois de l'approche écologique gibsonnienne et de celle de Bernstein et propose un véritable changement de paradigme dans la conception de l'organisation du contrôle moteur. Bernstein (1967) résout la difficulté de conception du contrôle moteur liée à la complexité musculaire et squelettique par les concepts de degré de liberté et de synergie. Le degré de liberté rend compte des possibilités de mouvement offertes par la structure musculo-squelettique des membres : les mouvements possibles sont en nombre limité. D'autre part, la synergie permet d'ordonner le comportement d'un point de vue spatio-temporel et d'abandonner l'idée d'une activation individuelle de muscles. Ces deux principes expliquent que la réalisation d'un mouvement nécessite moins de contrôle et offre à la fois stabilité et flexibilité (Thelen *et al.*, 1987). Au début des années 1980, Kelso et ses collaborateurs avancent que le mouvement ne résulte pas d'une prescription à l'échelle du système nerveux central mais de l'interaction entre les propriétés physiques du corps, de l'environnement et des projets de l'individu. C'est la théorie non linéaire des systèmes dynamiques appliquée au contrôle moteur,

bousculant la vision d'un cerveau commandeur pour laisser la place à un cerveau partenaire de l'organisation du mouvement.

Les déterminismes à l'œuvre au cours du développement sont, de ce point de vue, multiples. L'enfant naît avec des possibilités de coordination : il produit des mouvements rythmiques ayant une organisation synergique et temporelle importante. L'environnement, l'expérience et les caractéristiques du sujet modifient progressivement les patterns moteurs au cours du développement et les synergies sont progressivement transformées en action adaptative. Les habiletés motrices émergent graduellement sous l'influence conjuguée de la maturation du système nerveux, du développement des systèmes perceptif, neuro-musculaire et squelettique, des proportions corporelles, du rapport entre masses musculaires et graisseuses, des expériences sensorielles et motrices et de l'intention. L'influence respective de chacun de ces facteurs varie au cours du développement. Le développement postural n'est alors pas linéaire, il consiste en des changements d'état en fonction de l'interaction d'une variété de déterminants qui transforment les systèmes qui composent le bébé. Ces changements peuvent intervenir de façon abrupte et discontinue (Thelen & Spencer, 1998, Thelen, 1989 ; Zanone, 1990).

De nombreuses recherches se sont attachées à étudier les caractéristiques du développement moteur de l'enfant en adoptant cette perspective. Les expériences phares ont été réalisées par Thelen et ses collaborateurs qui ont montré, par exemple, que les caractéristiques cinématiques du réflexe de marche automatique étaient modifiées chez l'enfant de 6 semaines par l'ajout de poids autour de la cheville, ou par l'immersion des jambes du bébé dans l'eau, procédures qui modifient les conditions de réalisation du réflexe (Thelen *et al*., 1984, 1987). Ainsi, en positionnant verticalement des bébés de 2 mois jusqu'à mi-corps dans l'eau, la diminution de la pesanteur sur les membres inférieurs entraîne la réapparition du réflexe de marche automatique (Thelen *et al*. 1984). La disparition des réflexes est donc, de ce point de vue, le résultat de l'augmentation de la masse adipeuse par rapport à la masse musculaire[2]. D'autres recherches ont portées sur le développement du geste de saisie (Thelen *et al*., 1993). Les mouvements sont d'abord larges et imprécis, variables dans leur trajectoire, puis l'analyse longitudinale

[2] Rappelons ici que pour les tenants des théories maturationistes, la disparition du réflexe de marche est la conséquence du processus de corticalisation, qui permet une prise de contrôle du cerveau sur la motricité réflexe (Illingworth, 1978).

des mouvements d'atteinte montre que les premières saisies sont suivies de tentative de reproduction du geste, encore et encore, jusqu'à ce qu'un mouvement satisfaisant, reproductible et souple soit réalisé.

La perspective dynamique non linéaire présente l'avantage de tenter d'expliquer de nombreuses différences inter-individuelles, la variabilité des observations réalisées chez le bébé et la discontinuité du développement. L'environnement y occupe une place importante, sans pour autant négliger la maturation ; les facteurs de développement envisagés sont à la fois endogènes et exogènes. Cependant, ce modèle se heurte encore à quelques difficultés d'interprétation : prodigieuse rapidité du développement psychomoteur, transferts d'apprentissage.

Le darwinisme neuronal : du système nerveux au comportement

Les théories dites du Darwinisme neuronal se rapportent à la théorie de l'épigenèse par stabilisation sélective des synapses (Changeux, 1983) et la théorie de sélection des groupes de neurones (Edelman, 1987). Dans une perspective clairement issue des neurosciences, ces théories tentent de rendre compte des profondes interactions entre le système nerveux et l'environnement au cours du développement.

Pour Changeux (1983), l'activité d'un réseau nerveux entraîne la stabilisation des synapses qu'il contient et l'élimination progressive des autres. En s'appuyant sur des expériences sur la jonction neuromusculaire, il montre que la stabilisation de certaines synapses se fait à l'issue de trois étapes développementales : la croissance neuronale qui consiste en une prolifération des neurones, la redondance transitoire qui voit se réaliser des connexions neuronales en surnombre, et l'élimination-stabilisation dans laquelle certaines des synapses vont disparaître et d'autres se stabiliser en fonction de l'expérience sensorielle.

De son coté, Edelman (1987) décrit également trois phases clés dans l'épigénèse du cerveau au cours desquelles se réalise la sélection des groupes de neurones. La sélection développementale qui comprend la neurogenèse, la migration neuronale, la croissance des axones et dendrites, la mort neuronale programmée et la formation des connexions. La deuxième phase est la sélection par l'expérience : le câblage entre groupes neuronaux est modifié en fonction des interactions avec l'environnement, notamment sensoriel. De plus, les neurones qui sont actifs en

même temps, par exemple parce qu'ils répondent à la même stimulation sensorielle, voient leurs connexions se renforcer. Des répertoires primaires et secondaires, réseaux neuronaux d'une région donnée se construisent. Enfin, dans une troisième phase, ces répertoires s'arrangent progressivement entre eux en cartes spécialisées, par la réentrée des informations entre les différentes cartes, physiquement connectées entre elles par un réseau très dense de fibres. Prenons l'exemple de deux cartes, l'une spécialisée dans le traitement visuel des couleurs et l'autre dans le traitement visuel des contours. Chaque carte reçoit indépendamment des signaux du monde extérieur, mais la réentrée permet que ces cartes se connectent sans que l'on ait besoin d'un superviseur d'ordre supérieur qui mette en lien ces deux dimensions d'un objet visuel. Ces trois processus sont sensibles à de très nombreuses influences environnementales et n'ont pas lieu de la même façon, ni au même endroit chez deux personnes différentes. Ces influences se combinent pour donner une diversité de structures colossales qui fait que, deux jumeaux ont des cerveaux tout à fait différents.

Les théories du darwinisme neuronal proposent un modèle novateur dans la filiation des théories maturationnistes. Le cerveau est conçu comme le centre de la perception et de l'action, et la maturation du système nerveux est cruciale dans le développement. En revanche, ces auteurs formalisent et mettent en évidence l'effet des expériences et de l'environnement, au niveau cellulaire et au niveau individuel sur le développement du système nerveux.

De la bimanualité à l'unimanualité : quatre regards

L'alternance entre bimanualité et unimanualité décrite plus haut (*Linéarité et non-linéarité du développement : la question des régressions*) est un bon exemple pour illustrer les différences entre les regards portés par chaque perspective théorique sur le développement. Nous avons vu que les mouvements d'approche et de préhension d'objets sont majoritairement bimanuels aux alentours de 3 mois, puis unimanuels entre 5-6 mois et 11-12 mois, avant de redevenir transitoirement bimanuels à la fin de première année. Fagard (2001) et Corbetta (1999) proposent quelques pistes d'explication des changements en fonction des conceptions théoriques du développement.

Pour expliquer ces changements, Gesell & Ames (1947) ont avancé que des réorganisations neuro-motrices résultant des processus maturationnels seraient à l'origine de cette « régression » vers la bimanualité. D'autres chercheurs ont envisagé la question au travers de l'interdépendance entre les systèmes perceptifs, cognitifs et sensori-moteurs (Karni *et al*., 1998). De ce point de vue, la multitude d'acquisitions perceptives, posturales et motrices de la première année de vie pourrait déstabiliser les conduites différenciées unimanuelles et faire ré-émerger les comportements bimanuels à l'occasion de la mise en place de la locomotion bipédique. Les systèmes perceptifs, cognitifs et sensorimoteurs sont ici conçus comme interdépendants et interagissant. Ces ajustements du développement expliquent les discontinuités observées au fil du temps et paradoxalement établissent des liens pour comprendre l'organisation générale du comportement moteur en devenir.

Une autre approche consiste à envisager cette régression, au contraire, comme un phénomène d'anticipation de l'utilisation de la deuxième main en tant que « main complémentaire » dans les coordinations bimanuelles apparaissant à la fin de la 1ère année de vie. En d'autres termes, on voit apparaitre transitoirement avant qu'elles ne s'installent, des coordinations où les deux mains ont des rôles différenciés au cours d'une même manipulation d'objet mais demeurent coordonnées vers un but commun et identique : main support stabilisant l'objet et main d'exploration (Bruner, 1970, Kimmerle *et al.* 1995).

Un autre point de vue, neurofonctionnel celui-ci, envisage l'implication différentielle des structures cérébrales. La motricité distale impliquée dans l'unimanualité serait sous contrôle de structures cérébrales (voies cortico-spinales) distinctes de celles qui gèrent la motricité proximale et favorise la bimanualité (structures vestibulo-spinales), et dont le développement serait plus tardif (Kuypers, 1962).

Enfin, selon une approche dynamique, Thelen *et al.* (1993) ont postulé que le retour à une organisation bimanuelle de la préhension en fin de première année est lié à des facteurs intrinsèques qui impliquent de façon générale dans la motricité, des patterns fréquents d'activité bimanuelle motrice, y compris dans des mouvements globaux des membres supérieurs sans objets (Corbetta & Thelen, 1996).

Synthèse

Nous avons présenté, dans cette partie, les questions fondamentales que se sont posés et se posent les théoriciens, chercheurs et praticiens, sur le développement psychomoteur, ainsi que les débats et questions clés qui ont traversé leur travail. La présentation réalisée ici n'est pas exhaustive, tant sur les concepts clés que sur les cadres théoriques présentés. Nous avons ainsi choisi de ne pas approfondir les modèles de développement du contrôle postural (Hadders-Algra *et al.*, 1997 ; van der Fits & Hadders-Algra, 1998b, Assaiante & Amblard, 1995) ou mettant l'accent sur les facteurs cognitifs du développement (Mellier, 1990, von Hofsten & Ronnqvist, 1993) développés ailleurs (Jover, 2000). Comme la science est en perpétuelle développement, certaines questions présentées ici dans un cadre historique sont à l'heure actuelle relativement désuète. Par exemple, le débat entre déterminant inné et déterminant acquis a été dépassé il y a longtemps et les auteurs s'attachent à présent à analyser les mécanismes de leur influence respective. De la même façon, la centration exclusive sur un seul facteur de développement, qu'il s'agisse de l'environnement social ou de la maturation, ne fait plus partie des théories contemporaines.

Afin d'illustrer notre propos, voici un bref résumé de la perspective que propose d'adopter von Hofsten (2004) sur le développement moteur. Pour cet auteur, connu pour avoir mis en évidence les premières atteintes manuelles et les capacités de poursuite visuelle, le développement moteur ne peut être vu comme une question uniquement de contrôle croissant des muscles. En considérant l'action contextualisée plutôt que le mouvement isolé, il montre qu'il est tout aussi important de tenir compte de la raison pour laquelle un mouvement est réalisé, comment les mouvements sont planifiés et comment l'enfant anticipe ce qui va se produire. Il intègre les données les plus récentes sur les modèles du contrôle moteur, sur la fonction des neurones miroirs, sur les capacités de prédictions et de connaissance de l'environnement des nourrissons, sur la motivation et la satisfaction associées à l'action, ainsi que sur les liens importants existant entre perception et action. Pour lui, la perception, la cognition et la motivation émergent et se développent à travers les interactions entre le corps, le cerveau et le monde extérieur. Ces interactions sont elles-même dépendantes de la croissance corporelle et du développement cérébral. Ainsi par exemple, l'émergence de la saisie d'un objet repose à la fois sur un contrôle

différencié de la main et du bras, sur un contrôle postural efficace, une perception précise de la profondeur, des muscles assez fort pour soutenir le mouvement et la motivation d'atteindre l'objet. Von Hofsten met également l'accent sur l'importance du contrôle prospectif dans le développement psychomoteur. C'est en parvenant à anticiper les actions d'autrui (théorie de l'esprit…) et les caractéristiques des évènements physiques qui l'entourent (trajectoire des objets, propriétés des objets…) que l'enfant pourra progressivement construire des mouvements orientés, ajustés et efficients (von Hofsten, 2004).

Pour finir, on constate que le contexte politique et socio-économique a été un des premiers moteurs poussant à l'intérêt et la réflexion concernant le développement de l'enfant. L'évolution des technologies, la place accordée au psychisme et les connaissances sur les liens entre perception et cognition dans les théories du développement moteur ont ensuite bâti les théories actuelles (écologique et dynamique) qui depuis une dizaine d'années tentent de se faire une place au rang des théories du développement moteur dans une culture professionnelle encore peu sensible à ce genre d'approches.

Repères développementaux

L'étudiant en psychomotricité a besoin de connaître précisément le développement typique de l'enfant, l'adolescent, l'adulte et la personne âgée pour pouvoir appréhender plus tard la désorganisation de ce développement dans son travail clinique et les interactions entre le développement de la pathologie et le développement psychomoteur. Il est donc fondamental dans cette partie de donner des repères concernant ce développement.

Pour des raisons didactiques, la présentation des repères développementaux des différentes compétences psychomotrices a été scindée en plusieurs parties étudiées séparément. Il est évident que ce découpage ne correspond pas à la réalité du développement humain qui est systémique, c'est-à-dire résultant des interactions entre plusieurs dimensions du développement. Par exemple, les acquisitions posturales statiques sont abordées distinctement de la motricité dynamique, ce qui facilite une bonne compréhension des choses mais ne reflète pas la réalité.

Par ailleurs les repères sont présentés par des moyennes d'âge d'apparition des acquisitions. Or il faut garder à l'esprit que ces moyennes ne représentent pas la grande variabilité interindividuelle existant dans le développement de l'enfant. Par exemple, l'âge moyen de l'acquisition de la marche est de 12 mois, mais certains enfants marchent à 9 mois, d'autres à 18. C'est l'écart type d'un échantillon d'étalonnage, ou bien l'intervalle interquartile qui permet de déterminer le caractère déviant d'un âge d'acquisition (voir à ce propos la partie *Disparité et hétérogénéité du développement*). Ces repères doivent donc être envisagés dans une approche globale de l'enfant en tant que personne. C'est l'accumulation et l'articulation des retards qui devront être prises en compte par les professionnels.

Tonus et posture

Le tonus et la posture sont les fondements de toute motricité, ce sont également deux éléments en lien direct avec les émotions et leur expression. Leur développement nous informe sur la maturation neurologique du bébé. L'observation et la compréhension du développement du contrôle tonique et de la régulation posturale sont donc primordiales pour le psychomotricien (Jover, 2000). Nous allons définir brièvement ces termes avant d'étudier l'évolution de ces deux fonctions essentielles dans le développement psychomoteur.

Définitions

Le tonus est l'état de légère contraction musculaire qui n'aboutit pas au mouvement mais assure la résistance à la pesanteur, qui fixe les articulations dans une position déterminée et donc maintient la posture lors de l'exécution d'un mouvement. Cette contraction est isométrique (la tension augmente mais la longueur du muscle ne change pas), permanente et involontaire. Elle est en lien avec le niveau de vigilance de la personne. On distingue le tonus passif autrement appelé permanent ou de fond qui représente la répartition tonique au repos et le tonus actif : mécanismes musculaires régulateurs en jeu pendant le mouvement.

La posture est définie comme le maintien du corps dans une position donnée grâce à une activité musculaire permanente qui s'oppose au jeu des articulations, c'est donc

la position des parties du corps, les unes par rapport aux autres, et par rapport à la pesanteur. La posture prépare et soutient le mouvement. Elle a également, une valeur communicative importante. Dans le champ des communications non verbales, la posture est ainsi un moyen d'expression très important des émotions (Corraze, 1988). Comme pour le tonus, on distingue deux types de postures. La posture orthostatique ou antigravitaire et à la posture dynamique ou directionnelle. La posture est régulée par le tonus, par les émotions et le système sensoriel.

Sur le plan sensoriel, les informations qui permettent de réguler la posture proviennent du système visuel, du système vestibulaire et du système somato-sensoriel. Ces récepteurs sensoriels donnent des informations sur la position du corps dans l'espace et permettent des corrections. La contribution du système visuel au contrôle postural est opérationnelle dès la naissance : le nouveau-né peut stabiliser sa tête en fonction du déplacement réel de son corps mais aussi quand le déplacement est seulement induit visuellement (Jouen & Lepecq, 1989). À 2 mois on peut observer des différences de posture entre les bébés non-voyants et les autres (Bullinger & Mellier 1988). Le système vestibulaire, dont les récepteurs sont situés dans l'oreille interne, permet la perception du mouvement et de l'orientation par rapport à la verticale. Il contribue également à l'organisation de la posture dès la naissance : le réflexe de redressement (maintien de la tête droite lorsque le corps est incliné) du nouveau-né est déclenché par des informations vestibulaires. Enfin, le système somato-sensoriel se décompose entre le système proprioceptif et le système tactile. Le nouveau-né a accès à ces informations précocement : le réflexe d'extension, par exemple, est induit par le système cutané et proprioceptif qui signale que le poids du corps repose sur les pieds et les jambes du bébé. La régulation posturale repose sur des mécanismes complexes dont les recherches montrent que c'est autour de 7 ans, voire même au cours de l'adolescence, qu'ils sont maitrisés (Assaiante *et al.*, 2005 ; Viel *et al.*, 2009).

Les caractéristiques toniques du nourrisson

Le nouveau-né montre une répartition tonique très déséquilibrée caractérisée par une hypotonie axiale et au niveau des membres, une hypertonie des muscles fléchisseurs associée à une hypotonie des extenseurs (figure 2).



Figure 2 : Nouveau-né de 2 mois. Les membres supérieurs et inférieurs, mais également les extrémités (orteils et doigts) présentent une position en flexion.

La mesure de l'extensibilité des membres montre que les membres inférieurs présentent une hypoextensibilité entre 0 et 6 mois environ puis rejoignent un point d'équilibre. Ensuite, une période d'hyperextensibilité est repérable entre 10 et 24 mois, et une diminution de l'hyperextensibilité pour arriver à un niveau « normal » vers 3 ans. Les membres supérieurs montrent une hypoextensibilité également dans la première année puis une augmentation progressive jusqu'à 3 ans (Stambak, 1963). Il existe d'importantes différences interindividuelles, on constate parfois jusqu'à 9 mois d'écart entre les enfants concernant le début de la période d'hyperextensibilité (entre 7 et 15 mois).

