



Faculté de Médecine

Département des Sciences de la Motricité
Kinésithérapie et Réadaptation

*«Influence d'une prise en charge posturale
sur la position assise, les capacités cognitives,
le comportement et le bien-être de l'enfant en classe»*

Dans le cadre du projet

« SIT'n LEARN : Mieux assis pour mieux apprendre ! »

Sous la direction du Professeur Marc Vanderthommen
et du Docteur Corinne Catale.

Travail de fin de cycle présenté par

Tatiana Fettweis

en vue de l'obtention du grade de
Docteur en Sciences de la Motricité

Année académique 2017-2018

*Arrivée au terme de ce travail,
je tiens à remercier tous ceux qui de près ou de loin ont participé à son élaboration.*

*J'exprime tout d'abord mes remerciements les plus sincères
au Professeur Marc Vanderthommen, promoteur de cette thèse
pour m'avoir guidée, conseillée et encouragée tout au long de ces recherches.
Sa disponibilité et son investissement m'ont permis de travailler dans des conditions optimales.*

*Je remercie également le Docteur Corinne Catale, copromotrice
pour son soutien et ses conseils concernant le domaine cognitivo-comportemental
développé dans cette thèse.*

Mes pensées concernent aussi Christophe Demoulin pour sa disponibilité et son aide si précieuse.

*Pour l'honneur qu'ils me font d'apporter leur esprit critique à ce travail,
je remercie mes lecteurs et jurys qui ont pris de leur temps pour lire et analyser ce projet,
Madame Marguerite Foidart-Dessale et Messieurs Jean-Louis Croisier, Thierry Pozzo,
Philippe Mahaudens et Pierre-René Somville.*

*Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui sont entrées en ligne de compte
pour la concrétisation de mes études et sans qui ces dernières n'auraient pas pu voir le jour :*

Madame Véronique Wéra et Messieurs Eric Sauveur et Thierry Rahier ;

*L'ensemble du corps enseignant de l'école libre St-Joseph de Seraing
et des écoles communales de Rocourt et Jupille-Bruyère ;*

*Monsieur Pierre-René Somville et Madame Nadia Dardenne
pour leur expertise dans leur domaine respectif ;*

Messieurs Jean-Louis Croisier et Cédric Schwartz du LAMH ;

*Les membres de la Clinique Psychologique et Logopédique Universitaire
Mesdemoiselles Charline Niesten, Karine Gidelki, Ingrid Vermersch, Marie Plumacker,
Cécile Royer, Céline Tantimonaco, Elodie Nattier et Marie-Noëlle Onkelinx
et Messieurs Thibaut Schnitzler et Quentin Boevinger ;*

*Sans oublier l'ensemble des enfants ayant collaboré au projet ainsi que leurs parents.
Leur accueil, leur sympathie, leur confiance et leurs conseils, m'ont été d'une grande aide.*

*Mes pensées se tournent encore vers mon fiancé, mes parents, grands-parents, frères,
amis et collègues ainsi que vers l'ensemble du corps professoral de la Faculté de Médecine
pour leur soutien et leur aide tout au long de ces six années de recherche.*

*Je remercie enfin, Benoit, Bernadette et Timothée
pour leur contribution au peaufinage de ce travail.*

RESUME

Cette thèse analyse l'impact d'une prise en charge posturale associée à l'utilisation d'un coussin triangulaire dynamique sur la position assise, les capacités cognitives, la concentration et le bien-être de l'enfant en début d'école primaire. Elle comporte 4 sections principales.

La **revue de la littérature** présentée dans la première section souligne le rôle de l'école et plus spécifiquement l'impact du mobilier scolaire sur la santé et les apprentissages des élèves.

La deuxième section consiste à mettre en place et à étudier les qualités métrologiques d'une **batterie de tests** permettant d'évaluer la qualité de la position assise, les capacités posturales, le comportement en classe et les capacités cognitives d'enfants du premier cycle du primaire.

La troisième section comprend **trois études de terrain** évaluant l'influence de la prise en charge en milieu scolaire. La partie principale consiste en un suivi longitudinal réalisé au cours des deux premières années primaires. Dans ce cadre, le coussin dynamique a amélioré la qualité de la position assise, les plaintes musculo-squelettiques, les capacités cognitives et le comportement des enfants en classe. Une première étude complémentaire a mis en évidence le caractère instantané de l'effet de la prise en charge et une seconde a confirmé l'impact positif du coussin dans une population présentant des troubles de l'attention.

