

Approche dynamique et électrophysiologique du Trouble de l'Acquisition de la Coordination

P. DE CASTELNAU¹, J.M. ALBARET², P.G. ZANONE³, Y. CHAIX⁴

Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC) se caractérise par un déficit marqué dans le développement de la coordination motrice ayant des répercussions sur la réussite scolaire et les activités de la vie quotidienne (APA, 1996). Il constitue un des troubles psychomoteurs les plus dévastateurs. Le terme de Trouble de l'Acquisition de la Coordination qui fait l'objet d'un consensus depuis 1994 [27] recouvre également la notion de dyspraxie de développement [11, 35], sous-groupe qui associe aux difficultés de coordination motrice différentes dyspraxies, notamment gestuelles et visuoconstructives. Le diagnostic est généralement porté par un psychomotricien en lien avec un pédiatre qui s'assure que les difficultés motrices ne sont pas dues à un désordre neurologique ou une affection somatique connue. Généralement, les difficultés de l'enfant TAC sont repérées par son entourage, car elles interfèrent avec la réalisation de nombreuses activités quotidiennes (s'habiller, écrire, pratiquer une activité sportive...). Ces difficultés, fortement hétérogènes [1, 2, 12], peuvent se retrouver dans des situations aussi diverses que le saut, le maintien d'un équilibre unipodal, l'utilisation d'une brosse à dent ou de couverts, le lancer d'une balle, le boutonnage ou le laçage des lacets, la copie d'un carré ou d'un triangle. Dans l'anamnèse de l'enfant, on relève souvent des retards dans les apprentissages moteurs (tels que la marche, la station assise...). Le TAC affecte 5 à 6 % des enfants et concerne plus de garçons que de filles. Parce que ces difficultés sont expérimentées dans de très nombreuses tâches et situations tout au long de la journée, et notamment dans la scolarité de l'enfant (par exemple au niveau de l'écriture), l'enfant affecté d'un TAC a souvent une faible estime de soi. De plus, le TAC peut être associé à d'autres troubles [38] comme le Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité [16, 26], des troubles des apprentissages [9, 24], la dyslexie [18] ou encore des troubles du développement du langage [6, 30].

1. Psychomotricienne Hôpital des Enfants de Toulouse, doctorante LAPMA, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse cedex 4 – castelna@cict.fr

2. Psychomotricien, Maître de conférences Toulouse III.

3. Pier-Giorgio Zanone, Professeur des Universités Toulouse III.

4. Neuropédiatre Hôpital des Enfants Toulouse.

Le pronostic reste péjoratif si aucune prise en charge n'est mise en place et le trouble persiste à l'âge adulte [7, 21].

Le diagnostic est un peu délicat dans les premières années de la vie de l'enfant, mais devient plus évident quand l'enfant commence à apprendre des habiletés motrices plus complexes. La démarche diagnostique recourt à des questionnaires et des tests [3]. Les tests portent sur les aptitudes motrices et psychomotrices et sur l'écriture, ainsi que différentes mesures perceptivo-motrices concernant principalement la vision et la kinaesthésie. Nous effectuons également une mesure des praxies idéomotrices et visuoconstructives. Les questionnaires sont principalement utilisés comme outil de dépistage ou pour aider à la mise en place et à l'évaluation d'un programme d'intervention.

Les facteurs étiologiques sont multiples [40] et les théories explicatives nombreuses, mettant l'accent sur les déficits uni ou multi-sensoriels, le transfert intermodal, le domaine moteur ou encore l'intégration sensorimotrice. Ils ne parviennent pas à rendre compte de la diversité des tableaux cliniques rencontrés [8, 13].

C'est dans ce cadre plutôt confus que les théories dynamiques, un paradigme récent dans les modèles de la motricité, permettent un éclairage nouveau et cohésif, car elles s'intéressent au premier chef aux coordinations sensori-motrices (au sens de skills en anglais) et tout spécialement sur les questions centrales de comment elles s'acquièrent, se maintiennent et disparaissent [17, 41].