Organisation céphalo-caudale et proximo-distale

Le développement du contrôle de la motricité et du tonus se fait chez tous les vertébrés selon deux lois immuables : il suit les directions céphalo-caudale et proximo-distale. C'est à dire que le bébé contrôle en premier les muscles de son visage, puis sa tête (vers 3 mois), son tronc (vers 7,5 mois) et ses membres inférieurs (vers 11 mois) : c'est le sens céphalo-caudal. Conjointement, il contrôle en premier les muscles de ses membres en fonction de leur proximité avec l'axe du corps (sens proximo-distal) et va donc maîtriser le contrôle de la motricité au niveau

de son épaule, puis de son bras, puis de sa main et enfin de ses doigts. C'est le sens de la maturation neurologique qui détermine ce sens de développement du contrôle de la motricité volontaire et du tonus.

Les redressements[3]

Du fait de la répartition tonique, le nouveau-né présente un axe hypotonique, sans aucune possibilité de tenue de la tête ni du tronc, et des membres en flexion permanente. Petit à petit, il va se redresser, selon la loi céphalo-caudale décrite précédemment.

Le contrôle de la tête

L'épreuve du tiré-assis, dans laquelle on amène le bébé qui est allongé à la position assise en le tractant par les bras, indique qu'à la naissance la tête est complètement ballante. Dans cette épreuve, qui constitue un item du test de Brunet Lézine, la tête est maintenue droite chez 73 % des enfants de 2 mois, que les épaules et la tête précèdent le tronc chez 60 % des enfants de 3 mois (Josse, 1997)[4]. A la fin du premier mois en moyenne, quand il est tenu en position assise ou quand il est allongé sur le ventre, le bébé relève sa tête par moment en vacillant.

Le maintien de la tête est possible pendant 15 secondes chez la plupart des bébés tenus assis entre 10 jours et 4 mois. L'âge médian de l'acquisition du maintien de la tête est de 2 mois[5], et 80 % des enfants y parviennent à 3 mois. Dès le deuxième mois, la tête est tenue bien droite, mais brièvement, quand le bébé est assis et il la relève ainsi que ses épaules quand il est posé sur le ventre.

A 3 mois en moyenne, la tête est bien tenue quand le bébé est placé assis, et il la relève avec ses épaules en s'appuyant sur ses bras quand il est allongé sur le ventre (84 % des enfants de 2 mois y parviennent, Josse, 1997). 50 % des enfants tiennent bien droite leur tête pendant un déplacement à partir de 3 mois, certains le font dès

---

3 Nous envisagerons uniquement les acquisitions posturales dans ces paragraphes sur le redressement et non les coordinations qui permettent de passer d'une posture à une autre.

4 Notons, même si cela ne relève pas simplement du contrôle de la tête, qu'à l'âge de 6 mois, lors de la traction sur les bras, l'enfant en décubitus dorsal se soulève jusqu'à la station assise dans 80 % des cas

5 L'âge médian correspond à l'âge auquel 50 % des enfants présentent une compétence donnée.

la fin du premier mois et d'autres ne pourront le faire qu'à 5 mois sans que cela se situe en dehors de la normalité.

Le tronc : la station assise

Sans aide, le nouveau-né ne tient pas assis, son dos est cyphotique jusqu'à un mois. A partir de 3 mois en moyenne, ce sont les épaules qui se redressent. 80 %des enfants tiennent assis avec un léger support (le haut du tronc est droit mais pas les lombaires) à 6 mois, plus de la moitié réalise cet exploit à 4 mois.

Dès 5 mois, le tronc est droit mais la station assise n'est pas acquise, elle le sera avec le support des bras vers 6 mois pour la moitié des enfants et sans le support des bras à 7 mois (80 % des enfants). Il faut remarquer que la tenue assise avec le support des bras est une acquisition qui montre une très petite variabilité : 90 % des enfants le font entre 5 et 8 mois. La tenue assise sans aucun support est acquise entre 5 mois et demi et 10 mois et demi.

A partir de 7 mois et demi en moyenne, le bébé tient assis mais de manière statique, le mouvement le déstabilise encore. La position assise dynamique n'est maîtrisée qu'entre 7 et 9 mois, à partir du moment où le tonus des fléchisseurs des membres inférieurs a diminué et permet d'étendre les jambes pour stabiliser la position. L'enfant est alors capable de manipuler des objets dans cette position, puis d'en ramasser lorsqu'ils sont posés autours de lui.

La station debout

Tout petit, et jusqu'à 3 mois en moyenne, le bébé se redresse automatiquement dès que ses pieds touchent une surface et qu'il est soutenu, c'est le point de départ du reflexe archaïque appelé marche automatique. Quand ce réflexe disparaît, l'enfant replie les jambes et ne se redresse plus du tout. C'est seulement vers 5 mois, brièvement, qu'il recommence à se redresser. L'enfant se maintient debout avec support (soutenu légèrement sous les bras, ou en appui sur une table basse, par exemple) vers 6 mois pour 50 % des enfants, et vers 10 mois pour 90 %. L'étalonnage du baby-test de Brunet-Lézine fournit les chiffres suivant pour cette même compétence, 45 % des enfants à 8 mois et 90 % à 11 mois[6]. Pour parvenir à

[6] La légère discordance entre ces données souligne l'immense variabilité de vitesse du développement psychomoteur et engage à la prudence dans la considération des âges moyens d'acquisition.

ce redressement il faut en effet réunir deux conditions : le tronc doit être verticalisé et le tonus des fléchisseurs des membres doit avoir diminué pour permettre l'extension des jambes. La précocité de la station debout semble être en forte corrélation avec la tonicité de l'enfant : les enfants hypertoniques se tiennent debout nettement plus tôt (vers 8 et 9 mois) que les enfants hypotoniques (10 mois ; Stambak, 1963)[7]. Stambak ne retrouve toutefois pas cette corrélation entre l'extensibilité et les autres acquisitions posturales comme le maintien de la tête ou la position assise.

De manière générale, la station debout sans appui est acquise vers 11 mois pour la moitié des enfants, certains parviendront à cette prouesse dès 9 mois et d'autres devront patienter jusqu'à 16 mois. Cependant l'enfant n'a pas encore acquis l'équilibre statique. Il écarte les jambes pour augmenter la taille de son polygone de sustentation et fait de nombreuses chutes car il a du mal à garder son centre de gravité à l'intérieur du polygone de sustentation (figure 3).



Figure 3 : Enfant de 13 mois se tenant debout sans appui quelques secondes. Noter l'écartement des jambes et des bras qui contribuent à une augmentation de la surface du polygone de sustentation.

Stambak (1963) a fait passer l'item « se tient debout avec appui » du test du Brunet-Lézine à 55 enfants et a observé des différences importantes entre les garçons et les filles au début de cette acquisition, qui s'atténuent par la suite. A 8 mois, 46 % des

[7] Si la nature du lien entre ces deux éléments n'a pas été établie au moment des observations de Stambak (1963), les modèles dynamiques permettent aujourd'hui d'envisager le tonus comme un paramètre de contrôle dans l'émergence de la station debout chez le bébé (Thelen, 1995).

garçons réussissent l'épreuve pour 24 % des filles. A 10 mois, 96 % des garçons et 78 % de filles se tiennent debout avec appui. Dès 11 mois la différence entre les sexes devient minime.

Les équilibres précaires

Au delà du maintien de la station debout, l'enfant progresse dans son contrôle de la posture en arrivant progressivement à maintenir la position debout alors que les situations d'équilibre sont précaires : sur un pied, sur un support étroit, avec les yeux fermés… C'est sur ces aspects fins que le développement psychomoteur se poursuit lentement, pour s'achever au moment de l'adolescence.

La station debout sur un pied est réalisée avec aide par 75 % des enfants de 2 ans et 58 % des enfants y parviennent sans aide pendant 2 secondes à 30 mois (Josse, 1997). Le manuel du test M-ABC (Soppelsa et Albaret, 2004) rapporte que, sur leur pied « préféré » les enfants de 4 ans tiennent en moyenne 8 secondes, ceux de 5 ans 13 secondes, et ceux de 6 ans 18 secondes (figure 4). Dans le même test, des équilibres précaires sont également utilisés pour évaluer la capacité des enfants à se maintenir debout pour une durée donnée, sur un support instable ou étroit entre 9 et 12 ans. Ainsi, il s'agit bien de progressivement maîtriser les positions instables en étant capable de les maintenir ; ce qui implique un réglage fin des ajustements posturaux anticipés et réactifs.



Figure 4 : Equilibre unipodal chez une enfant de 4 ans. La position des bras contribue efficacement à la stabilisation de la posture qui est maintenue pour une durée supérieure à 5 secondes.

Coordinations motrices globales

Définitions

Les coordinations motrices globales sont des mouvements impliquant le tronc et un ou plusieurs segments corporels. Ils sont planifiés, c'est-à dire-orientés vers un but et organisés dans le temps et l'espace. On pourra citer par exemple, le passage du décubitus ventral à la station assise ainsi que les mouvements de locomotion. Paoletti (1999) définit la coordination motrice comme étant « la mise en jeu ordonnée et l'enchaînement harmonieux de mouvements constitutifs d'une action donnée ».

Les changements de position

Nous avons choisi de présenter sous cette appellation toutes les coordinations motrices qui impliquent l'intégralité du corps mais pas la locomotion.

Les retournements

Le premier véritable changement de position que peut exécuter le nouveau-né est de se retourner sur le dos (décubitus dorsal) lorsqu'il est placé sur le coté (décubitus latéral). Certains bébés (10 %) effectuent ce mouvement dès 1 mois, la moitié à 2 mois et la totalité des enfants à 6 mois. Dans l'étalonnage du test de Brunet-Lézine (Josse, 1997) 82 % des bébés présentent ce comportement à 2 mois. A partir de 2 mois pour les plus précoces et à 4 mois en moyenne, les bébés parviennent à faire le mouvement inverse, à savoir, passer du décubitus dorsal au décubitus latéral.

Entre 6 et 7 mois, la moitié des enfants se retournent du décubitus dorsal au décubitus ventral (allongé sur le ventre), les plus précoces réalisent ce retournement à 4 mois et il faudra attendre 10 mois pour que tous le fassent (76 % des enfants réalisent ce retournement à 8 mois, Josse, 1997)

Passage décubitus dorsal à position assise

Stambak (1963) remarque dans son étude sur le lien entre le tonus et les acquisitions motrices une dissociation entre les capacités des enfants. Le fait de se tenir assis et la possibilité de se soulever seul du décubitus jusqu'à la station assise sont des compétences qui n'ont pas de relation entre elles. Le passage du décubitus dorsal à la position assise est acquis pour 88 % des 55 enfants étudiés par Stambak à 8 mois. Ils sont très rares à y parvenir dès 6 mois et à 7 mois 46 % réussissent cet item. La figure 5 illustre à quel point cette transition entre deux positions nécessite une coordination spatiale, et temporelle entre l'activité des bras, des jambes, du tronc et de la tête.

Le test du Brunet-Lézine ne distingue pas la position de départ de cette façon mais signale que l'enfant passe du décubitus à la station assise dans 62 % des cas à 10 mois et dans 76 % des cas à 11 mois (Josse, 1997).



Figure 5 : Passage du décubitus dorsal à la position assise chez un enfant de 13 mois.

Passage assis debout

Chez les enfants étudiés par Stambak (1963), rares sont ceux qui parviennent à se dresser seuls à 8 mois, ils sont toutefois 39 % à 9 mois et 89 % à 11 mois. L'étalonnage du Brunet-Lézine (Josse, 1997) rapporte que 60 % des enfants de 10 mois (89 % à 11 mois) passent de la position assise à la position debout en prenant appui sur une chaise, une table basse ou tout autre support.

Entre 10 et 14 mois, suivant les enfants, apparaît la possibilité de se baisser et de se redresser une fois en position debout. C'est aussi autour de 12 mois que les enfants parviennent à s'asseoir sans se laisser tomber, alors qu'ils étaient debout (Josse, 1997).

Les organisations locomotrices

Le jeune enfant va évoluer dans ses modes de locomotion en s'appuyant sur des postures de plus en plus verticales pour aboutir à la marche bipède. Les âges d'acquisition de ces habiletés locomotrices sont soumis à de grandes différences interindividuelles, de même le déroulement de ce cheminement vers la marche n'est pas toujours identique. Il résulte à la fois des caractéristiques de l'enfant (hérédité, maturation, morphologie), de facteurs environnementaux (surfaces glissantes, possibilité d'appuis), mais également de la motivation de l'enfant à se déplacer (von Hofsten, 2004).

La reptation

Le ramper consiste au début en une traction du corps par les membres supérieurs tandis que les membres inférieurs restent passifs. Aux alentours de 6 mois, la moitié des enfants esquissent des tentatives de déplacement. Dans ces premières tentatives de reptation, les membres supérieurs, très toniques, fonctionnent parfois en rétropulsion et le bébé recule. Petit à petit, les jambes se mettent en action et contribuent au déplacement qui devient alors effectif. Stambak (1963) note que cette acquisition se fait en moyenne vers 6 mois, 10 % des bébés « rampeurs » commenceront à 5 mois et 90 % auront cette possibilité à 11 mois. En comptabilisant tous les modes choisis (reptation, 4 pattes ou *sliding*[8]), le manuel du Brunet-Lézine rapporte des déplacements chez 22 % des enfants à 7 mois, chez 47 % à 8 mois, chez 75 % à 9 mois et chez 87 % à 10 mois (Josse, 1997). Si une grande partie des bébés (87 %) affiche un parcours classique et utilise successivement la reptation, la propulsion quadrupède avant de se lever et de marcher, ce n'est pas le cas de tous. Dans une étude longitudinale, Largo et ses collaborateurs (1985) ont ainsi pu observer une très grande variété dans les trajectoires de développement des enfants : quelques enfants vont user parallèlement du ramper et du 4 pattes et 10 % des enfants ne vont jamais ramper et présentent la marche quadrupède comme premier mode de déplacement.

---

[8] Le *sliding* est un mode de déplacement dans lequel l'enfant est en station assise et se déplace par des mouvements de flexion et d'extension de jambes ou de petits sauts sur les fesses.

La marche quadrupède

La marche à 4 pattes succède très souvent à la reptation (Adolph *et al*., 1998). Elle consiste en un déplacement sur les genoux ou les pieds et sur les mains, l'abdomen soulevé (figure 6). Autrement nommée propulsion quadrupède, elle se fait en général avec des mouvements des membres croisés et alternés, plus rarement l'enfant peut marcher l'amble (mouvements homolatéraux des membres inférieurs et supérieurs). La marche quadrupède apparaît en moyenne autour des 7 mois du bébé, certains y parviennent dès 5 mois.



Figure 6 : Marche quadrupède chez une enfant de 11 mois. La locomotion est réalisée avec des mouvements croisés et alternés des membres.

Si chacune des habiletés locomotrices nécessite un apprentissage spécifique, il existe cependant un lien facilitateur entre le ramper et le 4 pattes, les enfants qui rampent ont ainsi une marche quadrupède plus rapide et plus efficace d'emblée (Bril, 2000).

Comme pour la reptation, la marche quadrupède n'est pas présente chez tous les enfants : 7 % des bébés n'utilisent pas ce moyen de déplacement (Largo *et al*., 1985). 2 % des enfants vont, par exemple, se déplacer en ayant recourt au *sliding.*

La marche bipède

Les premiers pas d'un enfant sont un moment symboliquement important pour son entourage. Après les étapes de pré-locomotion décrites précédemment, on peut distinguer une phase d'acquisition puis d'affinement de la marche.

Pour les enfants les plus précoces, la possibilité de faire quelques pas en étant soutenu s'observe dès 6 mois. La moitié des enfants y parvient avec un soutien à 9 mois. Presque un mois plus tard, est décrit le cabotage (figure 7), c'est-à-dire une

marche sur le côté avec appui sur un support (un bord de fauteuil ou une table basse). La maitrise progressive de l'équilibre est réalisée au travers d'un transfert de l'appui : les enfants s'appuient de moins en moins sur leurs bras, et l'appui se fait de plus en plus sur les jambes (Haehl *et al.*, 2000). Progressivement, l'enfant peut lâcher une main, puis parvient à la locomotion autonome.



Figure 7 : Cabotage chez un enfant de 13 mois en appui sur un accoudoir. Au début du déplacement, il prend appui des 2 mains et soulève sa jambe puis il accélère son mouvement en déplaçant les membres supérieur et inférieur homolatéraux en même temps.

Autours de 10 mois, la marche avec aide devient possible. Ainsi, Josse (1997) observe 47 % de réussite à 11 mois à l'item : marche avec aide quand on lui tient une main (85 % à 12 mois). Les premiers pas autonomes apparaissent à 9 mois pour les plus précoces, pour la moitié des enfants à 12 mois et pour la grande majorité, cette étape essentielle est franchie à 17 mois. Le manuel du baby-test de Brunet-Lézine fournit les âges suivant pour une locomotion autonome courante : 23 % des enfants à 12 mois, 48 % des enfants à 13 mois, 60 % des enfants à 14 mois, 76 % des enfants à 15 mois et 98 % des enfants à 17 mois (Josse, 1997). La relation entre hypertonicité et marche précoce, si elle est moins nette que celle entre hypertonicité et acquisition précoce de la station debout, existe cependant (Stambak, 1963).

La marche du bébé est très différente de celle d'un adulte, le contrôle visuel est prépondérant, la tête est donc inclinée vers l'avant, probablement pour surveiller les mouvements des membres inférieurs. L'enfant pose le pied à plat contrairement à

l'adulte qui attaque le pas par le talon. Le membre inférieur est projeté en hauteur, l'écartement entre les deux pieds est très important. On constate deux phases dans l'acquisition de la marche mature : « une phase d'intégration de la posture et du mouvement » (durant 3 à 5 mois) pendant laquelle les paramètres de la marche changent vite (la vitesse et la longueur du pas augmentent l'écartement des pieds et la durée du double-appui diminuent) et la marche devient réellement efficace. La phase d'ajustement, d'une durée nettement plus longue (durant 5 à 6 ans) permet à la marche de l'enfant de devenir semblable qualitativement à celle de l'adulte (Bril, 2000).