Enfin, la quatrième section comporte **deux études** réalisées **au sein du Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain** : une analyse biomécanique de la position assise a précisé l'effet positif et immédiat du coussin dynamique et une évaluation du contrôle moteur lombaire a démontré une meilleure proprioception lombaire chez les enfants habitués à utiliser le coussin.

En **conclusion**, bien que cette recherche ne porte que sur une partie des facteurs entrant en ligne de compte pour le bien-être des élèves en classe ainsi que pour leur réussite scolaire, les différentes analyses et perspectives développées tout au long de cette thèse suggèrent la pertinence d'un coussin dynamique dans la mise en place de campagnes posturales préventives.

ABSTRACT

This thesis aims to analyse the impact of postural education associated with the use of a triangular dynamic cushion on the sitting position, the cognitive abilities, the concentration and the well-being of children starting primary school. It consists in 4 main sections.

State of the art analysis presented in the first section highlighted the role of school and more specifically of the school furniture on students' health and learning.

The second section consisted in creating and studying the metrological quality of a **series of tests** for evaluating the sitting position, the postural abilities, the in-class behaviour and the cognitive abilities of children in the first cycle of primary school.

The third section includes **three on-site studies** evaluating the postural education within school. The main part consisted in a long term follow-up performed during the two first years of primary school. In this framework, the dynamic cushion enhanced the sitting position quality, the musculoskeletal complaints, the cognitive abilities and the in-class behaviour. A first additional study highlighted the instantaneous effect of the postural education and a second one confirmed the cushion positive impact for children showing attention deficit.

Finally, the fourth section includes **two studies** performed **within the Human Motion Analysis Lab** (Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain ; LAMH): a sitting position biomechanical analysis specified the dynamic cushion positive and instantaneous effect and a lumbar motor control evaluation showed a better lumbar proprioception for children used to the cushion.

As a **conclusion**, even if the study only deals with a part of the factors influencing the students' well-being and their school success, the analyses and perspectives developed in this thesis suggest creating postural preventive campaigns.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES FIGURES	13
TABLE DES TABLEAUX	17
TABLE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS	21
INTRODUCTION	23
REVUE DE LITTÉRATURE	27
I. La position assise traditionnelle de l'élève : état de la question	27
I.1. Conséquences au niveau biomécanique	28
I.2. Conséquences au niveau cognitif	31
II. Vers une adaptation de la position assise	33
II.1. Les adaptations statiques	33
II.1.a. Conséquences au niveau biomécanique	33
II.1.b. Conséquences au niveau cognitif	34
II.2. Les adaptations dynamiques	34
II.1.a. Conséquences au niveau biomécanique	35
II.1.b. Conséquences au niveau cognitif	35
II.3. Conclusions	36
OBJECTIFS	37
MISE EN PLACE ET ÉTUDE DES QUALITÉS MÉTROLOGIQUES DE LA BATTERIE DE TESTS	39
I. Grille d'observation de la position assise	39
I.1. Matériel et méthode	40
I.1.a. Présentation de la population	40
I.1.b. Mise au point de la grille d'observation de la position assise	41
I.1.c. Description du protocole expérimental	41
I.1.d. Traitement des données	42
I.2. Résultats	43
I.2.a. Reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs	43
I.2.b. Validité contre critère	43
I.2.c. Comparaison « observation directe » vs « observation sur photographie »	44
I.3. Discussion	45
I.3.a. Mise en place de la grille d'observation	45
I.3.b. Reproductibilité et validité de la grille d'observation	46
I.3.c. Faisabilité sur le terrain	46
I.3.d. Limites et perspectives	47