Les systèmes dynamiques

Les théories des systèmes dynamiques suggèrent que la coordination est une propriété émergente, auto-organisée du système perceptivo-moteur, participant à la fois de l'interaction entre ses composantes et de l'effet de contraintes globales qui s'exercent sur lui. Ainsi, l'accent n'est plus mis sur la prescription assurée par le système nerveux central (SNC), via un programme moteur ou une commande motrice, mais davantage sur l'interaction des éléments mis en jeu dans un système donné, à laquelle participe bien évidemment le SNC.

La première illustration d'auto-organisation dans le domaine de la motricité est due à Kelso [17]. Si on demande à des sujets de réaliser des mouvements périodiques avec deux membres homologues, les index par exemple, à une fréquence commune et spontanée, on constate alors que la production de ces sujets se résume à la réalisation de deux patrons de coordinations stables : un patron en phase (ou à 0°), qui correspond à l'activation des muscles homologues des deux doigts conduisant à des mouvements simultanés de flexion et d'extension et qui s'avère le plus facile à réaliser et le plus stable, et un patron en anti-phase (ou à 180°), qui implique un doigt en flexion et l'autre en extension et qui est un peu plus difficile et moins stable. Les autres patrons sont instables (ce qui signifie qu'ils sont très difficiles, voire impossibles à maintenir). Si on demande maintenant aux sujets de réaliser la coordination en antiphase et d'accélérer la fréquence du mouvement des doigts, un phénomène inattendu et soudain intervient à partir d'une certaine fréquence : les sujets passent spontanément de mouvements en anti-phase à des mouvements en phase, alors que rien, ni dans la tâche ni dans l'intention du sujet, ne prescrit ce changement de patron de coordination. Le système possède donc une dynamique propre qui régit le comportement en fonction de la vitesse d'exécution. Il y a ainsi deux états de

coordination stables à basse fréquence, mais un seul à haute fréquence. La disparition de la coordination en anti-phase, moins stable dès le départ, est provoquée par l'augmentation de la vitesse d'oscillation et elle entraîne le passage vers le patron en phase, qui reste alors seul présent car il est plus stable. Contrairement aux approches plus traditionnelles, par exemple cognitives, qui donnent une importance à la notion d'invariance, on voit ici l'importance que revêt la notion de stabilité dans une compréhension dynamique du comportement en ce qu'elle détermine son maintien et son changement.

Hypothèses de l'étude

La première question que traite la présente étude est de savoir si les troubles de la motricité des sujets TAC, avec ses diverses manifestations, ne résultent pas d'une stabilité foncièrement moindre. Autrement dit, nous proposons de reconsidérer le problème des TAC à l'aune des concepts et méthodes offerts par une approche dynamique de la coordination [37, 41]. Il faut souligner ici que le mécanisme sous-jacent à la stabilité d'une coordination n'est rien d'autre qu'une bonne synchronisation entre les composantes mobilisées. Aussi synchronisation et stabilité sont-elles co-définissantes. Autrement dit, nous postulons que le Trouble d'Acquisition de la Coordination qui se manifeste par une moindre stabilité est un trouble de la synchronisation.

La deuxième question étudiée dans ce projet est celle des corrélats neurobiologiques qui accompagnent les déficits TAC. De manière surprenante, il n'y a, à notre connaissance dans la littérature, que peu de travaux mettant à profit les méthodes d'imagerie cérébrale pour caractériser ces troubles de la coordination. Les travaux de Knuckey *et al.* [19] montrent, à l'aide de la technique du CT-scan, un taux élevé d'anomalies cérébrales non spécifiques (dilatation ventriculaire, atrophie corticale ou démyélinisation) ainsi que des anomalies EEG. Les travaux de Bergès *et al.* [5] quand à eux mettent en évidence, à l'œil nu, trois variables EEG, observées très fréquemment chez les enfants dyspraxiques, qui seraient spécifiques de la pathologie : une indifférenciation spatiale des rythmes et de leur amplitude, des foyers EEG qui correspondent à la manifestation focalisée d'un pattern électrique particulier tranchant sur le fond d'activité globale et une asynchronie des rythmes postérieurs (décalage temporel d'éléments identiques sur les deux régions pariéto-occipitales).