Lien entre marche automatique et marche volontaire

Le lien entre marche automatique et marche volontaire est source de questionnement pour de nombreux chercheurs (Hay, 1985 ; Jover, 2000). Le comportement de marche automatique montre une grande proximité morphologique avec le mouvement volontaire de la marche, ce qui alimente de nombreuses interrogations sur la valeur fonctionnelle du réflexe. Les réponses varient selon les théories. Pour les maturationnistes, le lien entre mouvement volontaire et réflexe n'est qu'apparent, nous avons vu plus haut dans ce chapitre que pour ces auteurs, les comportements archaïques doivent disparaître pour que s'installe la motricité orientée et volontaire (de Ajuriaguerra, 1978 ; Saint-Anne d'Argassies, 1982). Si la marche automatique et la marche définitive ont des formes communes, l'une est un mouvement rythmique isolé et l'autre est une construction motrice et maturationnelle, elles sont ainsi chacune sous le contrôle de modules neuronaux parallèles et distincts (Hadders-Algra & Prechtl, 1992 ; Touwen, 1993). A l'inverse, les théories dynamiques envisagent un lien direct entre marche automatique et locomotion. Les réflexes se coordonnent et permettent le mouvement volontaire : le rythme des pédalages et des coups de pieds est celui que l'on retrouvera dans l'activité de la marche. La disparition des réflexes correspond à un changement morphologique : le bébé arrête l'activité face à des contraintes biomécaniques. Thelen a ainsi montré que les mouvements réflexes de pédalages du bébé reprenaient si celui-ci était plongé dans l'eau : grâce à Archimède, il peut à nouveau « pédaler » (Thelen et al., 1987).

La course

La course et la marche se ressemblent beaucoup. La différence est que dans la course, le rapport de temps entre phase de double appui et phase de suspension est inverse : chez l'adulte, 60 % du cycle est passé en double appui lors de la marche, et 40 % lors de la course. Dans la course, un temps important est passé avec les deux pieds sans contact avec le sol (Collet, 2002). La course débute vers 2 ans en moyenne, c'est à ce moment-là un mouvement peu organisé avec des difficultés de contrôle dans le freinage et la direction. Les enfants de 3 ans commencent à pouvoir courir de manière continue et à 4 ans le mouvement devient bien contrôlé. Gallahue (1989) a décrit de façon précise les étapes du développement psychomoteur de l'enfance en distinguant, pour les différentes acquisitions, les niveaux initiaux, élémentaires et matures. Au stade initial de la course (avant 2 ans), le jeune enfant a une base de support large, une extension incomplète de la jambe qui supporte le corps et une phase de suspension brève, le pas est inégal et la rotation de la jambe courte. A la réception du pas, la jambe et les pieds présentent une rotation vers l'extérieur. Enfin, les mouvements des bras sont courts et raides. Le contact des pieds avec le sol est complet et on ne distingue pas la phase d'attaque du talon de celle du soulèvement des orteils. Au stade élémentaire (vers 2 ou 3 ans), la base de support se réduit et la jambe d'appui présente une extension plus complète au décollage, et le fléchissement du genou est plus marqué à la réception. La longueur du pas s'allonge, les mouvements des bras sont plus marqués et la vitesse de course augmente par rapport au stade précédent. Enfin, entre 4 et 6 ans, au stade mature, la longueur des pas est importante et la vitesse de course augmente en conséquence. L'extension de la jambe d'appui est complète et la course présente une véritable phase de suspension. La réception n'induit pas de rotation de la hanche ni du pied et les bras montrent un mouvement de rotation vertical en opposition à celui des jambes. Au niveau du pied, le contact avec le sol débute clairement par le talon et se termine avec les orteils. Une fois le stade mature atteint, la vitesse de course continue d'augmenter jusqu'à l'adolescence, en fonction, bien sûr, de la motivation de l'adolescent et de son entrainement !

Le saut

Le saut, à l'instar de la course, débute vers 2 ans en moyenne (parfois un peu plus tôt chez les enfants hypertoniques) de manière anarchique et très coûteuse en énergie. Vers 3 ans l'efficacité du mouvement a augmenté. A 4 ans, les sauts deviennent plus variés (en enjambant, à pieds joints...) et de plus grande amplitude. Le saut à cloche-pied est bien maîtrisé autours de 6 ans.

La montée et la descente des escaliers

La montée d'escalier est une habileté dont la précocité de l'acquisition dépend pour partie de l'environnement. Dans une étude sur 444 enfants, Berger *et al.* (2007) ont observé la capacité à monter un étage de manière autonome, quelle que soit la méthode utilisée. Ils constatent que 77 % des enfants ayant un escalier dans leur maison ont acquis cette habileté dès 11 mois contre 37 % des enfants de 11 mois qui n'ont pas d'escaliers chez eux. La descente d'escalier semble moins influencée par la présence ou non d'escalier dans la vie quotidienne de l'enfant. Dans le manuel du Brunet-Lézine, l'étalonnage montre que 57 % des enfants sont capables de monter à quatre pattes quelques marches d'un escalier à 13 mois, et 84 % à 14 mois (Josse, 1997). Lorsque l'enfant n'est pas confronté à un escalier, cette motivation ascensionnelle se traduit par l'escalade d'un fauteuil ou du lit.

Berger *et al*. (2007) ont également montré que les parcours des enfants ne sont pas toujours identiques en ce qui concerne l'ordre de leurs acquisitions motrices. Dans la plus grande partie des cas, on trouve deux trajectoires de développement : a) 4 pattes ou ramper, cabotage, marche, montée d'escalier, descente d'escalier (17 %) et b) 4 pattes ou ramper, cabotage, montée d'escaliers, marche, descente d'escalier (15,5 %). Si de manière plus isolée, les auteurs remarquent que ces trajectoires peuvent se modifier quelque peu, on ne trouve pas d'enfant qui maîtrise la descente d'escalier avant la montée. La stratégie utilisée pour les premières montées d'escalier est à 94 % le 4 pattes (figure 8), pour la descente cela se diversifie, dans l'ensemble, les premiers essais se font dos à la descente.



Figure 8 : Montée de l'escalier à 4 pattes chez un enfant de 13 mois.

La moitié des enfants de 17 mois parvient à monter un escalier seul sans alterner les pieds, cependant, la descente doit être accompagnée. La totalité des enfants y parviendra juste avant 2 ans. La descente de manière non alternée est réalisable à partir de 2 ans (Bayley, 1936) . Plus récemment, Josse (1997) date autour de 17 mois l'acquisition de la montée autonome d'un escalier en alternant les pieds.

Motricité manuelle et coordinations bimanuelles

Le développement de la motricité manuelle

Le développement de la préhension des objets

La préhension des objets peut être décomposée en 3 phases, l'approche ou atteinte, la prise et enfin la manipulation (Fagard, 2000).

Le réflexe de pré-atteinte (*prereaching*, von Hofsten, 1982, 1984) ou atteinte déclenchée par la vue existe dès la naissance et démontre une coordination précoce entre vision et préhension. Il consiste en une extension et une ouverture de la main orientée vers un objet positionné à proximité de l'enfant, alors que celui-ci est installé dans une chaise qui le maintient incliné sans qu'il ait à fournir d'effort. Si précocement, l'atteinte et la prise fonctionnent indépendamment, la main se referme trop tôt ou trop tard. Vers 2-3 mois la prise et l'atteinte se coordonnent. Le geste de pré-atteinte a la caractéristique d'être sans correction (balistique) et de rater souvent sa cible (40 à 7 % de réussite selon les auteurs, Bower, 1974 ; Ruff & Halton, 1978). C'est autour de 3 mois que les auteurs décrivent les premières tentatives d'approche volontaire.

L'approche

Le bébé, à partir de 3 mois, entreprend ses premières approches par balayage dans un geste chaotique et saccadé, déclenché de préférence par un objet en mouvement. C'est l'épaule qui est contrôlée en premier. Le geste d'approche est en général bilatéral, même si l'objet est présenté sur le coté. Petit à petit l'approche va devenir unilatérale et parabolique : extension du coude suivie d'une flexion. On note une difficulté à s'arrêter au bon endroit. Vers 8-9 mois, le mouvement s'arrête souvent avant l'objet. Il s'agit maintenant d'une approche directe : avancée de l'épaule, allongement du bras et arrivée de la main sur l'objet. Aux alentours d'un an, le geste redevient bilatéral[9], même pour un petit objet, ou avec handicap.

Konczak et Dichgans (1997) ont réalisé une étude sur le développement du geste d'atteinte d'un objet stationnaire chez 9 enfants, de manière longitudinale, à 16, 20, 24, 28, 32, 36, 52 et 64 semaines. Les enfants effectuaient des gestes d'atteintes vers un objet stationnaire situé à hauteur d'épaule. L'enregistrement de la trajectoire de la main montre qu'à 20 semaines, le geste est d'abord direct mais mal ajusté. A 36 semaines, l'analyse de la vitesse montre que le geste est programmé en deux séquences mais que le freinage sur l'objet est bien ajusté. A 64 semaines, le geste parait programmé en une seule séquence mais le ralentissement est encore mal contrôlé : la main touche l'objet au cours de son déplacement. Il faudra encore un moment avant que le mouvement soit bien contrôlé et que l'arrêt du mouvement coïncide très exactement avec la position de la cible.

La prise

La prise d'un objet a pour but de s'en saisir, pour ce faire, la main doit s'ajuster aux caractéristiques physiques de celui-ci : volume, forme, taille, poids mais aussi tenir compte de l'utilisation qui en sera faite. Deux types de prises ont été observées successivement dans l'ontogénèse, l'agrippement en force ou « *power grip* » et plus tard l'agrippement de précision ou « *precision grip* » (Halverson, 1931). Cette observation ancienne a été confirmée plus récemment par plusieurs auteurs. Touwen (1976), Holstein (1982) ou Newell *et al.* (1989) ont observés des prises de précision

9 Cf. à ce propos l'encadré *De la bimanualité à l'unimanualité : quatre regards*

dès 4 mois quand ils présentaient un objet petit. Ce serait, selon eux, parce qu'on ne présente pas des objets nécessitant une pince fine aux bébés que l'on ne voit pas apparaître ces prises de façon précoce dans de nombreux travaux.

Le développement de la prise se décompose globalement en 3 phases en fonction des lois de progression céphalo-caudale et proximo-distale. La prise cubitopalmaire est majoritaire, la saisie est réalisée dans la région cubitale de la paume, à la base de la main. 10 % des bébés parviennent à saisir un cube de cette manière dès 2 mois, la moitié des bébés présentera cette prise à 4 mois, la quasi-totalité à 7 mois. Dans un second temps, la prise digito-palmaire apparaît, la prise est réalisée entre les doigts et la paume. 10 % des bébés de 5 mois saisissent un cube avec une opposition du pouce par rapport aux autres doigts, 50 % à 7 mois et 90 % à 8 mois et 3 semaines. Enfin, la pince radio-digitale augmente en fréquence, c'est la pince fine entre index et pouce, acquise pour 10 % des enfants dès 7 mois, pour la moitié à 10 mois, pour 90 % à 14 mois. L'apparition de ces différentes pinces dépend surtout des objets à saisir, le bébé présente très tôt une grande variété de pinces, dont l'utilisation est encore parfois peu ajustée compte tenu de la tâche à réaliser (figure 9).



Figure 9 : Trois pinces présentées par une enfant de 14 mois dans une tâche d'introduction de perles dans une bouteille. Les pinces sont variées, digito palmaire ou radio-digitale, ainsi que le choix de la main.

La prise évolue avec, entre 15 et 18 mois, une amélioration dans la précision du geste et dans la finesse du relâchement. La vitesse augmente. Fagard et Pezé

(1997) notent ainsi que, dès 10 mois, le temps de réaction (temps compris entre la vision de l'objet et le geste de saisie de cet objet) diminue. Ce temps de réaction, très bref avant 6 mois, s'allonge entre 6 et 10 mois ce qui permet d'améliorer les capacités d'anticipation. La capacité à anticiper signifie que le mode de saisie s'adapte mieux aux caractéristiques extrinsèques et intrinsèques de l'objet (poids, position…) et la manière de prendre l'objet varie selon le but du geste. Les contraintes environnementales et les propriétés des objets sont progressivement prises en compte de façon anticipée, qu'elles soient accessibles visuellement ou non. On trouve ainsi l'âge de 4 mois pour la distance (Rochat, Goubet & Sanders, 1999), entre 5 et 9 mois pour la prise en compte de lorientation (Lockman, Ashmead & Bushnell, 1984 ; Rochat, 1992), entre 5 et 13 mois selon les auteurs pour la prise en compte anticipée de la taille (Butterworth, Verweij & Hopkiins, 1997 ; Siddiqui, 1995; von Hofsten & Rönnqvist, 1988), entre 12 et 24 mois pour la texture (Forssberg *et al*., 1995) et entre 12 et 24 mois pour le poids (Forssberg *et al.*, 1992 ; Hauert, 1980 ; Hauert et al., 1981; Mounoud & Bower, 1974).

Grasping et préhension

Basée sur une vision maturationniste du développement, l'idée que le grasping gène la mise en place de la préhension volontaire est encore très répandue (Illingworth, 1978 ; Saint-Anne D'Argassies, 1982 ; Ajuriaguerra, 1978). Ce reflexe archaïque commence avant le terme de la grossesse et s'étend jusqu'à 6 mois environ. Pour la « catching phase » (fermeture des doigts provoquée par la stimulation tactile de la paume) le réflexe perdure environ jusqu'à 3 mois : 50 % des enfants de 3 mois ont les mains en général ouvertes, 10 % commencent dès la 3ème semaine. Pour la "holding phase" (déclenchée par la stimulation proprioceptive des récepteurs musculaires et tendineux, et qui donne le maintien d'une main fermée sur l'objet) il reste présent jusqu'à 5-6 mois environ. A 6 mois, 90 % des enfants ont les mains en position ouverte le plus souvent. La coïncidence temporelle de la disparition du réflexe sous ses deux dimensions et l'émergence de la saisie volontaire n'est cependant pas si claire, notamment depuis que Grenier (1981) a montré la présence de mouvement de saisie dans les premières semaines de vie lorsqu'on libère le bébé du poids de sa tête. Les liens entre réflexe et mouvement volontaire ont été revisités

par de nombreux auteurs depuis plusieurs décennies (Hadders-Algra & Prechtl, 1992 ; Hay, 1985 ; Thelen et al., 1987 ; Touwen, 1993 ; Zelazo et al., 1993).

La manipulation

Enfin le but final de l'approche et de la prise est atteint et l'enfant peut manipuler l'objet pour le découvrir en l'explorant avec tous ses sens : visuellement, tactilement, oralement et « haptiquement » (tact et kinesthésie digitale et manuelle). Si une partie des explorations manuelles du bébé concernent son propre corps (ses pieds, ses mains…), il passe aussi beaucoup de temps à explorer les objets qui l'environnent. Pendant l'exploration, le bébé regarde l'objet, il le tape, le gratte, le secoue, le retourne. Les activités qui sont observées fréquemment lors de la manipulation évoluent avec l'âge. Entre 0 et 3 mois, le bébé enserre les objets qu'on lui met dans la main ou qu'il saisit activement, mais il ne parvient pas à faire autre chose de l'objet sinon le porter à la bouche. Il n'y a pas de déplacement de l'objet à l'intérieur de la main ou entre les deux mains. A 6 mois, on observe un pic dans l'exploration orale des objets, et ce, jusqu'à environ 9 mois : le bébé porte tout ce qu'il attrape à sa bouche. Entre 4 et 10 mois, l'enfant secoue ou frappe, présente des stéréotypies rythmiques sur l'objet qu'il tient. Il réalise par exemple des mouvements des doigts ou de la main, comme frotter ou gratter. Vers 10 mois, apparaissent généralement les activités bimanuelles complémentaires : l'enfant fait usage de ses deux mains, tient l'objet d'une main pendant que l'autre l'explore (voir pour une revue, Fagard, 2000).

Les coordinations bimanuelles

Nous avons vu plus haut que la manipulation des objets passe de principalement bimanuelle à unimanuelle, puis redevient bimanuelle à la fin de la première année (encadré *De la bimanualité à l'unimanualité : quatre regards*). Fagard (2001) note ainsi un fort couplage entre les 2 mains jusqu'à 12 mois. Entre 2 et 3 ans, l'enfant manipule de mieux en mieux les objets et peut manger seul, par exemple. Les gestes sont plus souvent bimanuels qu'on ne le pense : la main préférée fait l'action mais l'autre imite, soutient ou complète.

Classifications des gestes bimanuels

Fagard (2001) classe les coordinations bimanuelles en 4 catégories, en fonction du lien qui existe entre les deux mains.

1. Les deux mains peuvent être indépendantes spatialement et temporellement. Cette coordination est peu utilisée dans la vie courante comme par exemple dessiner un carré avec une main et un rond avec l'autre…

2. Les deux mains produisent des gestes indépendants spatialement mais synchronisés. C'est le cas, par exemple, des activités musicales impliquant une position différente des mains et des doigts entre les deux côtés mais les gestes sont faits en même temps, et synchronisés.

3. Les deux mains sont complémentaires à rôles non différenciés. C'est par exemple le cas dans un labyrinthe à bille, ou lors du soulèvement d'un objet à deux mains.

4. Les deux mains peuvent aussi être complémentaires à rôles différenciés. C'est le cas dans tous les gestes bimanuels de la vie quotidienne où la main non dominante joue un rôle de stabilisateur et de référent spatial pour la main dominante qui agit : dévisser, planter un clou.

Développement des gestes bimanuels

Les tâches bimanuelles peuvent être réalisées avec succès avant 12 mois quand l'exercice est facile. Par exemple, quand l'enfant doit tirer sur une ficelle avec une main pour attraper un jouet avec l'autre main ou ouvrir une boîte pour se saisir d'un objet placé à l'intérieur de la boîte, on observe 80 % de réussite sur les tentatives d'un même enfant dès 9 mois (Fagard, 1994). Quand une des mains joue simplement un rôle de stabilisateur, la tâche peut être réussie à 100 % dès 7 mois (Kimmerle *et al*., 1995).

Lorsque la tâche est plus complexe, comme tenir un étui pour en sortir un objet (30 % de réussite à 9 mois) ou soulever un couvercle transparent de l'une pour se saisir d'un objet de l'autre main (60 % de réussite à 9 mois), il faut attendre 11 mois pour voir les mêmes taux de réussite que pour les tâches simples. L'ensemble de ces tâches est effectué avec 100 % de succès dès 12 mois. Pour des exercices encore plus difficiles, la réussite parfaite sera vers 24 mois (Bruner, 1970).

Les coordinations bimanuelles sont liées à plusieurs contraintes. La contrainte de symétrie fait que le mouvement est facilité quand les muscles homologues se contractent en même temps. Vers 5 ans, l'enfant devient moins sensible à cette contrainte, cependant l'activation de la deuxième main en miroir se fait encore jusqu'à 7 ans selon la difficulté de la tâche. L'activité bimanuelle est également soumise à la contrainte de synchronie qui est la tendance à produire le même rythme avec les deux mains. Cette contrainte est très prégnante jusqu'à 7 ans. Il faut rajouter une dernière contrainte, la contrainte d'asymétrie, qui peut sembler contredire la contrainte de symétrie. Effectivement, malgré la contrainte de symétrie, le mouvement n'est jamais parfaitement identique des deux côtés (Fagard, 2001).