I.4. Conclusion	47
II. Tests posturaux	48
II.1. Matériel et méthode	49
II.1.a. Présentation de la population	49
II.1.b. Description du protocole expérimental	49
II.1.c. Description des conditions expérimentales	50
II.1.d. Traitement des données	53
II.2. Résultats	54
II.2.a. Reproductibilité de l'évaluation du maintien sur photographie	54
II.2.b. Reproductibilité de l'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force	54
II.3. Discussion	55
II.3.a. Reproductibilité de l'évaluation du maintien sur photographie	55
II.3.b. Reproductibilité de l'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force	56
II.3.c. Limites et perspectives	56
II.4. Conclusion	57
III. Evaluation du comportement en classe	58
III.1. Matériel et méthode	58
III.1.a. Présentation de la population	58
III.1.b. Description du protocole expérimental	58
III.1.c. Traitement des données	59
III.2. Résultats	59
III.2.a. Reproductibilité de l'évaluation du comportement en classe par vidéo	59
III.3. Discussion	60
III.3.a. Choix de la technique d'évaluation	60
III.3.b. Reproductibilité de l'évaluation du comportement en classe par vidéo	61
III.3.c. Limites et perspectives	61
III.4. Conclusion	61
IV. Tests cognitifs	62
IV.1. Matériel et méthode	63
IV.1.a. Présentation de la population	63
IV.1.b. Description du protocole expérimental	64
IV.1.c. Description des consignes de passation des tâches cognitives	64
IV.1.d. Traitement des données	68
IV.2. Résultats	69
IV.2.a. Validité de construit de la batterie collective	69
IV.2.b. Mise en relation des tests collectifs : calcul de scores composites	69
IV.2.c. Reproductibilité des scores composites	70
IV.3. Discussion	71
IV.3.a. Limites et perspectives	72
IV.4. Conclusion	72

I. Influence de la prise en charge lors du premier cycle de l'enseignement primaire	73
I.1. Matériel et méthode	73
I.1.a. Présentation de la population	73
I.1.b. Description du protocole expérimental	74
I.1.c. Description du mobilier	76
I.1.d. Description du déroulement des tests	77
I.1.e. Traitement des données	79
I.2. Résultats	80
I.2.a. Homogénéité des groupes à E1	80
I.2.b. Suivi longitudinal	80
I.3. Discussion	91
I.3.a. Choix du protocole expérimental	91
I.3.b. Suivi longitudinal : influence du temps	92
I.3.c. Suivi longitudinal : influence de la prise en charge	95
I.3.d. Limites et perspectives	98
I.4. Conclusion	100
II. Influence du début de prise en charge	101
II.1. Matériel et méthode	101
II.1.a. Présentation de la population	101
II.1.b. Description du protocole expérimental	101
II.2. Résultats	102
II.2.a. Homogénéité des groupes à E1	102
II.2.b. Suivi longitudinal	103
II.3. Discussion	104
II.4. Conclusion	105
III. Influence de la prise en charge chez l'enfant présentant des troubles de l'attention	106
III.1. Matériel et méthode	106
III.1.a. Présentation de la population	106
III.1.b. Description du protocole expérimental	106
III.1.c. Traitement des données	107
III.2. Résultats	108
III.2.a. Homogénéité des groupes à E1	108
III.2.b. Influence de la prise en charge	108
III.3. Discussion	111
III.3.a. Limites et perspectives	112
III.4. Conclusion	113

**I. Influence de la prise en charge sur la position assise :
analyse biomécanique au sein du LAMH** **115**

I.1. Matériel et méthode	116
I.1.a. Présentation de la population	116
I.1.b. Description du protocole expérimental	116
I.1.c. Traitement des données	121
I.2. Résultats	122
I.2.a. Homogénéité des groupes	122
I.2.b. Influence du temps sur la position assise	122
I.2.c. Influence du groupe sur la position assise	125
I.2.d. Influence du mobilier sur la position assise	126
I.3. Discussion	129
I.3.a. Limites et perspectives	130
I.4. Conclusion	131

**II. Influence de la prise en charge sur le contrôle moteur lombaire:
test de repositionnement au sein du LAMH** **132**

II.1. Matériel et méthode	132
II.1.a. Présentation de la population	132
II.1.b. Description du protocole expérimental	132
II.1.c. Traitement des données	135
II.2. Résultats	136
II.2.a. Analyse biomécanique lors de la flexion antérieure du tronc	136
II.2.b. Influence de la prise en charge sur le contrôle moteur lombaire	137
II.3. Discussion	138
II.3.a. Limites et perspectives	140
II.4. Conclusion	140