Pour notre part, nous proposons d'utiliser les méthodes désormais classiques d'analyse des potentiels évoqués, qui ont donné d'excellents résultats dans l'étude des coordinations perceptivo-motrices, en particulier dans des tâches de synchronisation, et qui sont, avantage non négligeable, relativement simples et peu coûteuses à implémenter. Il ne s'agit pas, ici, de procéder uniquement à la localisation d'une anomalie au niveau cérébral, mais d'analyser le fonctionnement cérébral au cours des tâches de synchronisation. Les potentiels évoqués (PE) sont la technique la mieux adaptée à l'étude des caractéristiques temporelles et spatiales de l'activité du cerveau lors de traitements cognitifs. Les PE sont des potentiels électriques produits par les décharges de nombreuses populations de neurones liées temporellement aux différents aspects de la tâche. Les formes des ondes des PE sont habituellement désignées par la polarité de l'onde (N pour négative et P pour positive) et leur ordre d'apparition (*e.g.*, P1, N1, P2, N2, P3, etc.) ou par le temps de latence moyen suivant la présentation du stimulus

(*e.g.*, P100, N200, P300, etc.). Ces composantes sont généralement quantifiées en termes de latence des pics et d'amplitude maximum à partir d'un stimulus qui sert de ligne de base. Les processus cognitifs liés à chacune de ces ondes et les sources sous-jacentes corticales ne sont pas identifiées de façon définitive à l'heure actuelle ; cependant la spécification croissante des composantes des PE montre qu'un lien peut être fait entre des processus cognitifs et des localisations neuroanatomiques spécifiques (*e.g.*, [25]).

La population d'étude est composée de 24 sujets (de 8 à 13 ans) ayant reçu le diagnostic de Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC - DSM IV) recrutés parmi les enfants qui viennent en consultation dans le service de Neurologie Pédiatrique pour troubles des apprentissages et auprès de psychomotriciens travaillant en milieu hospitalier ou en libéral. Trois tranches d'âge ont été constituées (8-9 ans ; 10-11 ans ; 12-13 ans). Ces enfants sont appariés à 60 enfants de même âge qui constituent le groupe contrôle (20 par tranche d'âge).

Le protocole comporte deux tâches comportementales : une évaluation des capacités d'attention soutenue sur ordinateur et une tâche de synchronisation/syncope au niveau perceptif avec des signaux visuels par appui sur une touche du clavier de l'ordinateur. Pendant la réalisation de ces deux tâches, l'EEG est enregistré.

Pour l'évaluation des capacités d'attention, nous utilisons la double-version du CPT (Continuous Performance Test) qui a déjà été utilisé dans des études électroencéphalographiques chez l'enfant [26]. La tâche consiste à présenter au sujet d'une manière aléatoire une série de 360 lettres. Parmi ces lettres, 20 % sont redoublées. Le sujet doit appuyer sur la touche « espace » le plus rapidement possible quand il voit apparaître deux lettres similaires successivement. Les erreurs nous permettent de mesurer l'impulsivité, alors que les omissions sont un reflet de l'inattention.