Le développement de la latéralité

Définitions générales. Il faut distinguer la latéralisation de la latéralité : la première est un processus par lequel une prévalence motrice et perceptive se met en place au cours du développement. La seconde correspond aux asymétries hémisphériques et s'observe sur la main, le pied, l'œil, l'oreille.

En ce qui concerne la latéralité motrice, il convient également de différencier la latéralité neurologique et la latéralité fonctionnelle. La latéralité neurologique ou innée, spontanée, se mesure par l'examen du tonus (épreuve du ballant, extensibilité, syncinésies) ou avec certains mouvements (rotation sur soi, dessin d'un cercle). La latéralité fonctionnelle correspond à la latéralité d'usage, comme par exemple le choix de la main d'écriture, que l'on peut évaluer avec différentes échelles ou questionnaires. La latéralité est déterminée par des facteurs génétiques, anténataux (position du bébé pendant la grossesse) et culturels. Être droitier ou gaucher signifie avoir une préférence manuelle pour réaliser les tâches de la vie courante comme couper avec un couteau, tenir un verre ou écrire. L'écriture est la tâche que l'on étudie le plus souvent pour définir la latéralité d'une personne. Dans la population générale, on trouve pour cette tâche 88 à 90 % de droitiers et 10 à 12 % de gauchers.

Développement de la latéralité motrice Les effets de l'asymétrie hémisphérique sont observés, parfois avant la naissance : les mouvements spontanés du fœtus seraient

plus fréquents à droite (83 %). Cela pourrait être en lien avec la position du fœtus. Selon certains auteurs, la majorité des fœtus présentent une position occipito-iliaque gauche dans l'utérus, le côté gauche est donc plus bas que le droit et l'hémisphère cérébral gauche mieux irrigué. Des asymétries manuelles ont été notées dès la naissance : hochet tenu plus longtemps par la main droite, le bras droit serait plus rapide dans le réflexe de Moro chez une majorité d'enfants, la main droite entre plus souvent en contact avec la bouche. On remarque pareillement l'existence d'asymétries posturales très nettes : le réflexe tonique asymétrique du cou (figure 10) est réalisé vers la droite dans 70 à 90 % des cas (Fagard, 2000).



Figure 10 : Le reflexe tonique asymétrique du cou chez un nourrisson de 2 mois et demi.

Cependant l'existence d'une prévalence manuelle chez le nouveau-né ne fait pas l'unanimité Après 5-6 mois, une préférence peu marquée commence à se vérifier dans les observations des auteurs. Par exemple, un objet dans la main droite serait plus souvent porté à la bouche, et si l'objet se trouve dans la main gauche, la majorité des bébés le transfère à la main droite pour le porter à la bouche. Cependant, cette préférence dans l'approche de l'objet reste faible dans la première année de l'enfant, et s'établit petit à petit dans le courant de la deuxième année pour devenir réellement marquée entre 2 et 4 ans (Fagard, 2000).

Eléments sur l'adolescence

Entre 10 et 19 ans, l'enfant devient pour l'organisation mondiale de la santé, un adolescent (OMS, 1986). Cette période, qui débute avec la puberté se termine lorsque l'identité et le comportement adultes sont acceptés (Sacks, 2003). Cette étape du développement psychomoteur a longtemps été négligée. En effet, le focus

a majoritairement porté sur la petite enfance et l'enfance, périodes durant lesquelles les changements sont à la fois massifs et fondamentaux. L'adolescence constitue pourtant une période tout à fait particulière du développement psychomoteur à différents point de vue. Tout d'abord, au niveau physique, la puberté induit des changements nombreux et complexes touchant la taille, le poids, la musculature, ou encore la morphologie et les proportions corporelles (Tanner, 1962 ; Espenschade & Eckert, 1980). Ces modifications corporelles ont des répercussions différentes sur les performances psychomotrices des garçons et des filles. Cette phase d'adaptation du corps à la fonction de reproduction comprend également des modifications psychiques, en plus des modifications corporelles. La puberté et l'adolescence se caractérisent notamment par une centration sur le corps, un remaniement de l'estime de soi et de l'image du corps (Cloutier, 1998).

Du point de vue psychomoteur, la période de l'adolescence peut ainsi être envisagée comme une période de profonde réorganisation, mais également comme la poursuite d'un processus développemental débuté avant la naissance... La puberté induit des changements physiologiques différenciés entre garçons et filles. Cette période de la vie est ainsi celle au cours de laquelle les différences sexuelles dans le fonctionnement psychomoteur deviennent très prégnantes. Nous allons dans un premier temps présenter le fonctionnement psychomoteur des adolescents, en tenant compte de cette différenciation entre les sexes. Dans un second temps, nous nous tournerons vers des questions abordées récemment par des chercheurs collaborant avec l'une des auteurs concernant le contrôle du mouvement et de la posture et l'estime du corps à l'adolescence.

La puissance motrice et les coordinations globales à l'adolescence

La force musculaire, tout d'abord, augmente deux fois à quatre fois plus chez le garçon que chez la fille à partir de 13 ans (force manuelle, poussée). Les performances motrices impliquant la force d'une façon générale, favorisent les garçons par rapport aux filles au cours de l'adolescence. Espenschade et Eckert (1980) rapportent ainsi que si les filles ne montrent plus de progression remarquable à partir du moment où elles sont réglées, les garçons continuent au contraire d'améliorer nettement leurs performances à ces âges.

Dans une recherche transversale ancienne, Vincent (1968) a comparé les performances motrices d'adolescentes dans différentes tâches au cours de leur scolarité. Pour la course et le saut, les filles de 14-15 ans sont les meilleures, la précision et la longueur du lancer de balle et la maîtrise du rebond sont les mieux réussies par les filles de 15-16 ans et le pas chassé et le saut à la corde sont mieux réussis par les filles de 18 ans. Ces résultats montre qu'une progression des performances est donc présente, mais elle n'est pas très importante et semble dépendre fortement de facteurs culturels. Chez les garçons, les performances augmentent de façon nettement corrélée à la puberté, dans des tâches de course, de saut et de lancer. Ellis *et al.* (1975) ont analysé les performances d'adolescents, suivis de 10 à 16 ans, dans des tâches de saut à pieds joint, de suspension à une barre bras fléchis, et de fléchissement des genoux. Au-delà d'une progression nette des réalisations entre ces âges, ils ont pu montrer que l'augmentation de la taille des membres, puis du tronc, mais aussi l'augmentation de la force sont déterminantes dans ces capacités. Il semble que chez les garçons, la précocité de la puberté soit associée avec l'excellence des performances motrices au moment de l'adolescence (Espenschade & Eckert, 1980).

Le contrôle moteur et le contrôle de l'équilibre

Les évaluations motrices centrées plus précisément sur les coordinations psychomotrices et non plus seulement sur des performances physiques comme le saut ou la course ne révèlent pas une différence si importante entre garçons et filles. Les scores composites[10] obtenus à l'aide des tests psychomoteurs masquent souvent des différences entre les facteurs de motricité. Les garçons apparaissent supérieurs dans les tâches d'agilité qui requièrent des changements rapides de direction : sauter et tourner, par exemple. En revanche, l'écart entre garçons et filles est moins marqué dans les items de contrôle, de flexibilité ou d'équilibre (Espenschade & Eckert, 1980). L'intérêt porté par les adolescentes aux tâches d'agilité a été évoqué comme possible explication de leurs petits scores dans les

[10] Se dit d'un score à un test qui est obtenu à partir de plusieurs sous-échelles. Par exemple, le score de d'évaluation du mouvement fournit par le M-ABC (Soppelsa & Albaret, 2004) est composé d'un score de dextérité manuelle, d'un score de maîtrise de balle, d'un score d'équilibre statique et d'un score d'équilibre dynamique.

tâches d'agilité. Ceci dit, les différences observées concernant la puissance motrice (paragraphe précédent) contribuent probablement aussi à expliquer les différences sexuelles.

La réalisation des tâches d'équilibre ne montre pas de progression importante à l'adolescence, pour les garçons comme pour les filles. La marche sur une poutre ne présente pas d'amélioration entre 12 et 14 ans chez les filles. Chez les garçons, les recherches montrent soit une amélioration entre 14 et 16 ans, soit une amélioration jusqu'à 11 ans puis un déclin, ou tout du moins une très grande variabilité, soit enfin, un plateau entre 13 et 15 ans.

La croissance corporelle et la maladresse

L'usage est encore fréquent de décrire les adolescents comme des personnes maladroites, victimes jamais vraiment innocentes d'incidents, d'accidents, bousculant autrui et cassant les objets. Le pic de croissance, autrement dit le moment où l'adolescent voit sa taille augmenter très rapidement, constitue un phénomène qui pourrait expliquer la perturbation des coordinations motrices. Après les travaux de Tanner *et al.* (1976), plusieurs recherches se sont attachées à décrire la chronologie du pic de croissance à l'adolescence. Buckler et Wild (1987), par exemple, notent que le pic de croissance se situe autour de 14 ans chez la majorité des garçons et autour de 12 ans chez les filles. La variabilité interindividuelle est importante et 90 % des sujets présentent un pic de croissance entre 12,9 ans et 15,5 ans pour les garçons et entre 11,9 et 15,1 chez les filles. Ce pic de croissance montre également une grande variabilité interindividuelle tant sur sa durée, sa valeur maximale que sur la prise de taille totale.

Cependant peu de travaux de recherche sont parvenus à observer une véritable altération des performances motrices à l'adolescence. Dès 1935, Dimock rapporte, grâce à une recherche longitudinale, une augmentation de la qualité des coordinations motrices entre 12 et 16 ans. Les adolescents, tous des garçons, étaient vus une fois par an durant trois années. Quand la puberté survient, l'amélioration des performances motrices serait ralentie, mais pas inversée. D'autre part, en tentant de mettre en lien les coordinations motrices avec le pic de croissance, ce chercheur observe que c'est au moment de ce pic que les performances s'améliorent le plus. Ainsi, s'il y a ralentissement des performances de

coordinations motrices, il se situerait plutôt au début soudain de la prise de taille qu'au moment de son maximum de vitesse. Espenschade et Eckert (1980) mentionnent également un léger infléchissement des performances des garçons dans des tâches d'équilibre dynamique entre 12,5 et 14 ans, alors que sur la globalité de l'adolescence (12 ans – 16 ans), les scores augmentent. Plus récemment, Davies et Rose (2000), en distinguant trois phases dans l'adolescence (pré-pubère, pubère, post-pubère) ont échoué à observer une dégradation des performances dans des tâches de coordination au cours de la puberté chez des adolescents.

Visser, Geuze et Kalverboer (1998) ont utilisé une méthode longitudinale très élaborée pour analyser les liens entre croissance corporelle et compétence motrice. Trente garçons de 11 ans 6 mois sont mesurés et pesés tous les mois par leurs parents avec un matériel standard distribué par les auteurs. Pour la régularité des mesures, les auteurs envoyaient une carte postale de rappel à chaque fin de mois, comportant des cases à remplir pour les mesures. Tous les 6 mois, les garçons se déplacent au laboratoire et passent le test M-ABC (Henderson & Sugden, 1992). Les résultats montrent que plus la vitesse de croissance est importante, plus les scores de coordinations motrices sont bas. Cette dernière recherche est une des seules permettant de mettre en lien vitesse de croissance et performance motrice. Elle permet de donner un support scientifique à la perception de très nombreux professionnels concernant la perturbation transitoire de la coordination motrice au moment de l'adolescence.

Pour ce qui concerne le contrôle postural, les modifications liées à la puberté pourraient également être mises en lien avec des changements de mode de contrôle et de stratégie (Assaiante & Amblard, 1995 ; Viel *et al.*, 2009). La stabilisation de la tête dans l'espace lors de la locomotion est une stratégie qui permet de maintenir stable un référentiel postural fondamental : la tête comprend les récepteurs visuels et vestibulaires. Lorsque la tête est stabilisée dans l'espace, elle reste plutôt fixe alors que le reste du corps bouge ; à l'inverse, lorsque la tête est stabilisée sur le segment inférieur (les épaules), les deux segments ont tendance à bouger ensemble. L'âge de 7 ans est un âge clé où l'enfant passe d'un fonctionnement « en bloc » de l'ensemble tête-tronc à un fonctionnement articulé lors de situations d'équilibre difficiles ; la tête est alors stabilisée dans l'espace (Assaiante et Amblard, 1995). A l'adolescence,

plusieurs recherches montrent une réorganisation des stratégies d'équilibre (Mallau *et al.*, 2007 ; Viel *et al.*, 2009 ; Assaiante *et al.*, 2009), avec notamment une perte de la stabilisation de la tête dans l'espace dans les situations d'équilibre précaire. Cela signifie que l'adolescent abandonne la stratégie la plus efficace pour organiser sa posture, sans que cela ne soit forcement suivi de chute. Alors que l'enfance peut être caractérisée par une maîtrise progressive de la stabilisation de la tête dans l'espace comme référentiel stable autour duquel va s'organiser l'équilibre lors de la locomotion ou du maintien de d'équilibre, l'adolescence semble constituer une rupture. Le développement du contrôle de l'équilibre ne suit donc pas une trajectoire développementale linéaire et les changements liés à la puberté influencent donc également les modes de contrôle de l'équilibre et de la posture.

L'estime du corps à l'adolescence

Les liens entre image du corps et développement psychomoteur ne sont pas démontrés. De nombreuses recherches restent ainsi à réaliser pour étayer cette intuition clinique que la satisfaction ou l'insatisfaction de l'image du corps influence la qualité des mouvements et du développement psychomoteur. Nous souhaitons pourtant, pour ne pas ignorer cette question, donner quelques éléments permettant d'élaborer des hypothèses sur le lien entre estime du corps et motricité.

La puberté, en plus de déclencher une modification de la taille, du poids et des proportions corporelles, transforme le corps vers un corps pubère nouveau, non familier et instable, un corps d'adulte que l'adolescent n'est pas encore. L'évaluation de la satisfaction d'un individu concernant l'image qu'il a de son corps est appelée Estime du corps. Mendelson *et al.* (1997) ont construit le *Body-Esteem Scale for Adolescents and Adults*, un questionnaire permettant de réaliser une auto-évaluation de son prorpre corps. Cet outil permet d'appréhender trois dimensions de l'estime du corps : la satisfaction concernant son poids, les sentiments à propos de son apparence physique et l'estimation que l'on a du regard des autres sur notre corps. L'estime du corps est corrélée à l'estime de soi, mais personne n'a encore statué sur la causalité de ce lien. Le sentiment que les individus ont vis à vis de leur physique, a tendance à être affecté à l'entrée de la puberté. Au moment de l'adolescence, les travaux montrent une tendance à la diminution de l'estime du corps chez les filles et à une augmentation de l'estime du corps chez les garçons. Brami (2007 ;

Kindelberger, Brami & Mallet, 2008) rapporte qu'à l'adolescence, l'estime du corps diminue chez les filles alors qu'elle se stabilise voire augmente chez les garçons. Les adolescentes connaissent une insatisfaction corporelle directement liée à la maturation pubertaire alors que les garçons voient leur image du corps se stabiliser. Ce résultat s'ajoute aux observations déjà réalisées selon lesquelles l'image du corps diffère chez les adolescents et adolescentes (Rodrigez-Tomé *et al*., 1997). Chez les garçons, on relève une corrélation positive entre le niveau de maturation pubertaire et leur sentiment d'attrait. Au contraire, le sentiment d'attrait diminue chez les filles : leurs modifications pubertaires s'accompagnent d'une croissance staturo-pondérale affectant leur silhouette. L'interprétation qui est faite de ce résultat robuste est que la puberté éloignerait les filles de la silhouette idéale médiatisée alors qu'elle rapprocherait les garçons de l'idéal masculin.

Les liens entre estime du corps et performances motrices ont été formalisés par Guérin et Famose (2005), en termes de concept de soi. Ces auteurs décrivent deux modèles. Le premier, modèle du développement de l'habileté, considère que les performances physiques ont un impact direct sur le concept de soi physique. Des programmes d'amélioration des capacités physiques peuvent ainsi améliorer le concept de soi physique. Le modèle de l'amélioration du soi propose un sens causal inverse : la perception que nous avons de nos compétences physiques prédirait nos performances sportives. Ce lien se trouverait toutefois médiatisé et parfois modéré par l'âge, le genre ou encore l'ethnie. Nous avons, pour notre part, tenté, dans une recherche récente, d'établir un lien entre estime du corps et paramètres locomoteurs et posturaux chez des adolescentes âgées de 14 ans (Jover *et al.*, en préparation). Dans une tâche de locomotion, nous avons analysé les différents paramètres locomoteurs (vitesse de marche, longueur et durée de l'enjambée…) et posturaux (stabilisation de la tête, des épaules et du bassin) des adolescentes pour les corréler à l'estime qu'elles avaient de leur corps. Les résultats montrent que les liens entre ces deux dimensions sont rares et marginaux.

Le développement de l'adulte et de la personne âgée

Le vieillissement selon l'OMS est le processus graduel et irréversible de modification des structures et des fonctions de l'organisme résultant du passage du temps. La

sénescence est l'état de vieillissement normal des individus. Les évolutions observables au cours de la vie adulte sont bien moins spectaculaires que dans les deux premières années de vie ou pendant l'adolescence. Mais ces changements, le plus souvent physiques et cognitifs, qualifiés d'inéluctables et quasi-universels sont admis par tous. Globalement, la dichotomie théorique entre adolescence et âge adulte se fait à 20 ans. L'âge adulte se divise en trois périodes : le jeune adulte de 20 à 40 ans, l'adulte d'âge moyen de 40 à 60-65 ans et l'adulte vieillissant à partir de 60-65 ans. Au plan sociologique, on parle aussi du 3ème âge à partir de 60-65 ans et du 4ème âge à partir de 80 ans. Ceci est dû au fait que l'on vit plus longtemps dans les pays occidentaux depuis une vingtaine d'années et que cette dernière tranche d'âge constitue un enjeu de société majeur. Car comme l'indique l'OMS : « La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité ».

Méthode d'étude

L'âge vieillissant (à partir de 30 ou 40 ans selon les auteurs) est plutôt caractérisé par des involutions. Ce processus d'involution est qualifié de différentiel car il n'affecte pas de manière uniforme l'individu lui-même (vieillissement différentiel des organes et des fonctions), ni les individus entre eux.