DISCUSSION GÉNÉRALE **141**

I. Choix de la prise en charge sur coussin **141**

II. Effets du coussin **143**

II.1. Effets biomécaniques	143
II.2. Effets musculo-squelettiques et proprioceptifs	144
II.3. Effets cognitifs et comportementaux	146
II.4. Modèle intégratif	147

III. Mise en place d'une prise en charge préventive sur coussin **149**

III.1. Influence spécifique de l'éducation posturale	149
III.2. Choix de la population	149

IV. Perspectives de recherche **151**

CONCLUSION GÉNÉRALE **153**

BIBLIOGRAPHIE	155
ANNEXES	I
I. <u>Mise en place de la batterie de tests</u>	I
I.1. Grille d'observation de la position assise : version 1	I
I.2. Tests posturaux	V
I.3. Tests cognitifs	XI
II. <u>Suivi longitudinal</u>	XIX
II.1. Éducation posturale	XIX
II.2. Questionnaires	XXIX
II.3. Homogénéité des groupe à E1	XXXI
II.4. Évolution des données anthropométriques de E1 à E5	XXXIII

TABLE DES FIGURES

Figure 1 :	Modèle circulaire proposé par Smith (2007) pour représenter les relations et influences des différents facteurs rencontrés en milieu scolaire sur l'élève [4]. (Traduction personnelle).	p. 23
Figure 2 :	Diagramme représentant l'influence des différents paramètres « macro » et « micro » présents à l'école sur les troubles musculo-squelettiques et d'apprentissage [1]. (Traduction personnelle).	p. 24
Figure 3 :	La classe de Geoffroy (1853-1924) [49].	p. 27
Figure 4 :	Position assise de Staffel (1884) [49].	p. 27
Figure 5 :	Vue sagittale de la colonne vertébrale en position debout et assise [50]. (Traduction personnelle).	p. 28
Figure 6 :	Modifications biomécaniques lors du passage de la position debout à la position assise [53]. (Traduction personnelle).	p. 29
Figure 7 :	Pression discale supportée en position debout vs en différentes positions assises [51]. (Traduction personnelle).	p. 29
Figure 8 :	Vue sagittale de la colonne vertébrale en position assise érigée et naturelle [27]. (Traduction personnelle).	p. 30
Figure 9 :	Modèle explicatif de la régulation du mouvement [73]. (Traduction personnelle).	p. 32
Figure 10 :	Position assise de Mandal (1981) [53].	p. 33
Figure 11 :	<i>Back-App</i> ©.	p. 36
Figure 12 :	Mobilier <i>Héphaïstos</i> ™.	p. 36
Figure 13 :	Ballon-siège.	p. 36
Figure 14 :	Coussin <i>Movin'Sit</i> © (Ledraplastic S.p.A. - Italie).	p. 36
Figure 15 :	Mobilier traditionnel adapté avec un coussin <i>Movin'Sit</i> ©.	p. 36
Figure 16 :	Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan frontal de face.	p. 50
Figure 17 :	Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan frontal de dos.	p. 51
Figure 18 :	Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan sagittal.	p. 51
Figure 19 :	Mise en place du dispositif d'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force.	p. 52
Figure 20 :	Statokinésigramme obtenu grâce à la plateforme <i>Winposturo</i> ©.	p. 53
Figure 21 :	Déroulement d'une matinée d'évaluation du comportement.	p. 58
Figure 22 :	Illustration du test évaluant l'attention sélective. Partie 1 : les flammes (à gauche) ; Partie 2 : les symboles (à droite).	p. 65
Figure 23 :	Illustration du test évaluant l'attention soutenue.	p. 65
Figure 24 :	Illustration du test évaluant la mémoire de travail.	p. 66
Figure 25 :	Illustration du test évaluant les capacités de planification.	p. 66