Pour l'épreuve de synchronisation/syncope au niveau perceptif, les stimuli correspondent à des carrés de couleurs qui apparaissent successivement de part et d'autres d'un point de fixation central du regard sur l'écran. La tâche consiste à syncoper avec des carrés rouges en frappant sur la barre d'espace d'un clavier d'ordinateur. Pour simplifier la tâche qui nous intéresse, c'est-à-dire la syncope (taper entre deux carrés rouges apparaissant l'un après l'autre sur l'écran), un carré vert apparaît sur l'écran pour indiquer à l'enfant le moment où il doit taper. L'enfant est ainsi invité à se synchroniser avec le carré vert. Après 20 cycles, le carré vert n'apparaît plus et l'enfant doit continuer à appuyer au moment où il apparaissait, exactement entre les deux carrés rouge, créant de la sorte une situation de syncope. Par la suite, la fréquence d'apparition des carrés rouges augmente progressivement par plateaux, si bien que l'enfant doit syncoper avec une fréquence croissante. A l'instar des travaux de Kelso [17] sur la bimanualité et en accord avec les données de la littérature [10], la synchronisation est une « coordination » plus stable avec le stimulus que la syncope et un passage du second vers le premier est attendu en cas d'augmentation d'une contrainte comme la fréquence de réponse.

Résultats principaux et discussion

La tâche attentionnelle proposée était destinée à écarter d'éventuels troubles de l'attention chez l'enfant TAC. Les résultats montrent que malgré l'exclusion de

tout enfant porteur du diagnostic de Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité, les enfant TAC commettent plus d'omissions que les enfants contrôles, ce qui va dans le sens d'une plus grande inattention. Par contre ils ne diffèrent pas sur le nombre d'erreurs, ce qui tend à accréditer l'idée qu'ils ne sont pas plus impulsifs. Ces données constituent une base de réflexion et des pistes pour la rééducation du Trouble d'Acquisition de la Coordination. Etant donnée l'importante intrication entre les difficultés attentionnelles et l'incoordination, nous pouvons penser qu'une partie des difficultés motrices expérimentées par certains enfants TAC peuvent être générées par des difficultés attentionnelles. Un entraînement spécifique des capacités d'attention continue chez certains enfants TAC pourrait alors avoir des effets remédiateurs sur la stabilité de leurs coordinations.

Concernant la tâche de synchronisation, les enfants contrôles ne diffèrent pas significativement des enfants TAC en terme de précision, mais ils se montrent plus variables.

Ils se comportent aussi différemment au cours des essais. Alors que la performance des enfants contrôles reste relativement constante avec la répétition des essais et légèrement supérieure à 180°, celle des enfants TAC varie fortement, indiquant un probable changement, ou tout au moins une indécision, dans la stratégie utilisée, à savoir simplement réagir à l'apparition de la stimulation ou au contraire l'anticiper ce qui peut amener à penser que les enfants TAC sont déstabilisés à des fréquences plus basses, puisque cette transition d'un mode en réaction vers un mode en anticipation, mode apparemment plus stable, se réalise plus précocement chez les enfants TAC.

Pour la condition de syncope, les enfants TAC ont des résultats similaires à ceux des enfants contrôles sur la réalisation de la phase relative, mais contrairement aux enfants contrôles qui s'adaptent régulièrement à l'augmentation de la fréquence, observation classique dans ce type de tâche, les enfants TAC ont une augmentation très irrégulière de leur phase relative. On observe également dans cette tâche de syncope comme dans la tâche de synchronisation, une plus grande variabilité dans la performance des sujets TAC, ce qui est en accord avec les résultats de Volman et Geuze [39] qui ont utilisé un paradigme similaire avec 24 sujets TAC. De plus, l'augmentation de la variabilité avec les plateaux est retrouvée dans les deux groupes, ce qui est en accord avec les données de la littérature [17], mais les sujets TAC sont nettement plus sensibles à la déstabilisation provoquée par l'augmentation de la contrainte de vitesse. Une moins bonne stabilité du patron en antiphase peut être invoquée. Par ailleurs, si la performance a tendance à s'améliorer avec les essais chez les sujets contrôles (diminution de la variabilité), elle se détériore chez les sujets TAC. Ces données sont à relier aux difficultés de l'enfant TAC à se concentrer longuement dans le temps. Enfin, on peut noter que les deux groupes sont plus précis quand le stimulus est présent (phase de synchronisation) que lorsqu'il est absent (phase de syncope).