Ces involutions sont plus faciles à repérer dans la pathologie mais présentent des caractéristiques propres dans le vieillissement dit typique. Le vieillissement de la population dans les pays occidentaux, et plus généralement sur la planète, et une meilleure connaissance de la pathologique caractéristique de cette tranche d'âge a amené à différencier le vieillissement pathologique du vieillissement normal. Par ailleurs, les méthodes d'étude du vieillissement normal dans ses composantes cognitive et physique (c'est-à-dire motrice et physiologique) ne peuvent pas emprunter aux méthodes d'études du développement de l'enfant ou de l'adolescent. En effet, tout le monde, dans les domaines de la médecine et de la psychologie, s'accorde à dire que des changements physiques et cognitifs apparaissent avec l'âge, notamment à partir de 40 ans. Toutefois, une très grande variabilité existe dans le vieillissement quelle que soit la composante étudiée (psychomotrice, psychologique, physiologique, etc.). De plus, certains des changements sont parfois attribuables à la maladie, dont la fréquence augmente avec l'âge comme c'est le cas

pour les maladies cardio-vasculaires. C'est pourquoi il faut rester prudent et ne pas faire de généralisation en termes d'âge d'apparition des involutions. C'est pourquoi, aussi, le paragraphe consacré à la description des processus du vieillissement ne donnera pas toujours précisément les tranches d'âge. En ce sens, les études utilisant une approche longitudinale du vieillissement peuvent d'ailleurs poser problème. En outre, l'utilisation de groupes transversaux ne tient pas compte de l'hétérogénéité de la santé au sein d'un même groupe à partir d'un certain âge. Ceci peut également biaiser les résultats. Pour poursuivre le raisonnement autour de l'exemple de la santé cardio-vasculaire, on peut dire que les maladies du cœur ne font pas partie intégrante du vieillissement normal, il convient donc de choisir des sujets d'étude en bonne santé pour observer l'évolution du vieillissement psychomoteur normal. Mais le vieillissement psychomoteur dépend en partie de l'état de santé cardio-vasculaire du sujet. L'étude du vieillissement psychomoteur est donc complexe. Le paragraphe consacré à la présentation des compétences psychomotrices chez la personne vieillissante tentera de respecter les séparations entre les trois groupes d'âge : jeune adulte, adulte d'âge moyen et personne âgée à partir de 60-65 ans. Une particularité sera faite à partir de 80 ans compte-tenu de l'augmentation de la fréquence des chutes.

Les modèles théoriques du vieillissement

Plusieurs modèles coexistent autour du vieillissement (Bideaud, Houdé & Pedinielli 2004). Les modèles biologiques mettent l'accent sur la diminution de la densité cellulaire et de la capacité cardio-respiratoire, sur la fragilité croissante du système immunitaire, sur les changements hormonaux. Ces transformations ont des conséquences sur les compétences neuro-cognitives, perceptives et psychomotrices. Le second modèle, le modèle social du vieillissement, se fonde sur le désengagement de l'individu de la vie sociale et sur son histoire passée comme déterminant sa capacité d'adaptation à cette nouvelle condition d'existence. De leur côté, les modèles issus de la psychologie cognitive mettent en avant l'altération et les pertes dans le traitement de l'information, y compris l'information de nature sensori-motrice. Mais aussi, ces modèles apportent un regard spécifique à cette période de la vie en qualifiant son fonctionnement de particulier et de nouveau. En effet, le sujet âgé utilise des capacités acquises par le passé dans le but d'atténuer les pertes et

déficits présents. C'est dans cet interstice que le psychomotricien peut trouver sa place d'intervenant sur la trajectoire souvent qualifiée d'inéluctable du déclin psychomoteur. Enfin, il existe les modèles psychanalytiques. Dans celui de Le Gouès (cité par Bideaud, Houdé & Pedinielli, 2004) une « atteinte narcissique mettant en cause certaines représentations » apparaît avec le vieillissement. Elle est liée aux divers déficits. Se structurent alors des mécanismes de défense psychiques. Le « moi » doit se réorganiser et un travail de deuil doit commencer.

Notre propos se situe essentiellement dans le champ des approches biologique et cognitive. Ce sont les modèles qui ont le plus étudié le vieillissement psychomoteur. L'organisation du propos s'inspire également de la neuropsychologie du mouvement. L'évolution psychomotrice du sujet âgé a surtout été étudiée autour du contrôle postural pour mettre en place des interventions de prévention de la chute. Peu de travaux ont été réalisés par des psychomotriciens. A cet égard, il faut souligner l'ouvrage d'Albaret et Aubert (2001).

Les processus du déclin psychomoteur

Le développement des capacités après l'adolescence

A la fin de l'adolescence, les transformations corporelles dans tous leurs aspects arrivent à leur terme. Le jeune adulte de 20 à 30 ans présente des performances dans les activités physiques et motrices (sportives ou autres) de meilleure qualité qu'elles ne le deviendront plus tard (Bee & Boyd, 2003). La masse et la force musculaires, la calcification osseuse, la masse cérébrale et la rapidité d'exécution motrice atteignent leur apogée à cet âge. Les capacités cardio-vasculaires et le système immunitaire sont également bien plus performants et les capacités de récupération sont aussi plus rapides et plus efficaces. Les capacités d'adaptation aux variations environnementales sont meilleures durant cette période de la vie. Par ailleurs, les systèmes perceptifs en rapport avec l'exécution des mouvements sont particulièrement efficients, ainsi que l'analyse cognitive du mouvement.

Le déclin débute très progressivement à partir de 30 ans environ, compensé parfois par l'expérience et les stratégies mises en place par l'individu. Ces compensations dépendent des compétences cognitives du sujet, de son niveau de santé générale et

d'éducation, de sa situation socio-affective et socio-économique, et de son expérience de vie.

Les capacités physiologiques

Certains auteurs s'accordent à dire que les capacités ci-dessus sont bien préservées jusqu'à 40 ans environ et ne déclinent qu'à partir de cet âge. Gardons à l'esprit que les conditions de vie et de santé des sujets étudiés étant toujours meilleures, l'âge du déclin psychomoteur est en révision régulière depuis 2 ou 3 décennies. On sait d'ailleurs que l'effet de l'entraînement moteur chez l'adulte sur le vieillissement est très positif et ralentit le déclin, y compris cognitif (Lemaire & Bherer, 2005). Les études du déclin psychomoteur analysent les processus du vieillissement psychomoteur au travers du vieillissement des capacités cardio-vasculaires et ostéo-articulaires, de la force musculaire et de la vitesse d'exécution motrice, de la santé générale, des capacités perceptives et des compétences cognitives. Nous présenterons certains de ces processus avant d'aborder les compétences de programmation du mouvement du sujet âgé.

Les capacités cardio-pulmonaires[11] se réduisent à l'approche des 40 ans : hommes et femmes ont un déclin cardio-pulmonaire significatif et similaire en situation d'effort physique (Plowman, Drinkwater & Horvath, 1979). Des résultats semblables apparaissent dans les études sur le volume de sang éjecté par le cœur (Lakatta, 1985, Rossman 1980, in Bee & Boyd 2003) et le rythme cardiaque durant l'effort musculaire. En revanche, au repos, il n'y aurait pas d'effet significatif du vieillissement de ces aspects.

Le déclin des capacités cardiovasculaires a une incidence directe sur la force musculaire et la rapidité d'exécution motrice (Rantanen, 2003). Toutefois, il apparaît dans certaines études que les adultes vieillissants et actifs physiquement ne diffèrent pas des jeunes adultes actifs physiquement (Bee & Boyd 2003). Le plus souvent, le vieillissement entraîne chez les athlètes professionnels un déclin de leur force et de leur rapidité motrice aux mêmes âges que la population générale mais avec des moyennes de performances globalement plus élevées que celle-ci. En somme, lorsque le niveau de performance motrice est très élevé, le déclin est

11 Absorption maximale d'oxygène au repos ou à l'effort, VO²max.

proportionnellement plus important que chez les novices ou les « non experts » puisque chez ceux-ci, l'involution se fait à partir d'un niveau de performance moins élevé.

Par ailleurs, la fonte musculaire est un signe précoce du vieillissement. La sénescence musculaire a une incidence directe sur la force mais aussi sur la puissance[12] et l'endurance musculaires, entraînant une réduction des activités motrices quotidiennes. A titre d'exemple, pour le membre supérieur, la perte de force musculaire des contractions isométriques va de 28 à 55 % selon la localisation des muscles et les mouvements considérés (Seynne, 2003). Cette perte de force est moindre pour le membre inférieur probablement du fait d'une plus grande utilisation de celui-ci (Grimby & Saltin, 1983). Il est intéressant de noter que le déficit de la force musculaire et la diminution fonctionnelle motrice au quotidien ne sont pas forcément associées : elles le deviennent lorsque la perte de force tombe en dessous d'un seuil critique (Seynnes, 2003). On note enfin un allongement des temps de contraction et de relâchement des muscles. La répercussion fonctionnelle de la fonte musculaire et de l'allongement des temps d'utilisation des muscles entraîne une sous-utilisation des segments corporels, du fait des efforts supplémentaires nécessaires pour réaliser des actions motrices habituelles et connues. Se met alors en place un cercle vicieux nommé « déconditionnement physique et moteur du sujet », au cours duquel la réduction des actions motrices alimente à son tour la fonte musculaire (Mourey, 2000).

La santé générale des sujets adultes et vieillissants constitue également un facteur de déclin des performances motrices. On sait aujourd'hui que l'augmentation du risque de maladie est présente lors du vieillissement normal. Or les études portant sur les performances motrices et physiques chez l'adulte sont le plus souvent réalisées auprès d'un public en bonne santé. L'avenir devrait nous apporter des informations plus spécifiques du vieillissement psychomoteur chez le sujet âgé en tenant compte des maladies des personnes. Par exemple, House *et al.* (1990, cités par Bee & Boyd, 2003) ont étudié les liens entre la santé et la capacité à effectuer des tâches quotidiennes sur un échantillon représentatif de 3617 adultes américains. Ils montrent qu'avec l'avancée en âge, on trouve une corrélation positive entre la

[12] La puissance correspond au produit de la force produite et de la vitesse de contraction.

présence de maladies chroniques et le degré de restriction des activités quotidiennes, quelles que soient les couches socio-économiques considérées.

On pourrait également tenir compte de la santé mentale lorsque l'individu avance en âge. Or la plupart des recherches dans ce domaine témoigne d'un paradoxe : le jeune adulte est le plus souvent au sommet de sa forme physique et intellectuelle mais présente une vulnérabilité à la dépression et aux troubles affectifs significativement plus forte qu'aux autres âges de la vie adulte (Bee & Boyde, 2003). A contrario, d'autres études, comme celle de Lauderdale *et al.* (2003) montrent que le trouble anxieux semble plus fréquent chez le sujet âgé que chez le sujet jeune (10 à 15 % vs 8 %). Pourtant, 60 % des sujets âgés n'évoquent jamais des troubles anxio-dépressifs avec leur médecin ou leur infirmière (Frémont & Épain, 2005). La question est au cœur de nombreux travaux actuellement et un regain d'intérêt apparaît pour cette question car les outils d'évaluation des troubles anxio-dépressifs (DSM IV-TR) ne sont pas adaptés à la personne âgée.

Les capacités perceptives

Les capacités perceptives déclinent progressivement entre 40 et 50 ans, à la fois du point de vue des fonctions sensorielles et de l'intégration perceptive. La vision est soumise à une détérioration progressive des tissus et de l'efficacité fonctionnelle. Un exemple bien connu est la presbytie, fréquente à l'approche des 40 ans et liée à l'épaississement du cristallin : l'accommodation sur l'objet devient difficile, la distance entre l'œil et l'objet nécessaire pour accommoder augmente significativement entre 20 et 45 ans, surtout dans le champ visuel proximal. De même, le champ visuel, s'il ne se réduit pas directement, est limité du fait d'une oculomotricité moins efficace à partir de 40 ans. Cette réduction a des répercussions importantes sur le contrôle postural, sachant que la fonction dite proprioceptive de la vision périphérique y joue un rôle prédominant. Elle informe sur les mouvements relatifs de la scène visuelle et participe largement à la construction de la verticale subjective conjointement aux informations d'origine vestibulaire. Enfin, on note également une moindre sensibilité aux couleurs (Bornstein, 1988, in Bee & Boyd 2003) et une moindre adaptation aux variations de luminosité car le flux lumineux doit traverser la couche épaissie du cristallin. Certaines activités psychomotrices peuvent donc devenir source de stress par défaut d'adaptation aux variations de luminosité (ex. la conduite automobile de

nuit). Les mécanismes de traitement des informations visuelles sont aussi progressivement atteints par le vieillissement. La rapidité de conduction nerveuse se réduit, le volume de la substance blanche et l'arborisation dendritique diminuent significativement à partir de 45 ans, particulièrement dans le cortex visuel (Raz, 2000, in Lemaire & Bherer, 2005). De plus, le fonctionnement cérébral se modifie : la circulation de l'information inter-neuronale ralentit par une diminution des neurotransmetteurs. D'un point de vue fonctionnel, les personnes se trouvent gênées dans l'organisation de leur motricité, notamment parce que la dépendance à l'égard de la perception visuelle dans le contrôle postural augmente très significativement dès l'âge adulte moyen (Rochcongard & Monod, 2005).

L'audition subit également un phénomène de presbyacousie qui est apparent plutôt à partir de 50 ans. Là encore, une diminution de la quantité des cellules réceptrices de l'organe sensoriel est en cause, ainsi qu'une modification des structures internes de l'oreille et des nerfs auditifs. En France, on estime que 2/3 des adultes de plus de 50 ans n'entendent pas correctement et que 45 % rencontrent des difficultés dans la compréhension de certaines fréquences des sons dans les conversations. Les conséquences psychomotrices de la perte auditive s'observent dans l'orientation et la localisation d'un son et dans la discrimination auditive permettant d'anticiper des déplacements dans l'environnement, où le son a une place importante comme en milieu urbain. A ce sujet, le risque d'accidents domestiques et de la circulation augmente réellement. Au travail, sur la voie publique et dans la vie de tous les jours, la personne âgée ne perçoit plus les signaux auditifs d'alerte ou, quand elle les perçoit, n'en localise plus l'origine. A ce jour il est impossible de chiffrer l'incidence de ces difficultés mais il existe une différence sexuelle en défaveur des hommes (Rondet, 2003).

La perception tactile présente la même trajectoire que les autres modalités sensorielles : le seuil de sensibilité s'élève, les capteurs plantaires et de la main diminuent et la discrimination est plus difficile (Albaret & Aubert, 2001). La structure des récepteurs tactiles est aussi modifiée. Enfin, le système nerveux périphérique, responsable des transmissions nerveuses de l'organe récepteur (corpuscule de Pacini) au cerveau est également altéré dans sa structure et sa rapidité de conduction des informations (Gaubert-Dahan, 2008). Dès l'âge adulte moyen, les personnes présentent ainsi une altération de la sensibilité cutanée mécanique,

prédominant aux extrémités, ainsi qu'une diminution de la sensibilité à la vibration et une diminution de la sensibilité à la pression. La sensibilité thermique et la nociception semblent préservées de l'âge.

Les études portant sur le vieillissement proprioceptif normal sont rares : la proprioception a surtout été étudiée dans le cadre de la pathologie et de la chute. On sait néanmoins que la diminution du nombre de récepteurs ligamentaires, tendineux et musculaires entraîne une baisse de la sensibilité proprioceptive, de la discrimination et de la perception de la position du corps dans l'espace. « Les propriocepteurs sont situés à l'intérieur de tissus qui, en vieillissant, perdent de la souplesse et de l'élasticité. Les contraintes exercées sur les capteurs sont modifiées et ils envoient au SNC des signaux altérés » (Mourey *et al.,* 2003). Par ailleurs, pour certains spécialistes de la réhabilitation, les articulations perdent de la mobilité, les muscles s'atrophient, les tendons deviennent moins élastiques, modifiant la nature et la quantité des informations proprioceptives.

Le système vestibulaire, composé des canaux semi-circulaires et du système maculaire permet de détecter respectivement les rotations et les accélérations linéaires de la tête. La presbyvestibulie correspond à un vieillissement du système vestibulaire. Comme pour les autres organes sensoriels, les cellules nerveuses (cellules ciliées) et les fibres nerveuses conductrices diminuent en quantité (Mourey, 2000). Ce phénomène se traduit par une hyporéflectivité vestibulaire globale, entraînant souvent les pertes d'équilibre chez la personne vieillissante.

Perception multimodale et intégration sensorielle

La dépendance du contrôle moteur à l'égard de la perception multimodale est une donnée fondamentale en psychomotricité. Avec l'avancée en âge, les recherches montrent une augmentation de la dépendance aux afférences visuelles. Ce phénomène entraîne une baisse d'efficacité des systèmes sensori-perceptivo-moteurs responsables du maintien de l'équilibre et du contrôle postural. Chez le sujet adulte d'âge moyen, le traitement de l'information se fait plus lentement ce qui oblige les centres à négliger certaines de ces informations, notamment vestibulaires, au profit d'informations visuelles. Progressivement, de la prédominance de la perception visuelle résulte une plus grande instabilité posturale surtout lorsque la vision subit elle-même des perturbations liées à l'âge ou à la pathologie. La majoration des

troubles de l'équilibre est souvent suivie d'une réduction de l'engagement psychomoteur dans la vie quotidienne. De même, on imagine facilement les conséquences de la presbyvestibulie, quand on connaît le rôle déterminant joué par le vestibule dans l'équilibre. Le système vestibulaire, couplé à la vision et à la sensibilité proprioceptive, permet l'appréciation des déplacements et de la position du corps dans notre environnement.

D'une façon générale, l'altération des fonctions perceptives liée à l'âge augmente donc progressivement les risques de chutes avec aggravation des troubles de l'équilibre, entraînant une réelle peur des transferts (passage de la station assise à la station debout…), de la marche et de certaines coordinations motrices « engagées » (escaliers…). De plus, les modifications, dès 40-50 ans, des structures nerveuses (récepteurs sensoriels, voies de conduction et échanges neuronaux au niveau du système nerveux central) conduisent à l'allongement des temps de réaction moteur, augmentant ainsi les difficultés d'ajustement postural lors d'une chute.

Par ailleurs, la redondance perceptive permet une confirmation des informations sensorielles multimodales et le conflit sensoriel permet l'infirmation ou l'ajustement de certaines informations prélevées sur le corps et dans l'environnement dans le but de maintenir l'équilibre. Ces stratégies de contrôle postural et plus largement de contrôle du mouvement sont altérées par les pertes sensorielles et le déficit d'intégration perceptive (Jeandel *et al.,* 2005). Le sujet entre 40 et 60 ans peut donc éprouver des difficultés à activer une stratégie perceptivo-motrice posturale et au cours d'un mouvement.

Si un déclin psychomoteur est observable autour de 40 ans, les individus peuvent tout à fait maintenir un niveau de performance égal ou supérieur à celui d'un jeune adulte avec un entraînement moteur spécifique. L'entraînement modifie leur trajectoire de développement, notamment par le fait que l'activité physique augmente également les afférences proprioceptives et peut diminuer le risque de chute.

La programmation et l'exécution du mouvement

Nous avons vu plus haut que les altérations sensori-perceptives entraînent une altération des messages transmis aux centres nerveux supérieurs. La planification du mouvement se fonde donc, dans ces cas, sur des informations erronées, ce qui

expliquerait l'allongement et l'instabilité des temps de réaction moteur et de réalisation motrice, ainsi que la plus grande difficulté chez les aînés à corriger leur mouvement. D'autres mécanismes expliquent toutefois l'émergence d'altérations psychomotrices autour de 40 ans.