Figure 26 :	Illustration du test évaluant les praxies visuo-motrices.	p. 67
Figure 27 :	Illustration du test évaluant les capacités de raisonnement.	p. 67
Figure 28 :	Illustration du test évaluant la vitesse de traitement.	p. 68
Figure 29 :	Représentation schématique du protocole expérimental. EP ₁ = éducation posturale 1 : 1 séance/semaine pendant 3 mois. EP ₂ : éducation posturale 2 : 1 séance/mois pendant 3 mois.	p. 74
Figure 30 :	Mobilier traditionnel présent dans les classes participant à l'étude.	p. 76
Figure 31 :	Coussin dynamique <i>Movin'Sit Junior</i> ®.	p. 76
Figure 32 :	Déroulement d'une matinée d'évaluation du comportement et de la position assise.	p. 78
Figure 33 :	Evolution du score (/7) de la position assise des élèves des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E ₁₋₅). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 81
Figure 34 :	Evolution du paramètre « Surface » en condition double tâche obtenus par les élèves des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E ₁₋₅). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes)	p. 84
Figure 35 :	Pourcentage d'enfants des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) rapportant des douleurs en position assise au début de l'étude (E ₁) et à la fin de chaque année scolaire (E ₃ et E ₅).	p. 84
Figure 36 :	Pourcentage d'enfants du groupe expérimental (GE : n=44) se plaignant de douleur dans les différentes parties du corps.	p. 85
Figure 37 :	Evolution du temps de concentration pour les groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E ₁₋₅). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes) (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 86
Figure 38 :	Evolution du score obtenu au questionnaire BRIEF pour les groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E ₁₋₅). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes)	p. 87
Figure 39 :	Evolution du score attentionnel pour les groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E ₁₋₅). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 88
Figure 40 :	Evolution de différents paramètres durant l'ensemble du suivi des groupes mixte (GM : n=17), contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) : A) score (/7) qualifiant la position assise ; B) pourcentage d'élèves reportant des douleurs ; C) pourcentage de temps de concentration à la tâche et D) score attentionnel (* : GE significativement différent de GC et GM). (# : GE et GM significativement différents de GC).	p. 103
Figure 41 :	Représentation schématique du protocole expérimental.	p. 107

Figure 42 :	Evolution des paramètres « Longueur xy » (A) et « Surface » (B) en condition double tâche obtenus par les élèves des groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des 2 évaluations (E1 et E2). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 108
Figure 43 :	Evolution du pourcentage de temps passé en position assise (A) et du nombre de changements de position (B) dans les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 109
Figure 44 :	Evolution du temps de concentration pour les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 109
Figure 45 :	Evolution du score total obtenu au questionnaire « BRIEF » pour les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 110
Figure 46 :	Evolution du score attentionnel pour les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2). (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes). (* : différence significative entre les deux groupes).	p. 111
Figure 47 :	Illustration de la position assise d'un sujet dans les conditions expérimentales sans et avec le coussin triangulaire dynamique.	p. 117
Figure 48 :	Placement des marqueurs 3D et des capteurs EMG.	p. 118
Figure 49 :	Illustration des différents angles mesurés dans le plan frontal (A) et le plan sagittal (B) respectivement (a=inclinaison de la tête; b=inclinaison du tronc; c=inclinaison du bassin; d=flexion de la tête; e=lordose cervicale; f=cyphose dorsale; g=lordose lombaire; h=bascule du bassin; i=angle tronc-cuisses).	p. 118
Figure 50 :	Moyenne des écarts-types des angles obtenus par les enfants dans les deux conditions (avec et sans coussin)(n=30) (*p<0,05).	p. 127
Figure 51 :	Placement des capteurs de mouvement 3D.	p. 134
Figure 52 :	Illustration chez un sujet de la position de départ (mesure 1) et la position cible à 30° de flexion antérieure du tronc (mesure 2) dans la condition instable et des différents angles mesurés (a=flexion antérieure globale du tronc; b=cyphose dorsale; c=lordose lombaire; d=bascule du bassin; e=flexion de hanche).	p. 134
Figure 53 :	Illustration de la flexion antérieure du tronc (°) au cours du temps (s) entre la position de départ (0°) et la position cible (30°) d'un enfant du GC (en gris) et d'un enfant du GE (en noir). (Les flèches indiquent le moment où l'erreur de repositionnement a été calculée).	p. 137
Figure 54 :	Diagramme représentant l'influence de notre prise en charge sur coussin sur les troubles musculo-squelettiques et d'apprentissage.	p. 148