Concernant les potentiels évoqués, les résultats indiquent que les enfants TAC ne se différencient pas de enfants contrôles sur la phase de préparation motrice, mais des particularités existent au niveau de la phase d'exécution motrice. Les enfants TAC ont en effet des ondes N100 de latence plus longue que les enfants du même âge, suggérant que le processus de réafférence des informations provenant des muscles se réalise plus lentement. Plus précisément, on retrouverait chez ces enfants un fonctionnement inadéquat des circuits sub-corticaux complexes impliqués dans les processus de boucles de feedbacks des informations provenant

des muscles, des tendons et des récepteurs [14]. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées devant l'inefficacité de ce traitement, en boucle. Un retard dans la myélinisation pourrait être à l'origine d'une diminution de la vitesse de conduction dans les circuits neuronaux. On peut également invoquer une moins bonne synchronisation des assemblées de neurones sous-jacentes retardant par conséquent la transmission synaptique.

Cette lenteur de traitement des informations entraînerait des difficultés d'ajustement du geste et d'adéquation spatiale et temporelle chez les enfants TAC. Les travaux de Huh *et al.* (1998) sur des tâches de coordination qui mettent en jeu des mouvements asymétriques ont déjà montré une latence d'activation des muscles antagonistes plus longue et plus variable chez l'enfant affecté d'un TAC.

Conclusion

Sur le plan comportemental, les enfants TAC se montrent plus variables dans leurs performances aux niveaux intra- et interindividuel. La variabilité de la performance chez les sujets TAC est une donnée constante de la littérature aussi bien sur des habiletés motrices de type course et saut [20] que sur des tâches de coordination bimanuelle [1, 39] ou de pointage manuel [32].

Sur le plan neurophysiologique, l'absence de différence entre les deux groupes au niveau de la préparation de la réponse motrice contraste avec une latence plus longue de la composante N100 rendant compte des réafférences kinesthésiques. La différence de sensibilité kinesthésique entre sujets TAC et contrôles est toujours l'objet de débat, même si l'efficacité des programmes d'entraînement kinesthésique a été fortement remise en cause [33, 34].

Ces résultats apportent un éclairage complémentaire sur les difficultés de l'enfant et permettent d'envisager des pistes de rééducation. Il semble alors pertinent de favoriser un travail utilisant les données sur le contrôle et l'apprentissage moteurs, ainsi que la résolution de problèmes au niveau moteur qui auront pour effet de contribuer à la réduction de la variabilité et à la prise en compte par le sujet de ses erreurs et de leur correction. Des travaux ont ainsi montré l'intérêt d'une approche orientée sur la tâche, même si la question de la généralisation se pose [29, 31]. D'autres travaux ont mis l'accent sur les approches cognitives et la résolution de problèmes [15, 22, 23]. L'approche CO-OP (Cognitive Orientation to Occupational Performance) notamment s'inspire des travaux de Meichenbaum et consiste à guider l'enfant dans une découverte des stratégies spécifiques à l'activité :

- déterminer avec l'enfant et lui rappeler le but (goal) poursuivi,
- la stratégie (plan) qu'il entend utiliser,
- exécuter la stratégie en question et s'en tenir à elle (do),
- faire le point (check) sur l'efficacité de la stratégie mise en œuvre au regard de l'objectif final et des objectifs, intermédiaires si besoin est.

Ces travaux demandent cependant à être complétés pour, d'un côté, mieux cerner la nature des troubles et, de l'autre, contribuer à diversifier et à justifier les approches thérapeutiques. Une analyse de cohérence au niveau EEG, qui mesure le degré de corrélation entre les différentes aires cérébrales, nous permettra notamment de tester l'hypothèse d'une cohérence plus élevée [4], correspondant au recrutement d'un plus grand nombre d'aires impliquées dans le contrôle du mouvement, tentative de l'enfant TAC pour pallier à ses difficultés dans ce domaine.