De nombreux adultes d'âge moyen présentent des difficultés de stabilité posturale et d'exécution des mouvements liées à la sélection et à la planification du mouvement. Lemaire et Bherer (2005) décrivent, après 40-50 ans, une détérioration des échanges neuronaux au niveau du lobe frontal, responsable de la planification et de la coordination motrice chez l'adulte. Ils évoquent aussi une diminution des récepteurs à la dopamine dans le cortex pré-frontal, affectant ainsi la capacité à réguler son attention et ses représentations nécessaires à la sélection des aspects pertinents d'une tâche. L'organisation d'un programme moteur adapté aux conditions du milieu et à la posture du sujet va donc être affectée, et en cascade, le mouvement produit : dans sa durée d'exécution, dans sa pertinence et dans la capacité de correction. Pour Albaret et Aubert (2001), le ralentissement est en rapport avec des adaptations des stratégies de contrôle du mouvement du fait de ressources attentionnelles appauvries et de la prédominance d'un mode de contrôle du mouvement par rétroaction[13].

Enfin, d'un point de vue cognitif, l'adulte d'âge moyen présente certaines altérations : mémoire de travail plus faible, capacité de concentration moins longue, flexibilité mentale plus difficile, travail en double tâche moins facile… Au niveau psychomoteur, la limitation de la capacité de charge mentale ne permet plus de traiter plusieurs informations simultanément, surtout lorsque leur provenance est multimodale. De ce fait, quand l'action motrice exige précision et rapidité, le sujet a tendance à favoriser la précision plutôt que la vitesse (Albaret & Aubert, 2001).

Les compétences cognitives

Nous ne développerons pas le vieillissement des compétences cognitives autant que nous l'avons fait pour la perception et l'organisation du mouvement. Nous souhaitons signaler tout de même quelques généralités. La mémoire de travail, la charge

[13] Le contrôle par rétroaction laisse la possibilité au sujet de se corriger en cours de mouvement contrairement au contrôle par proaction.

mentale que supposent des actions motrices en double tâche (Woollacott *et al.,* 2002), l'attention soutenue, la flexibilité et l'attention sélective, la capacité à planifier et à inhiber une action motrice ou une représentation, la résolution de problème sont autant de facteurs qui déclinent également à partir de 40 ans. Les effets de leurs perturbations se font nettement plus ressentir au quotidien chez la personne âgée à partir de 60-65 ans. Les « réserves cognitives » constituées par le niveau de scolarité et d'éducation de la personne vieillissante font une nette différence dans le vieillissement cognitif et la capacité de traitement des informations nécessaires à l'organisation motrice (Bee & Boyde, 2003 ; Lemaire & Bherer, 2005 ; Van Der Linden & Hupet 1994). Encore une fois, il est important de souligner l'effet significatif de l'entraînement moteur sur la préservation des capacités psychomotrices et mnésiques. La circularité entre composantes cognitives et psychomotrices lors du vieillissement fait actuellement l'objet de nombreuses recherches.

Quelles particularités à partir de 60-65 ans ?

Le nombre de personnes âgées de 60 ans et plus en 1999 en France s'élevait à 20 % des habitants soit 1200 000 personnes environ. L'espérance de vie en France pour les hommes est de 74,5 ans et de 83 ans pour les femmes. Le vieillissement est donc une préoccupation majeure des politiques de santé. La période de la vie débutant autour de 60 ans est caractérisée par une augmentation de l'hétérogénéité du développement psychomoteur. La distinction entre 3ème âge et le 4ème âge apparaît. Ces deux groupes se distinguent notamment par le risque de maladie grave. Le 4ème âge subit aussi un infléchissement plus net des capacités générales et un nombre plus important de chutes. Notons au passage que si l'on étudie le développement psychomoteur normal chez la personne âgée, il est nécessaire de préciser que « normal » ne signifie pas « inéluctable » : les interventions de spécialistes formés et informés ont une incidence réelle sur l'évolution psychomotrice des personnes et sur la qualité de leur vie. L'intervention en psychomotricité, comme en orthophonie d'ailleurs sur d'autres aspects, permet une meilleure prévention des pathologies neuropsychologiques et de la chute mais aussi une meilleure prévention d'une possible décompensation perceptive.

La décompensation perceptive est un phénomène résultant d'une cascade de dysfonctionnements sensoriels chez la personne âgée. Les effets du vieillissement et

des maladies sur la qualité des différents messages sensoriels aboutissent parfois à un véritable processus de désafférentation. L'appauvrissement des messages afférents, ainsi que l'accumulation d'afférences erronées (vestibulaires, visuelles et somesthésiques) provoquent une dégradation des référentiels psychomoteurs construits par le système nerveux central. Une fragilité de l'adaptation motrice du sujet très âgé aux diverses situations s'installe, compensée ou non. Cette fragilité devient un réel handicap lorsqu'une altération sensorielle supplémentaire vient s'ajouter aux déficiences déjà présentes. Dans ce cas, aucune source afférentielle ne pouvant compenser ce nouveau déficit, le contrôle harmonieux de la posture et du mouvement est rendu très difficile, voire impossible. C'est ce qu'on appelle la décompensation perceptive. L'autonomie diminue nettement. Les conséquences psychosociales de ce phénomène sont importantes à identifier dans une société où la vieille personne n'est pas valorisée.

Quelles incidences dans les coordinations psychomotrices ?

La coordination psychomotrice subit de plein fouet les déficits liés au vieillissement ainsi que la décompensation perceptive. Elle devient plus coûteuse et moins efficace donc moins motivante pour le sujet âgé.

La coordination entre posture et mouvement est notamment plus lente et la coordination des différents groupes musculaires (agonistes et antagonistes) impliqués dans les ajustements posturaux est difficile. Elle ne permet pas une bonne préparation posturale à la réalisation d'un mouvement segmentaire. Les transferts et changements de position sont progressivement appréhendés, voire évités (Haute Autorité de la Santé, 2005). L'attention préparatoire qui permet de maintenir un traitement cognitif le plus efficace possible avant l'exécution d'un mouvement se dégrade avec l'âge. On observe alors une répercussion directe sur la préparation posturale, notamment dans les tâches de saisie manuelle. La coordination entre posture et mouvement est donc affectée (Jeannerot, 1997, in Lemaire & Bherer, 2005).

En ce qui concerne la locomotion, la marche est altérée et se caractérise par une diminution de la longueur des pas, une diminution de l'amplitude articulaire (très nette au niveau de la dorsi-flexion de la cheville), une baisse de la qualité de dissociation des ceintures, une augmentation du polygone de sustentation, une

augmentation du temps d'appui bipodal au détriment du temps d'appui unipodal, une diminution de la stabilité de la tête dans l'espace, une modification posturale en cyphose dite « sénile » (par relâchement musculo-ligamentaire), une moindre élévation du pied en phase aérienne suscitant des risques de chutes (« pas rasants »). Il existe une réduction significative de la vitesse de déplacement et quand il faut accélérer, le sujet âgé diminue la longueur du pas et augmente la cadence (Albaret & Aubert, 2001). Par ailleurs, la marche, si elle est cyphotique, est fréquemment associée à une posture en déséquilibre postérieur. Ce phénomène serait, selon les auteurs, lié à la peur de la chute en avant et/ou à des déséquilibres ostéo-mécaniques. Certains paramètres locomoteurs ne semblent toutefois pas être modifiés avec l'âge : on observe une conservation de la régularité de la cadence ainsi que de la trajectoire.

Enfin, il faut souligner que la coordination motrice s'intègre généralement dans un schéma psychomoteur global dont la finalité est l'adaptation à des situations concrètes comme par exemple, transporter une casserole d'eau chaude, conduire en discutant, traverser une route en tirant son chien en laisse, etc. (Greene *et al.,* 1996). Ces situations requièrent souvent d'autres habiletés et notamment la capacité à accomplir une double tâche (Woollacott *et al.,* 2002). Avec l'âge, la capacité à effectuer une coordination motrice tout en écoutant une source de stimulation sonore (conversation, radio, etc.) diminue au détriment de la réalisation motrice et/ou de la mémorisation des informations sonores reçues (Lemaire & Bherer, 2005). La personne âgée passe finalement peu à peu d'un contrôle automatique de la marche à un contrôle volontaire (Dehail, 2008). Une étude de Beauchet *et al.* (2002) montre que l'addition d'une tâche verbale modifie les paramètres spatio-temporels de la marche et notamment la longueur du pas et la vitesse, montrant la fragilité de l'automatisme. Le déplacement devient aussi malaisé car l'anticipation perceptivo-motrice nécessaire au passage d'obstacles même petits, aux changements de direction, pose désormais des problèmes d'équilibre. Ceci contribue à expliquer le ralentissement de la marche chez le sujet âgé.

Et la motricité manuelle ?

Le vieillissement de la motricité manuelle a largement été étudié, autant du point de vue de la force que de l'organisation du mouvement.

On observe que les mouvements d'approche sont modifiés par l'âge. Dans la succession des phases d'accélération puis de décélération présents au cours des mouvements d'atteinte, le sujet âgé présente des difficultés significatives si le mouvement demande une certaine amplitude : il existe une plus grande instabilité de ces deux phases. Le risque d'erreur de trajectoire augmente avec l'augmentation de la distance à parcourir pour atteindre l'objet et entraîne donc un ralentissement de la réalisation motrice (Albaret & Aubert 2001). Le ralentissement serait donc une compensation. Mais les difficultés d'anticipation perceptivo-motrice et visuo-spatiale sont également responsables de ce ralentissement.

La saisie, quant à elle, est affectée par la diminution de la force musculaire (Seyme, 2003, Kallman *et al.,* 1990). Une fois l'objet atteint, l'adaptation de la force est gênée par deux phénomènes : la fonte musculaire d'une part et l'augmentation de la flexion des doigts pour augmenter les sensations haptiques devenues moins informatives d'autre part (Letzelter et al., 1986). Enfin, comme pour les autres domaines psychomoteurs, la motricité manuelle devient plus ardue si la personne âgée doit accomplir une autre tâche simultanément (un déplacement), si la tâche est de haut niveau (Summers *et al*., 2010), ou si certaines données sont mouvantes (déplacement d'une cible par exemple).

Enfin, la coordination bimanuelle synchrone et la coordination œil-main seraient bien préservées en termes de qualité de réalisation avec cependant une lenteur réelle des sujets âgés par rapport à des sujets jeunes (Albaret & Aubert, 2001). Pour les coordinations manuelles ou intersegmentaires non synchrones, on observe une dégradation significative chez les sujets âgés (Summers *et al*., 2010).

A partir de 80 ans : le problème particulier de la chute

La fréquence de la chute augmente avec l'âge. Un tiers des personnes âgées de plus de 65 ans et la moitié des plus de 85 ans sont tombées. L'estimation est toutefois difficile car les chutes peuvent passer inaperçues. La chute est la cause de 12 000 décès annuels en France sans compter les fractures du col du fémur. C'est un facteur d'entrée dans la dépendance et d'augmentation du risque de re-chute : 40 % des personnes âgées hospitalisées pour cause de chute sont institutionnalisées définitivement. Le risque de récidive est multiplié par vingt après la

première chute. Le risque de décès est multiplié par 4 dans l'année qui suit la chute (Amazan & Perrot, 2006).

Les conséquences de la chute sont graves : prudence excessive (peur de tomber, le sujet se pense plus « fragile »), voire anxiété, évitement et réduction de l'autonomie. Plus le temps passé au sol est long plus les conséquences psychologiques sont importantes. Dans le pire des cas, la personne présente ensuite un retrait social ou une institutionnalisation. La réduction de l'activité motrice qui suit ces incidents conduit souvent à une perte du schéma corporel et des référentiels psychomoteurs, une désadaptation motrice, agitation ou repli, ou une incontinence. Les facteurs de risque de la chute doivent donc être connus pour en limiter l'apparition : la prise de médicaments, la désafférentation somesthésique, la difficulté à réaliser une double tâche, le ralentissement des réponses posturales. On note également une posture en rétropulsion (déséquilibre postérieur), modifiant l'équilibre de la chaîne osseuse et la répartition des appuis y compris sur la plante des pieds. Ceci augmente de façon circulaire le risque de rechute et les douleurs. La chute a également une incidence sur la qualité de la marche du fait des modifications posturales.

La stratégie compensatoire la plus observée est le ralentissement d'exécution motrice mais celui-ci peut ne pas suffire lorsqu'il faut donner une réponse d'ajustement postural rapide. En effet, tout d'abord, les fonctions sensori-motrices comme le contrôle postural deviennent bien plus gourmandes en « dépense cognitive » avec l'âge et les situations de la vie quotidienne ne permettent pas toujours d'isoler une compétence après l'autre pour répondre à l'adaptation nécessaire. Ce qui amène la personne âgée à négliger certains aspects d'une tâche en privilégiant la précision afin d'éviter accidents et complications. D'autre part, en situation de contrôle postural et de double tâche, la hiérarchisation des tâches se fait dans le sens d'une plus grande stabilisation posturale au détriment de la seconde tâche qui devient secondaire (conversation, comptage, orientation, etc.). C'est ainsi que de nombreuses personnes âgées « marchent ou parlent » (Lundin-Olsson *et al*., 1997), oublient des choses si elles se déplacent, se perdent si elles conduisent, car la priorité est de ne pas se mettre en danger. La charge attentionnelle et cognitive est donc prioritairement orientée en ce sens (Smolders *et al*., 2010).

Synthèse et perspectives

Disparités et hétérogénéité du développement : pratique, observations cliniques

Malgré les normes ou indications d'âge qu'il est possible de trouver dans les ouvrages et articles sur le sujet, le développement psychomoteur ne se déroule jamais de la même façon chez deux enfants. Comment alors, statuer sur le caractère précoce ou tardif d'une acquisition psychomotrice ?

Il existe des moyens mathématiques pour quantifier les variations développementales (Howell, 2008). La notion de moyenne comme indicateur de tendance centrale d'une distribution est à peu près maîtrisées par les bacheliers et est souvent utilisée comme âge de référence. Ainsi, par exemple, dans une recherche sur le développement psychomoteur de l'enfant aveugle, Fazzi *et al*. (2002) montrent que l'âge moyen d'acquisition de la marche indépendante est de 20 mois[14]. Cet âge moyen doit être compris comme l'âge auquel le plus grand nombre d'enfants commence à marcher. A partir de cette valeur, il est intéressant de se demander si un enfant aveugle qui marche à 17 mois est un enfant précoce, en avance par rapport à ses pairs porteurs du même handicap ?

L'utilisation de l'écart-type ou encore du quantile permet de répondre à cette question (Howell, 2008). Appelé aussi déviation standard, l'écart type mesure la dispersion d'une série de valeurs autour de leur moyenne. Mathématiquement, pour une moyenne m et un écart type σ, 95 % de la population se situe dans l'intervalle [m−2σ ; m+2σ] et 68 % dans l'intervalle [m–σ ; m+σ]. Les quantiles sont, eux, les valeurs de données permettant de diviser une distribution ordonnée en sous-groupes de données de dimension égale. La médiane permet de diviser une distribution en 2 groupes égaux de (50 % de la population), les quartiles en 4 groupes égaux (25 % de la population), le centile ou percentile en cent groupes égaux (1 % de la population). L'écart type et le quantile sont chacun des indicateurs de la variabilité, de la dispersion d'une distribution. Dans l'exemple précédent, Fazzi et al. (2002) fournissent au lecteur l'écart type de la distribution de leurs observations qui est de 9 mois. Cela signifie que 68 % des enfants de leur recherche ont commencé à marcher entre 11 et 29 mois, autrement dit qu'il est tout à fait typique, pour un enfant aveugle,

[14] Dans un souci de clarté, les valeurs ont été arrondies au mois près.

soit de marcher à 11 mois, soit de marcher à 29 mois. Ces valeurs, très éloignées, atténuent le poids qu'on aurait tendance à attribuer à la moyenne ou la médiane et permettent de quantifier la variabilité du développement.

L'interprétation de la variabilité du développement dépend de l'âge auquel on l'observe et, bien sûr, des auteurs. Nous avons présenté plus haut des repères développementaux permettant de situer les différentes acquisitions au cours de l'ontogenèse. Il est intéressant, même si c'est classique, de noter que la variabilité de l'âge d'acquisition augmente au cours du développement de l'enfant. Ainsi, si 65 %[15] des enfants présentent le maintien de la tête droite entre 1 et 3 mois, autrement dit dans un intervalle de 2 mois, la même proportion d'enfants parvient à acquérir la marche autonome en 8 mois (entre 9 et 17 mois, Keogh & Sugden, 1984). Autrement dit, la variabilité est beaucoup moins importante pour le maintien de la tête que pour la locomotion autonome, pour les acquisitions précoces que pour les acquisitions tardives.

Du point de vue théorique, la présence d'une variabilité importante traduit l'influence des facteurs environnementaux et de l'expérience sur le développement. Dans ce contexte, le maintien de la tête en position verticale dépendrait quasi-strictement de facteurs endogènes comme la maturation du tonus. Inversement, la marche indépendante debout sans support reposerait à la fois sur un tonus suffisant dans les jambes, mais également sur la possibilité de s'exercer, de se lancer sans être freiné par un environnement anxieux, ainsi que sur le désir de se déplacer. Les modèles théoriques accordent plus ou moins d'importance à la variabilité. Dans leur version initiale, les théories maturationistes évitent de la considérer et il n'est pas surprenant de voir cités les âges moyens d'apparition des comportements, plutôt que des intervalles temporels (Gesell & Ilg, 1967). Les théories dynamiques, en revanche, reposent sur le constat de la variabilité. C'est précisément la disparité des trajectoires développementales qui fonde le recours à une conception non linéaire, donc imprévisible, du développement (Thelen & Smith, 1994). Entre les deux, les modèles récents issus du sélectionnisme, en postulant une contribution conjuguée des facteurs endogènes et exogènes sur le développement expliquent la présence de points développementaux de références, autour desquels s'organisent des trajectoires spécifiques (Hadders Algra *et al*, 1997).

---

15 Dans cette recherche, les auteurs fournissent des percentiles, le 25ème et le 90ème.

Enfin, nous ne saurions clore ces réflexions sur la variabilité sans l'aborder sous l'angle de la pratique clinique. La prise en compte de la variabilité développementale est inhérente à la pratique de la psychomotricité. Ainsi, le bilan psychomoteur réalisé avec des tests se fonde sur des étalonnages et des normes comprenant une moyenne ou une médiane, mais surtout des indicateurs de dispersion (déviation standard ou percentile).

Cliniquement, on considère habituellement comme atypiques les enfants se situant à un écart type et demi ou deux écart types au-dessus ou en-dessous de la moyenne. Lorsque l'indicateur de tendance centrale est la médiane, on considérera comme « à risque » un enfant se situant sous le 15ème percentile ou au-delà du 85ème (Geuze *et al.*, 2001). Dans notre exemple, un enfant aveugle ne marchant pas à 34 mois est un enfant aveugle atypique, « en retard » par rapport à la norme (Fazzy *et al*., 2002).