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$ [extrêmes]) des 30 enfants inclus dans l'étude ($n=30$).	p. 40
Tableau 2 :	Grille d'observation de la position assise.	p. 41
Tableau 3 :	Coefficient de Kappa de Cohen (k) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de la grille d'observation de la position assise (30 enfants, 16 photos par enfant, donc 480 photos analysées). « / » correspond aux paramètres non analysables en trois dimensions.	p. 43
Tableau 4 :	Coefficient de Kappa de Cohen (k) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) caractérisant la validité contre critère de la grille d'observation pour chacun de ses items et l'accord de jugement entre les évaluations observationnelles et tridimensionnelles (30 enfants, 16 photos par enfant, donc 480 photos analysées). « / » correspond aux paramètres non analysables en trois dimensions.	p. 44
Tableau 5 :	Coefficient de Kappa de Cohen (k) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) caractérisant la reproductibilité direct-photo de la grille d'observation pour chacun de ses items et l'accord de jugement entre les deux analyses des enfants (30 enfants, 2 conditions, donc 60 observations directes réalisées et 60 photos analysées). « / » correspond aux paramètres non analysables en trois dimensions.	p. 44
Tableau 6 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$ [extrêmes]) des 49 élèves inclus dans l'étude ($n=49$).	p. 49
Tableau 7 :	Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de l'évaluation du maintien sur photographie.	p. 54
Tableau 8 :	Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de l'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force.	p. 54
Tableau 9 :	Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de l'évaluation du comportement en classe.	p. 59
Tableau 10 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$ [extrêmes]) des 53 enfants inclus dans l'étude ($n=53$).	p. 63
Tableau 11 :	Matrice de corrélation (r (p)) entre les scores obtenus par les 53 enfants aux tests réalisés en passation individuelle et en collective. (* $p < 0,05$).	p. 69
Tableau 12 :	Matrice de corrélation (p (r)) entre les scores obtenus par les 53 enfants aux tests réalisés en collectif (* $p < 0,05$).	p. 70
Tableau 13 :	Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité des scores composites de la batterie collective.	p. 70

Tableau 14 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) de l'ensemble de la population ($n=70$) et des enfants des groupes contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) à E1 (* $p < 0,05$).	p. 80
Tableau 15 :	Pourcentage d'enfants ayant obtenu le score maximal par item lors de l'analyse de la position assise des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 81
Tableau 16 :	Angles moyens et écarts-type caractérisant le maintien dans les plans sagittal et frontal, des enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 82
Tableau 17 :	Paramètres ($m \pm ET$) obtenus sur plateforme de force dans 3 conditions (yeux ouverts, yeux fermés, double tâche) par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 83
Tableau 18 :	Pourcentage de temps ($m \pm ET$) passé en position assise par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 85
Tableau 19 :	Nombre ($m \pm ET$) de changements de position (entre positions assise et non assise) réalisé durant 40 minutes d'analyse vidéo par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 86
Tableau 20 :	Scores ($m \pm ET$) obtenus au questionnaire de comportement (BRIEF) pour les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)). Un score plus important signifie davantage de problèmes de comportement relevés.	p. 87
Tableau 21 :	Scores ($m \pm ET$) en pourcent obtenus aux deux scores attentionnel et visuo-spatial par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 88
Tableau 22 :	Score global ($m \pm ET$) en pourcent obtenu à l'évaluation non certificative de fin de premier cycle pour les compétences « Eveil », « Langue française » et « Mathématique » par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) à E5 (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).	p. 89
Tableau 23 :	Pourcentage d'élèves ayant répondu par l'affirmative aux questions du questionnaire de satisfaction dans le groupe contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) (* $p < 0,05$).	p. 89
Tableau 24 :	Régressions linéaires (R^2 (p-value)) ($n=70$) réalisées avec les scores obtenus lors de la cinquième évaluation (E5), entre les différents paramètres ayant été influencés par la prise en charge à savoir, la qualité de la position assise, la concentration à la tâche et le score attentionnel (* $p < 0,05$).	p. 90
Tableau 25 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) des enfants des groupes mixte ($n=17$), contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) à E1.	p. 102
Tableau 26 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) des enfants des groupes contrôle ($n=7$) et TA ($n=7$) à E1 (* $p < 0,05$).	p. 108
Tableau 27 :	Conditions de passation du test évaluant la contraction maximale volontaire des muscles paravertébraux lombaires, abdominaux et quadriceps.	p. 120