RÉFÉRENCES

1. Albaret JM – Troubles de l'acquisition de la coordination : perspectives actuelles des dyspraxies de développement. *Evolutions Psychomotrices*, 1999, 11 (45), 113-119.
2. Albaret JM, Carayre S, Soppelsa R, Michelon Y – Hétérogénéité des dyspraxies de développement : tentative de classification. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 1995, 7, 32, 61-67.
3. Albaret JM, de Castelnaud P – Démarches diagnostiques pour le Trouble de l'Acquisition de la Coordination (TAC). In : R.H. Geuze (Ed.) *Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination. Evaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant* (pp. 29-85). Marseille : Solal. 2005.
4. Bell MA, Fox NA – Crawling experience is related to changes in cortical organization during infancy: evidence from EEG coherence. *Developmental Psychobiology*, 1996, 29, 551-561.
5. Berges J, Harrison A, Lairy GC, Stambak M – L'EEG de l'enfant dyspraxique. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 1968, 25, 208-220.
6. Bishop DVM – Handedness, clumsiness and developmental language disorders. *Neuropsychologia*, 1990, 28 (7), 681-690.
7. Cantell MH, Smyth MM, Ahonen TP – Two distinct pathways for developmental coordination disorder: Persistence and resolution. *Human Movement Science*, 2003, 22 (4-5 SU -), 413-431.
8. Cermak SA, Larkin D (Eds.) – *Developmental coordination disorder*. Albany, NY : Delmar. 2002.
9. Cermak S, Trimble H, Coryell J, Drake C – Bilateral motor coordination in adolescents with and without learning disabilities. *Physical and Occupational Therapy in Pediatrics*, 1990, 10 (1), 5-18.
10. Engström DA, Kelso JAS, Holroyd T – Reaction-anticipation transitions in human perception-action patterns. *Human Movement Science*, 1996, 15, 809-832.
11. Gérard CL, Brun V (Eds.) – *Les dyspraxies de l'enfant*. Paris : Masson.
12. Gérard C., Dugas M – Dyspraxie de développement : proposition de typologie. A propos de 51 cas. *Ann Réadaptation Méd Phys*, 1991, 34, 325-332.
13. Geuze RH (Ed.) – Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination. *Evaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant*. Marseille : Solal.
14. Hill H, Raab M – Analyzing a complex visuomotor tracking task with brain-electrical event related potentials. *Human Movement Science*. 2005, 24, 1-30.
15. Jongmans MJ, Smits-Engelsman BCM, Schoemaker MM – Consequences of comorbidity of developmental coordination disorders and learning disabilities for severity and pattern of perceptual-motor dysfunction. *Journal Of Learning Disabilities*, 2003, 36 (6), 528-537.
16. Kadesjö B, Gillberg C – Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1999, 40, 796-804.
17. Kelso JS – Phase transition and critical behavior in human bimanual coordination. *American Journal of Physiology*, 1984, 15, R1000-R1004.
18. Kaplan BJ, Crawford SG, Wilson BN, Dewey D – Comorbidity of developmental coordination disorder and different types of reading disability. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 1997, 3, 54.
19. Knuckey NW, Gubbay SS – Clumsy children: a prognostic study. *Aust. Paediatr. J.*, 1983, 19, 9-13.
20. Larkin D, Hoare D – The movement approach: a window to understanding the clumsy child. In: Summers JJ (Ed.), *Approaches to the study of motor control and learning* (pp. 413-439). Amsterdam : North Holland. 1992.
21. Losse A, Henderson SE, Elliman D, Hall D, Knight E, Jongmans M – Clumsiness in children-Do they grow out of it ? A 10-year follow-up study. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1991, 33, 55-68.
22. Mandich AD, Polatajko HJ, Macnab JJ, Miller LT – Treatment of children with Developmental Coordination Disorder: what is the evidence? *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 2001a, 20 (2-3), 51-68.