Perspectives de recherche

Nous avons montré, au cours de ce chapitre, le caractère provisoire des connaissances accumulées sur le développement psychomoteur. En effet, si les repères développementaux apparaissent stables et constituent des points d'ancrage de l'analyse du développement, les théories, interprétations et compréhension des mécanismes responsables du développement constituent des fondements mouvants et en perpétuelle évolution. Plusieurs champs de recherche sont actuellement actifs et constituent pour le psychomotricien des ressources intellectuelles et pratiques pour étayer et diversifier sa pratique.

Un premier champ de recherche est celui portant sur les liens entre émotion et contrôle moteur. Les écrits de Wallon (1934, 1942, 1945) sont probablement les seuls à tenter de formaliser avec autant de précision des liens entre développement émotionnel et développement moteur. Aucune recherche n'est cependant, à notre connaissance, parvenue à valider scientifiquement cette théorie. D'autre part, les recherches scientifiques sur le développement moteur ont été majoritairement réalisées par des physiologistes et des psycho-physiologistes et celles sur le développement émotionnel par des psychologues. La jonction entre les deux champs de recherche n'est pas encore réalisée mais est en cours, tout du moins chez l'adulte. Il existe par exemple quelques travaux explorant l'organisation du

mouvement chez des patients atteints de troubles bipolaires ou de schizophrénie (Caliguri *et al.*, 1998, 2003). D'autres travaux sont plus destinés à la compréhension des mécanismes qui relient état émotionnel et contrôle moteur chez des adultes sains, tels ceux de Coombes *et al.* (2005, 2006, 2007, 2009 ; Naugle, Coombes Janelle, 2010).

Depuis environ cinq années, ce chercheur et ses collaborateurs tentent de mettre en évidence une influence de l'état émotionnel sur des tâches motrices variées. En présentant des images de valence contrastée, les auteurs ont tout d'abord montré que l'exposition à des images déplaisantes induit plus d'erreurs ou bien une vitesse de réalisation accrue, en fonction du mode de présentation des images, dans une tâche de traçage de carrés (Coombes *et al*., 2005). A l'aide d'une tâche de contraction soutenue des muscles de la main, ils ont ensuite montré que les images déplaisantes induisaient une augmentation globale de la force produite par les sujets (Coombes *et al.,* 2006), un raccourcissement du temps de réaction et une accélération de la production de force (Coombes *et al.,* 2007). De la même façon, la surprise induit une accélération et une augmentation du timing de la réponse et de l'amplitude (Coombes *et al.*, 2007). Les auteurs expliquent ces effets par l'hypothèse d'une préparation à l'action défensive lorsque la personne ressent des émotions déplaisantes (2006, 2007). Cette hypothèse a ensuite été renforcée par l'observation d'une augmentation de l'excitabilité des voies cortico-spinales lors de la présentation d'images induisant une augmentation du niveau d'éveil (Coombes *et al.*, 2009). Enfin, tout dernièrement, cette équipe a pu comparer des personnes anxieuses et non anxieuses dans la réalisation d'une tache motrice simple (contraction isométrique) suite à la présentation d'images plaisantes et déplaisantes (Naugle, Coombes Janelle, 2010). Si, comme dans les recherches précédentes, ils observent une accélération du temps de réaction lors de la présentation d'images déplaisantes chez tous les sujets, les personnes anxieuses présentent systématiquement des temps de réaction plus lents que les personnes non anxieuses. Cette dernière recherche est interprétée dans le cadre de la théorie du contrôle attentionnel (Eysenck *et al.*, 2007). Cette théorie suggère que l'anxiété se traduit par une altération du contrôle attentionnel, qui perturbe en cascade la réalisation de tâches reposant sur le système de la mémoire de travail. De ce point de vue, l'attention serait en effet régulée par deux systèmes : le système attentionnel orienté (*top-down*) basé sur les attentes, les connaissances, et les objectifs, et le système attentionnel

basé sur les perceptions (*bottom-up*), sensible aux stimuli saillants de l'environnement. L'équilibre entre ces deux systèmes détermine l'adaptation du sujet à son environnement et l'anxiété induit une augmentation de l'influence du système attentionnel basé sur les perceptions. Pour ce qui concerne le contrôle moteur, la planification du mouvement repose sur de nombreuses informations perceptives et cognitives dépendantes du contexte. La mémoire de travail est, dans cette perspective, un système déterminant dans l'adaptation du mouvement au but poursuivi et à l'environnement. D'après Naugle *et al.* (2010), l'anxiété pourrait favoriser le système attentionnel basé sur les perceptions et donc rendre le sujet plus sensible aux distracteurs. Les résultats de leur recherche ne permettent pas de valider clairement cette hypothèse mais ne la contredisent pas : les personnes anxieuses présentent des mouvements moins efficients uniquement lors des actions complexes nécessitant de la précision et des ressources attentionnelles importantes. Cette présentation de travaux montre à quel point est complexe la compréhension des mécanismes qui relient deux systèmes conçus longtemps comme indépendant, et qui participent aux fondements de la psychomotricité : l'émotion et le mouvement.

Un autre domaine de recherche en construction intéresse le psychomotricien, celui relatif au vieillissement des populations au développement troublé. Si cette question peut sembler de prime abord éloigné de notre propos, nous souhaitons tout de même l'aborder en la justifiant. Nous avons, en introduction, défendu l'idée qu'il était important de considérer le développement comme une trajectoire qui se déroule sur l'intégralité de l'ontogénèse et qui comporte des spécificités individuelles. Nous avons ainsi pu montrer que le développement typique de l'enfant, puis de l'adulte jeune et moins jeune, comporte une variabilité interindividuelle très importante. Cette approche doit aussi, de notre point de vue, être celle qui caractérise l'approche du développement troublé, à savoir, s'intéresser au développement, non pas seulement de l'enfant, mais de l'adulte, jeune et moins jeune… et tenir compte des spécificités individuelles. Le récent travail publié par Kirby et ses collaborateurs (2010) et portant sur le trouble de l'acquisition des coordinations à l'âge adulte est à ce titre exemplaire. Leur travail prend appui sur la recherche de Cousins et Smith (2002) qui avait montré que des adultes ayant reçu, enfant, le diagnostic de dyspraxie, ou rencontré, enfant, des difficultés motrices, présentent à l'âge adulte une lenteur caractéristique et des mouvements très variables dans diverses tâches motrices. Les difficultés rencontrées par ces personnes concernent le séquençage et la gestion

des doubles tâches. Au-delà de cette analyse des performances dans des tâches réalisées en laboratoire, les auteurs ont établi que ces personnes ne sont majoritairement pas détentrices du permis de conduire. Si ces adultes ont développé des stratégies pour faire face aux situations problématiques (recours au clavier pour écrire) ou parviennent à les éviter (discothèques, salles de sport…), le cas de la conduite montre à quel point le trouble de l'acquisition des coordinations peut être pénalisant pour ces personnes à l'âge adulte et perturber leur participation aux activités sociales, à l'emploi. Kirby et ses collaborateurs (2010) ont développé un questionnaire permettant d'identifier les personnes adultes présentant un trouble de l'acquisition des coordinations. Celui-ci est assez éloigné d'une évaluation des compétences motrices stricto sensu, telle qu'elle est réalisée chez l'enfant. Le questionnaire est composé de trois sous-échelles permettant d'explorer successivement les difficultés rencontrées par la personne lorsqu'elle était enfant (échelle A) et celles rencontrées actuellement par les personnes (échelles B et C). La première sous-échelle permet de s'assurer que le trouble moteur n'est pas acquis à l'âge adulte : « Enfant, aviez vous du mal à manger sans vous salir ? ». Le contenu des questions des sous échelles B et C tient directement compte des activités de l'adulte et des secteurs de la vie pouvant être pénalisés par une maladresse développementale : « Rencontrez vous des difficultés avec les tâches d'hygiène comme se raser ou se maquiller ? », « Avez-vous des difficultés pour trouver votre chemin dans des immeubles ou des quartiers nouveaux ? », « Etes-vous plus lents que les autres pour vous lever le matin et vous rendre à votre travail ou au collège/lycée ? » ou encore « Est-ce que cela vous a pris plus de temps que les autres d'apprendre à conduire ? (si vous ne conduisez pas, merci de l'indiquer et de préciser la raison de ce choix) ». Ces travaux permettent d'abord de connaitre le devenir des enfants porteur de trouble de l'acquisition des coordinations. Mais l'approche développementale se singularise aussi par une adaptation à l'âge des personnes, de la perspective adoptée par les chercheurs et les praticiens lorsqu'ils envisagent le trouble développemental. La compréhension des trajectoires de développement dans le cas typique, comme dans le cas atypique, nécessite d'intégrer, en plus du changement d'âge et du développement psychologique, les changements environnementaux, physiques et sociaux, que la personne traverse.

Références bibliographiques

Adolph, K. E., Vereijken, B., & Denny, M. A. (1998). Learning to crawl. Child Development, 69, 1299-1312.

Ajuriaguerra, J. de (1978). Ontogénèse de la motricité. In H. Hecaen & M. Jeannerod (Eds.), Du contrôle moteur à l'organisation du geste (pp. 133-157). Paris : Masson.

Albaret, J.-M., & Aubert, É. (2001). Vieillissement et psychomotricité. Solal : Marseille.

Amazan, A., & Perrot, C. (2006). Journée de formation à l'animation en gérontologie. Société Martiniquaise de gérontologie et de gériatrie.

Ariès, P. (1960). L'enfant et la vie familiale sous l'Ancien Régime. Plon : Paris.

Assaiante, C., & Amblard, B. (1995). An ontogenetic model for the sensori motor organization of balance control in humans. Human Movement Science, 14, 13-43.

Assaiante C., Mallau S., Viel S., Jover M., & Schmitz C. (2005). Development of postural control in healthy children: a functional approach. Neural Plasticity, 12, 109-118.

Assaiante, C., Jover, M. & Vaugoyeau, M. (2009). Effets des contraintes sensorielle, posturale et cognitive sur les performances et les stratégies locomotrices chez des adolescentes de 14 ans. XVIe Congrès de l'Association Posture et Equilibre, Villeneuve d'Ascq, 13 et 14 novembre 2009.

Baillargeon, R. (1987). Object Permanence in 3 ½ and 4 ½ Month Old Infants. Developmental Psychology, 23, 655-664.

Baillargeon, R. (2004). Infants' reasoning about hidden objects: evidence for event-general and event-specific expectations. Developmental Science, 7, 391–414.

Bayley, N. (1936). The California Infant Scale of Motor Development. Berkeley: University of California Press.

Beauchet, O., Dubost, V., Nevers, A., Stierlam, F., Blanchon, A., & Mourey, F. (2002). Elaboration d'un test clinique de marche du sujet âgé fragile à partir d'une approche cognitive de la locomotion. Annales de Réadaptation et de Médecine Physique, 45, 123-130.

Becchi, E., & Julia, D. (1996, 1998). Histoire de l'enfance. Tome I : De l'Antiquité au xviie siècle. Tome II : Du XVIIième siècle à nos jours. Paris : Seuil. [URL : http://histoireeducation.revues.org/index849.html].

Bee, H., & Boyd D. (2003). Psychologie du développement, les âges de la vie (2ème éd.). Paris : De Boeck.

Berger, S. E., Theuring, C., & Adolph, K. E. (2007). How and when infants learn to climb stairs. Infant Behavior and Development, 30, 36-49.

Bernstein, N. (1967). The coordination and regulation of movements. Oxford : Pergamon Press.

Bideaud, J., Houdé, O., & Pedinielli, J.-L. (2004). L'homme en développement. Paris : PUF.

Bower, T. G. R. (1966). The visual world of infants. Scientific American, 215, 81-92.

Bower, T. G. R. (1974). Development in infancy. San Francisco : W. H. Freeman and Company.

Brami, F. (2007). Évolution de l'estime de soi et de l'estime du corps selon le niveau et le rythme de maturation pubertaire au cours de l'adolescence. Communication au Colloque de la Société Française de Psychologie. Nantes, 13-15 septembre.

Bril, B. (2000). La genèse des premiers pas. In J. Rivière (Ed), Le développement psychomoteur du jeune enfant, idées neuves et approches actuelles (pp. 53-86). Marseille : Solal.

Bruner, J. S. (1970). The growth and structure of skill. In K. Connolly (Ed.), Mechanics of motor skill development (pp. 63–94). New York : Academic.

Bruner, J. S. (1984). Contextes et formats. In M. Deleau (Ed), Langage et communication à l'âge préscolaire (pp. 13-26). Rennes : PUR.

Brunet, O., & Lézine, I. (1951). Echelle de développement psychologique de la première enfance. Issy les Moulineaux : Etablissement d'Application Psychotechnique.

Brunet, O., & Lézine, I. (1965). Le développement psychologique de la première enfance : Présentation d'une échelle française pour examen des tout petits. Paris : PUF.

Buckler, J. M. H., & Wild, J. (1987). Longitudinal study of height and weight at adolescence. Archives of Disease in Childhood, 62, 1224-1232.

Bullinger, A., & Mellier, D. (1988). Influence de la cécité sur les conduites sensorimotrices chez l'enfant. Cahiers de Psychologie Cognitive, 8, 191-203.

Butterworth, G., Verweij, E., & Hopkins, B. (1997). The development of prehension in infants: Halverson revisited. British Journal of Developmental Psychology, 15, 223-236.

Caligiuri, M. P., Lohr, J. B., & Ruck, R. K. (1998). Scaling of movement velocity: a measure of neuromotor retardation in individuals with psychopathology. Psychophysiology, 35, 431-437.

Caligiuri, M. P., Brown, G. G., Meloy, M. J., Eberson, S. C., Kindermann, S. S., Frank, L. R., & Lohr, J. B. (2003). An fMRI study of affective state and medication on cortical and subcortical brain regions during motor performance in bipolar disorder. Psychiatry Research: Neuroimaging, 123, 171-182.

Changeux, J.-P. (1983). L'homme neuronal. Paris : Fayard.

Cloutier, R. (1998) Psychologie de l'adolescence. Paris : Gaêtan Morin éditeur.

Collet, C. (2002) Mouvements & cerveau: neurophysiologie des activités physiques et sportives. Paris : De Boeck Université.

Coghill, G.E. (1929). Anatomy and the problem of behaviour. New-York : McMillan.

Coombes, S. A., Janelle, C. M., & Duley, A. R. (2005). Emotion and motor control: movement attributes following affective picture processing. Journal of Motor Behavior, 37, 425–436.

Coombes, S. A., Cauraugh, J. H., & Janelle, C. M. (2006). Emotion and movement: activation of defensive circuitry alters the magnitude of a sustained muscle contraction. Neuroscience Letters, 396, 192–196.

Coombes, S. A., Cauraugh, J. H., & Janelle, C. M. (2007). Emotional state and initiating cue alter central and peripheral motor processes. Emotion, 7, 275–284.

Coombes, S.A., Higgins, T., Gamble, K.M., Cauraugh, J.H., Janelle, C.M. (2009). Attentionnal control theory : anxiety, emotion and motor planning. Journal of Anxiety Disorder, 23, 1072-1079.

Corbetta, D. (1999). Apprentissage et organisations neuromotrices chez le bébé. In I. Olivier, H. Ripoll (Eds), Développement psychomoteur de l'enfant et pratiques physiques et sportives (pp21-39). Paris : Editions Revue E.P.S.

Corbetta, D., & Thelen, E. (1996). The developmental origins of bimanual coordination: a dynamic perspective. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 22, 502-522.

Corraze, J. (1988). Les communications non-verbales. Paris : PUF.

Cousins, M., & Smyth, M. M. (2003). Developmental coordination impairments in adulthood. Human Movement Science, 22, 433–459.

Darwin, C. (1859). The origin of species by means of natural selection (6th ed.). [URL : http://www.literature.org/authors/darwin-charles/the-origin-of-species-6th-edition/]

Davies, P. L., & Rose, J. D. (2000). Motor skills of typically developing adolescents: awkwardness or improvement? Physical & Occupational Therapy in Pediatrics, 20, 19-42.

Dehail, P. (2008). Les troubles de la marche de la personne âgée: Approche clinique. Intervention DES : Médecine physique et de réadaptation, module : MPR et Personnes âgées.

Dimock, H.S. (1935). A research in adolescence I. Pubescence and physical growth. Child Development, 6,177-195.

Dumas, J. E. (1999). Psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent. Buxelles : De Boeck Université.

Edelman, G. (1987). Neural darwinism. Selection neural groups theory. New York : Wiley.

Ellis, J. D., Carron, A. V., & Bailey, D. A. (1975). Physical performance in boys from 10 through 16 years. Human Biology, 47, 263-81.

Espenschade, A. S., & Eckert, H. M. (1980). Motor development. Colombus : C.E. Merril Publishing Company.

Eysenck, M. W., Derakshan, N., Santos, R., & Calvo, M. G. (2007). Anxiety and cognitive performance: attentional control theory. Emotion, 7, 336–353.

Fagard, J. (1994). Manual strategies and interlimb coordination during reaching, grasping, and manipulating throughout the first year of life. In S.P. Swinnen, H. Heuer, J. Massion & P. Casaer (Eds.), Interlimb coordination: Neural, dynamical, and cognitive constraints (pp. 439-460). San Diego, CA : Academic Press.

Fagard, J. (2000). Le développement des habiletés manuelles. In Rivière, J. (Ed.), Le développement psychomoteur du jeune enfant, idées neuves et approches actuelles (pp. 109-150). Marseille : Solal.

Fagard, J. (2001). Le développement des habiletés manuelles. Coordination bimanuelle et latéralité. Paris : CNRS Éditions.

Fagard, J., & Pezé, A. (1997). Age changes in interlimb coupling and the development of bimanual coordination. Journal of Motor Behavior, 29, 199-208.

Fazzi, E., Lanners, J, Ferrari-Ginevra, O, Achille, C, Luparia, A, Signorini, S, & Lanzi, G (2002). Gross motor development and reach on sound as critical tools for the development of the blind child. Brain & Development, 24, 269–275.

Forssberg, H., Kinoshita, H., Eliasson, A. C., Johansson, R. S., Westling, G., & Gordon, A. M. (1992). Development of human precision grip. II. Anticipatory control of isometric forces targeted for object's weight. Experimental Brain Research, 90, 393-398.

Forssberg, H., Eliasson, A. C., Kinoshita, H., Westling, G., & Johansson, R. S. (1995). Development of human precision grip. IV. Tactile adaptation of isometric finger forces to the frictional condition. Experimental Brain Research, 104, 323-330.

Frémont, P., & Épain, V. (2005). Anxiété du sujet âgé, actualités cliniques des troubles anxieux du sujet âgé. Neurologie – Psychiatrie - Gériatrie, 5, 4-9.

Gallahue, D. L. (1989). Understanding motor development: Infants, children, adolescents. Indianapolis, IN : Benchmark Press.