23. Mandich AD, Polatajko HJ, Missiuna C, Miller LT – Cognitive strategies and motor performance in children with developmental coordination disorder. *Physical & Occupational Therapy in Pediatrics*, 2001b, 20 (2-3), 125-143.
24. Nash-Wortham M – The clumsy, poorly co-ordinated child with associated speech, reading and writing difficulties. *Support for Learning*, 1987, 2 (4), 36-39.
25. Nobre AC, Allison T, McCarthy G – Word recognition in the human inferior temporal lobe. *Nature*, 1994, 372, 260-263.
26. Piek JP, Skinner RA – Timing and force control during a sequential tapping task in children with and without motor coordination problems. *Journal of International Neuropsychological Society*, 1999, 5, 320-329.
27. Polatajko HJ, Fox AM, Miussiuna C – An international consensus on children with Developmental Coordination Disorder. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 1995, 62 (1), 3-6.
28. Polatajko HJ, Cantin N – La prise en charge des enfants atteints d'un Trouble de l'Acquisition de la Coordination : approches thérapeutiques et niveau de preuve. In: Geuze RH (Ed.), *Le Trouble de l'Acquisition de la Coordination : évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant* (pp. 147-195). Marseille : Solal. 2005.
29. Revie G, Larkin D – Task-specific intervention with children reduces movement problems. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 1993, 10, 29-41.
30. Rintala P, Pienimäki K, Ahonen T, Cantell M, Kooistra L – The effects of a psychomotor training programme on motor skill development in children with developmental language disorders. *Human Movement Science*, 1998, 17 (4-5), 721-737.
31. Schoemaker MM, Niemeijer AS, Reynders K, Smits-Engelsman BCM – Effectiveness of neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Neural Plasticity*, 2003, 10 (1-2), 155-163.
32. Schoemaker MM, van der Wees M, Flapper B, Verheij-Jansen, N, Scholten-Jaegers S, Geuze RH – Perceptual skills of children with developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 2001, 20 (1-2), 111-133.
33. Sims K, Henderson SE, Hulme C, Morton J – The remediation of clumsiness. I: An evaluation of Laszlo's kinaesthetic approach. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1996a, 38, 976-987.
34. Sims K, Henderson SE, Morton J, Hulme C – The remediation of clumsiness. II: Is kinaesthesia the answer? *Developmental Medicine and Child Neurology*, 1996b, 38, 988-997.
35. Stambak M, L'Hériteau D, Auzias M, Bergès J, Ajuriaguerra J de – Les dyspraxies chez l'enfant. *Psychiatrie de l'Enfant*, 1964, 7 (2), 381-496.
36. Sunohara GA, Malone MA, Rovet J, Humphries T, Roberts W, Taylor MJ – Effect of methylphenidate on attention in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD): ERP evidence. *Neuropsychopharmacology*, 1999, 21, 218-228.
37. Temprado JJ, Montagne G – *Les coordinations perceptivo-motrices*. Paris : Armand Colin. 2001.
38. Visser J – Developmental coordination disorder: a review of research on subtypes and comorbidities. *Human Movement Science*, 2003, 22 (4-5), 479-493.
39. Volman MCJM, Geuze RH – Relative phase stability of bimanual and visuomanual rhythmic coordination patterns in children with a developmental coordination disorder. *Human Movement Science*, 1998, 17, 541-572.
40. Wall AE, Reid G, Paton J – The syndrome of physical awkwardness. In: Reid G (Ed.), *Problems in movement control* (pp. 283-316). Amsterdam : Elsevier. 1990.
41. Zanone PG – Une approche écologique-dynamique de la coordination. In: Albaret JM, Soppelsa R (Eds.). *Précis de rééducation de la motricité manuelle* (pp. 29-54). Marseille : Solal. 1999.