Gaubert-Dahan, M.-L. (2008). L'effet du vieillissement sur la microcirculation cutanée. Thèse de Physiologie de l'Université de Lyon 1. [URL : http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/37/04/22/PDF/Gaubert_Dahan_Marie_line_278-2008.pdf].

Gesell, A. (1929). Maturation and infant behaviour pattern. Psychological review, 36, 307-379.

Gesell, A. (1954). The ontogenesis of infant behavior. In L. Carmichael (Ed.), Manual of child psychology (335-373). New York : Wiley.

Gesell, A.,& Thompson, H. (1938). The psychology of early growth including norms of behavior and a method of genetic analysis. New York : Macmillan

Gesell, A., Amatruda, C.S. (1945). The embryology of behaviour. New-York:Harper and Brothers.

Gesell, A., & Ames, L. B. (1947). The development of handedness. The Journal of Genetic Psychology, 70, 155-175.

Gesell, A., & Ilg, F. L. (1967). Le jeune enfant dans la civilisation moderne. Paris : PUF.

Geuze, R. H., Jongmans, M. J., Schoemaker, M. M., & Smits-Engelsman, B. C. (2001). Clinical and research diagnostic criteria for developmental coordination disorder: a review and discussion. Human Movement Science, 20, 7-47.

Gibson, E. J. (1969).Principles of perceptual learning and development. New York : Appleton-Century-Crofts.

Gibson, E. J. (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting and the acquiring of knowledge. Annual Review of Psychology, 39, 1-41.

Gibson, E. J., Riccio, G., Schmuckler, M. A., Stoffregen, T. A., Rosenberg, D., & Taormina, J. (1987). Detection of the traversability of surfaces by crawling and walking infants. Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance, 13, 533-544.

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

Grenier, A. (1981). La "motricité libérée" par fixation manuelle de la nuque au cours des premières années de la vie. Archives Françaises de Pédiatrie, 38, 557-561.

Grimby, G., & Saltin, G. (1983). The ageing muscle. Clinical Physiology, 3, 209-218.

Guérin, F., & Famose, J.-P. (2005). Le concept de soi physique. Bulletin de Psychologie, 58, 73-80.

Greene, L. S., Williams, H. G. (1996). Aging and coordination from the dynamic pattern perspective. Vol. 144. 89-131. Elsevier.

Hadders-Algra, M., & Prechtl, H. F. R. (1992). Developmental course of general movements in early infancy. I. Descriptive analysis of change in form. Early Human Development, 28, 201-213.

Hadders-Algra, M., Brogren, E., & Forssberg, H. (1997). Nature and nurture in the development of postural control in human infants. Acta Paediatrica Suppl, 422, 48-53.

Haehl, V., Vardaxis, V., & Ulrich, B. (2000). Learning to cruise: Bernstein's theory applied to skill acquisition during infancy. Human Movement Science, 19, 685-715.

Halverson, H. M. (1931). An experimental study of prehension in infant by means of systematic cinema records. Genetic Psychology Monograph, 10, 212-215.

Hauert, C.-A. (1980). Propriété des objets et propriété des actions. Archives de Psychologie, 48, 95-168.

Hauert, C.-A., Mounoud, P., & Mayer, E. (1981). Approche du développement cognitif des enfants de 2 à 5 ans à travers l'étude des caractéristiques physiques de leurs actions. Cahiers de Psychologie Cognitive, 1, 33-54.

Haute Autorité de Santé (2005) Recommandations pour la pratique clinique Masso-kinésithérapie dans la conservation des capacités motrices de la personne âgée fragile à domicile. Service des recommandations professionnelles. Argumentaire, Avril 2005. http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/argumentaire.pdf

Hay, L. (1985). La transition des comportements réflexes aux comportements volontaires : l'exemple de l'atteinte manuelle. L'Année Psychologique, 85, 407-428.

Henderson, S. E., & Sugden, D. A. (1992). Movement Assessment Battery for Children. London : Psychological Corporation.

Hohlstein, R. R., (1982). The development of prehension in normal infants. American Journal ofOccupational Therapy, 36, 170-6.

Howell, D. C. (2008). Méthodes statistiques en sciences humaines. Bruxelles : De Boeck.

Illingworth, R. S. (1978). Abrégé du développement psychomoteur de l'enfant. Paris : Masson.

Jeandel, C., Bernard P., & Seynnes, O. (2005). Aptitude physique, santé et vieillissement. Sauramps Médical : Montpellier.

Jeannerod, M. (1997). The cognitive neuroscience of action. Oxford : Blackwell.

Josse, D. (1997). Manuel BLR-C, Brunet-Lézine Révisé : Echelle de développement psychomoteur de la première enfance. Paris : EAP.

Jouen F., & Lepecq J.-C. (1989). La sensibilité au flux optique chez le nourrisson, Psychologie Française, 34, 13-18

Jover, M. (2000). Perspectives actuelles sur le développement du tonus et de la posture. In Rivière, J. (Ed.), Le développement psychomoteur du jeune enfant, idées neuves et approches actuelles (pp. 17-52). Solal : Marseille.

Jover, M., Vaugoyeau, M., Assaiante, C. (en préparation). Does body Esteem influences gait in female adolescents ?

Kallman, D. A., Plato, C. C., & Tobin, J. D. (1990). The role of muscles loss in the age-related decline of grip strength : cross-sectional and longitunal perspectives. Journal of Gerontology, 45, M82-88.

Karni, A., Meyer, G., Rey-Hipolito, C., Jezzard, P., Adams, M. M., Turner, R., & Ungerleider, L. G. (1998). The acquisition of skilled motor performance: fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 95, 861-868.

Kelso, J. A. S., Holt, K. G., Rubin, P., & Kugler, P. N. (1981). Patterns of human interlimb coordination emerge from the properties of nonlinear limit cycle oscillatory processes: theory and data. Journal of Motor Behavior, 13, 226-261.

Keogh, J, & Sugden, D (1984). Movement skill development. New York : Macmillan Publishing Company.

Kimmerle, M., Mick, L. A., & Michel, G. F. (1995). Bimanual role-differentiated toy play during infancy, Infant Behavior and Development, 18, 299–307.

Kindelberger, C., Brami, F., & Mallet, P. (2008). Evolution de l'estime du corps et de l'estime de soi selon le niveau et le rythme de maturation pubertaire au cours de l'adolescence. In J.M. Hoc & Y.Corson (Eds.), Actes du Congrès 2007 de la Société Française de Psychologie.

Kirby, A., Edwards, L., Sugden, D., & Rosenblum, S. (2010). The development and standardization of the Adult Developmental Co-ordination Disorders/Dyspraxia Checklist (ADC). Research in Developmental Disabilities, 31, 131-139.

Konczak, J., & Dichgans, J. (1997). The development toward stereotypic arm kinematics during reaching in the first 3 years of life. Experimental Brain Research, 117, 346-354.

Kuypers, H. G. (1962). Corticospinal connections: postnatal development in the rhesus monkey. Science, 138, 678-680.

Largo, R. H., Molinari, L., Weber, M., Comenale Pinto, L., & Duc, G. (1985). Early development of locomotion: significance of prematurity, cerebral palsy and sex. Developmental Medicine and Child Neurology, 27, 183-91.

Lauderdale, S. A., & Sheikh, J. I. (2003). Anxiety disorders in older adults. Clinics in Geriatric Medicine, 19, 721-741.

Lécuyer, R. (2004). Le développement du nourrisson. Paris : Dunod.

Lécuyer, R., Stréri, A. & Pêcheux, M.-G. (1996). Développement cognitif du nourrisson. Paris: Nathan

Lehalle, H. (2006). Histoire et évolution de la psychologie du développement. In J. Lautrey (Ed) Psychologie du développement et psychologie différentielle. Paris :PUF

Lemaire, P., & Bherer, L. (2005). Psychologie du vieillissement, une perspective cognitive. Bruxelles : De Boeck.

Letzelter, M, Jungermann, C, & Freitag, W. (1986). Schwimmleistungen im Alter [Performance en natation chez le sujet âgé]. Zeitschrift für Gerontologie, 19, 389-95.

Lockman, J. J., Ashmead, D. H., & Bushnell, E. W. (1984). The development of anticipatory hand orientation during infancy. Journal of Experimental Child Psychology, 37, 176-186.

Lundin-Olsson, L., Nyberg, L., & Gustafson, Y. (1997). "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. Lancet, 349, 617.

Mallau, S., Bollini, G., Jouve, J. L., & Assaiante, C. (2007). Locomotor skills and balance strategies in adolescents idiopathic scoliosis. Spine, 32, 14-22.

McBryde, C., Ziviani, J. (1990). Proximal and distal upper limb motor development in 24 week old infants. Canadian Journal of Occupational Therapists, 57, 3, 147-154.

Mellier, D. (1990). Pour une analyse fonctionnelle du développement des actes moteurs : comment est interprétée la motricité des bébés ? In G. Netchine-Grynberg (Ed.), Approche nouvelle du développement dans l'étude du fontionnement cognitif de l'enfant (pp. 165-181). Paris : PUF.

Mellier, D. (1993). Continuité ou discontinuité ? In V. Pouthas, F. Jouen (Eds.), Les comportements du bébé : Expression de son savoir ? (pp. 53-58). Liège : Mardaga.

Mendelson, B. K., Mendelson, M. J., & White, D. R. (2001). Body-Esteem Scale for Adolescents and Adults. Journal of Personality Assessment, 76, 90-106.

Mounoud, P., & Bower, T. G. (1974). Conservation of weight in infants. International Journal of Cognitive Psychology, 3, 29-40.

Mourey, F. (2000). Le déconditionnement au mouvement, un regard gériatrique. Cahiers de Kinesitherapie, 203, 1-7.

Mourey, F., Camus, A., & Pfitzenmeyer, P. (2000). Posture et vieillissement : données fondamentales actuelles et principes de prise en charge. La Presse Médicale, 29, 340-343.

Naugle, K. M., Coombes, S. A., & Janelle, C. M. (2010). Subclinical depression modulates the impact of emotion on force control. Motivation and Emotion, 34, 432-445.

Newell, K. M., Scully, D. M., McDonald, P. V., & Baillargeon, R. (1989). Task constraints and infant grip configurations. Developmental Psychobiology, 22, 817-831.

Organisation Mondiale de la Santé (1986). Les jeunes et la santé : défi pour la société. Rapport d'un groupe d'étude de l'OMS sur la jeunesse et la santé pour tous d'ici l'an 2000. Série de Rapports techniques, n° 731. Genève : Organisation mondiale de la santé. [URL : http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_731_fre.pdf].

Paoletti, R. (1999). Education et motricité : l'enfant de deux à huit ans. Paris : De Boeck Université.

Piaget, J. (1937). La construction du réel chez l'enfant. Paris : Delachaux et Niestlé.

Plowman, S. A., Drinkwater, B. L., & Horvath, S. M. (1979). Age and aerobic power in women: a longitudinal study. Journal of Gerontology, 34, 512-520.

Rantanen, T. (2003). Muscle strength, disability and mortality. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 13, 3–8,.

Rivière, J. (2004). Le développement moteur et perceptivo-moteur du nourrisson. In R. Lécuyer (Ed.), Le développement du nourrisson (pp. 196-220). Paris : Dunod.

Rochat, P. (1992). Self-sitting and reaching in 5- to 8-month-old infants: the impact of posture and its development on early eye-hand coordination. Journal of Motor Behavior, 24, 210-220.

Rochat, P. (2003). Five levels of self-awareness as they unfold early in life. Consciousness and Cognition, 12, 717–731.

Rochat, P. (2006). Le monde des bébés. Paris : Odile Jacob.

Rochat, P., Goubet, S., & Senders, J. (1999). To reach or not to be reach? Perception of body effectivities by young infants. Infant and Child Development, 8, 129-148.

Rochcongard, P., & Monod, H. (2005). Médecine du sport. Paris : Masson.

Rodriguez-Tomé, H., Jakson, S., & Bariaud, F. (Eds) (1997). Regards actuels sur l'adolescence. Paris : PUF.

Rondet, P. (2003). Analyse des connaissances disponibles sur des problèmes de santé sélectionnés, leurs déterminants, et les stratégies de santé publique. Définition d'objectifs. Contribution au rapport du Groupe Technique National de Définition des Objectifs de Santé Publique. Direction Générale de la Santé.

Rousseau, J.-J. (1762/1961). Émile ou De l'éducation. Paris : Garnier [URL : http://classiques.uqac.ca/classiques/Rousseau_jj/emile/emile.html].

Ruff, H. A., & Halton, A. (1978). Is there directed reaching in the human neonate? Developmental. Psychology, 14, 425 -426.

Sacks, D. (2003) La limite d'âge entre l'adolescence et l'âge adulte. Paediatrics & Child Health, 8, 578.

Saint-Anne d'Argassies, S. (1982). Le développement neuro moteur et psycho affectif du nourrisson. Paris : Masson.

Seynnes, O. (2003). Vieillissement musculaire, activités physiques adaptées et performances fonctionnelles. [URL : http://homepage.mac.com/danielbalas/BIENVIEILLIR/actiphysique/Vieillment Musculaire.pdf]

Siddiqui, A. (1995). Object size as a determinant of grasping in infancy. Journal of Genetic Psychology, 156, 345-358.

Slater, A., Mattocka, A., & Brown, E. (1990). Size constancy at birth: Newborn infants' responses to retinal and real size. Journal of Experimental Child Psychology, 49, 314-322

Smolders, C., Doumas, M., & Krampe, R. T. (2010). Posture and cognition interfere in later adulthood even without concurrent response production. Human Movement Science, 29, 809–819.

Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2004). Manuel de la Batterie d'Evaluation du Mouvement chez l'Enfant. Paris : ECPA.

Spelke, E. S. (2004). Core knowledge. In N. Kanwisher & J.Duncan (Eds.), Attention and performance, vol. 20: Functional neuroimaging of visual cognition (pp. 29–56). Oxford : Oxford University Press.

Spelke, E. S., Phillips, A., Woodward, A. L. (1995). Infant's knowledge of object motion and human action. In D. Sperber, D. Premack, & A. Premack (Eds.), Causal cognition (pp. 44-78). Oxford : Oxford University Press.

Stambak, M. (1963). Tonus et motricité dans la première enfance. Neuchatel : Delachaux et Niestlé.

Summers J. J., Lewis, J., & Fujiyama, H. (2010). Aging effects on event and emergent timing in bimanual coordination. Human Movement Science 29, 820–830.

Tanner, J. M. (1962). Growth at adolescence. Oxford : Blakwell Scientific.

Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., Marubini, E., & Resele, L. F. (1976). The adolescent growth spurt of boys and girls of the Harpenden Growth Study. Annals of Human Biology, 3, 109-26.

Thelen, E. (1989). Self-organization in developmental processes: Can systems approaches work? In M. Gunnar & E. Thelen (Eds.) Systems and development: The Minnesota symposia on child psychology (Vol. 22, pp. 17–171). Hillsdale, NJ : Erlbaum.

Thelen, E., Fisher, D. M., & Ridley-Johnson, R. (1984). The relationship between physical growth and a newborn reflex. Infant Behavior and Development, 7, 479–493.

Thelen, E., Kelso, J. A. S., & Skala, K. D. (1987). The dynamics nature of early coordination: evidence from bilateral leg movements in young infants. Develomental Psychology, 23, 179-186.

Thelen, E., Corbetta, D., Kamm, K., Spencer, J. P., Schneider, K., & Zernicke, R. F. (1993). The transition to reaching: mapping intention and intrinsic dynamics. Child Development, 64, 1058-1098.

Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). A dynamics systems approach to the development of cognition and action. Cambridge, MA : Bradford Books/MIT Press.

Thelen, E., & Spencer, J. P. (1998). Postural control during reaching in young infants: a dynamic systems approach. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 22, 507-514.

Touwen, B. C. L. (1976). Neurological development in infancy. Oxford : Butterworth-Heinemann Ltd.

Touwen, B. C. L. (1993). Longitudinal studies on motor development: developmental neurological considerations. In A. F. Kalverboer, B. Hopkins, R. Geuze (Eds), Motor development in early and later childhood. Longitudinal approaches (pp. 15-34). Cambridge : Cambridge University Press.

Vaivre Douret, L. (1997). Précis théorique et pratique du développement moteur du jeune enfant : normes et dispersions. Paris : Elsevier.

Van der Fits, I. B., & Hadders-Algra, M. (1998). The development of postural response patterns during reaching in healthy infants. Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 22, 521-6.

Van der Linden, M., & Hupet, M. (1994). Le vieillissement cognitif. Paris : PUF.

Viel, S., Vaugoyeau, M., & Assaiante, C. (2009). Adolescence: a transient period of proprioceptive neglect in sensory integration of postural control. Motor Control, 13, 25-42.

Vincent, M. F. (1968). Motor performance of girls from twelve through eighteen years of age. Research Quarterly, 39, 1094-1100.

Visser, J., Geuze, R. H., & Kalverboer, A. F. (1998). The relationship between physical growth, the level of activity and the development of motor skills in adolescence: Differences between children with DCD and controls. Human Movement Science, 17, 573-608.

von Hofsten, C. (1982). Eye–hand coordination in the newborn. Developmental Psychology, 18, 450–461.

von Hofsten, C. (1984). Developmental changes in the organization of prereaching movements. Developmental Psychology, 20, 378–388.

von Hofsten, C. (2004) An action perspective on motor development. Trends in Cognitive Sciences, 8, 266-72.

von Hofsten, C., & Rönnqvist, L. (1988). Preparation for grasping an object: developmental study. Journal of Experimental Psychology, 14, 610-621.

von Hofsten, C., & Ronnqvist, L. (1993). The structuring of neonatal arm movements. Child Development, 64, 1046-57.

Vygotski, L. S (1985/1933). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. In B. Shneuwly, J.P. Bronckart (Eds.), Vygotski aujourd'hui (95-117). Paris : Delachaux & Niestlé.

Vygotsky, L. S. (1997/1934). Pensée et langage. Paris : La Dispute.

Wallon, H. (1934). Les origines du caractère chez l'enfant. Les préludes du sentiment de personnalité. Paris : Boisvin.

Wallon, H. (1942). De l'acte à la pensée. Paris : Flammarion.

Wallon, H. (1945). Les origines de la pensée chez l'enfant. Paris : PUF.

Woollacott, M, & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait : a review of an emerging area of research. Gait and Posture,16, 1-14.

Woollacott, M., Debu, B. et Mowatt, M. (1987). Neuromuscular control of posture in the infant and child: is vision dominant ? Journal of motor behaviour. 19, 2, 167-186.

Zanone, P. G. (1990). Perceptuo-motor development in the child and the adolescent : perceptuo-motor coordination. In C. A. Hauert (Ed.), Developmental psychology. Cognitive, perceptuo-motor, and neuropsychological perspectives (309-338). Amsterdam : North Holland.

Zelazo, N. A., Zelazo, P. R., Cotten, K. M. & Zelazo, P. D. (1993). Specificity of practice effects on elementary neuromotor patterns. Developmental Psychology, 29, 686-691.