Tableau 28 :	Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) des enfants des groupes contrôle ($n=15$) et expérimental ($n=15$) à E1 (* $p < 0,05$).	p. 122
Tableau 29 :	Evolution des angles mesurés ($^\circ$) ($m \pm ET$) durant les 7 enregistrements (E1-7) dans les deux conditions (avec et sans cousin) ($n=30$).	p. 123
Tableau 30 :	Evolution de l'activité EMG : intensité ($m \pm ET$) et durée ($m \pm ET$), durant les 7 enregistrements (E1-7) dans les deux conditions (avec et sans cousin) ($n=30$).	p. 124
Tableau 31 :	Evolution de la force exercée par les pieds sur le sol ($m \pm ET$) durant les 7 enregistrements (E1-7) dans les deux conditions (avec et sans cousin) ($n=30$).	p. 124
Tableau 32 :	Evolution des angles mesurés ($m \pm ET$) dans les deux conditions (avec et sans cousin) par les groupe contrôle ($n=15$) et expérimental ($n=15$).	p. 125
Tableau 33 :	Activité musculaire : intensité ($m \pm ET$) et durée ($m \pm ET$), dans les deux conditions (avec et sans cousin) par les groupes contrôle ($n=15$) et expérimental ($n=15$).	p. 126
Tableau 34 :	Force des pieds exercée sur le sol ($m \pm ET$) dans les deux conditions (avec et sans cousin) par les groupes contrôle ($n=15$) et expérimental ($n=15$).	p. 126
Tableau 35 :	Angles mesurés ($m \pm ET$) dans les deux conditions (avec et sans cousin) ($n=30$) (* $p < 0,05$).	p. 127
Tableau 36 :	Intensité moyenne ($m \pm ET$) et durée d'activation moyenne ($m \pm ET$) des muscles paravertébraux lombaires, abdominaux et quadriceps dans les deux conditions (avec et sans cousin) ($n=30$) (* $p < 0,05$).	p. 128
Tableau 37 :	Force des pieds exercée sur le sol ($m \pm ET$) dans les deux conditions (avec et sans cousin) ($n=30$) (* $p < 0,05$).	p. 128
Tableau 38 :	Angles ($m \pm ET$) mesurés en position de départ (mesure 1) et en position cible (mesure 2) dans les groupes contrôle et expérimental (* $p < 0,05$).	p. 136
Tableau 39 :	Comparaison intergroupes des scores ($m \pm ET$) d'erreur de repositionnement (mesure 3 - mesure 2) obtenus dans les deux conditions (stable et non stable) : a) valeur globale de flexion du tronc et b) valeurs analytiques (* $p < 0,05$).	p. 138

TABLE DES SYMBOLES ET ABBREVIATIONS

%	pourcent(age)
<	inférieur à
>	supérieur à
≥	supérieur ou égal à
=	égal à
±	plus ou moins
~	environ
°	degré
,	minute
3D	tridimensionnel
©	copyright
™	trade-mark
AFNOR	Association Française de Normalisation
al.	Alii
C	vertèbre cervicale
cf.	confer
CG	centre de gravité
CMV	contraction maximale volontaire
CT	cyphose thoracique
cm	centimètre
E1	période d'évaluation sur le mobilier traditionnel
E2	période d'évaluation sur le nouveau mobilier traditionnel avec coussin après 3 mois d'éducation posturale
E3	période d'évaluation après 6 mois d'utilisation du coussin
E4	période d'évaluation après 9 mois d'utilisation du coussin
E5	période d'évaluation après 1,5 an d'utilisation du coussin
EIAS	épine iliaque antéro-supérieure
EIPS	épine iliaque postéro-supérieure
EMG	électromyographie/ique
EP	éducation posturale

ET	écart-type
GC	groupe contrôle
GE	groupe expérimental
GM	groupe mixte
GTA	groupe trouble de l'attention
IC95%	intervalle de confiance à 95%
ICC	coefficient de corrélation intra-classe
IMC	indice de masse corporelle
k	coefficient de kappa de Cohen
kg	kilogramme
L	vertèbre lombaire
LAMH	laboratoire d'analyse du mouvement humain
LC	lordose cervicale
LL	lordose lombaire
LOA	limite d'agrément de Bland-Altman
m	moyenne
m²	mètre carré
MI	membres inférieurs
mm	millimètre
MS	membres supérieurs
n	nombre de participants
p	p-value
PC	prise en charge
s	seconde
T	vertèbre thoracique
TA	trouble de l'attention
TObs	temps de l'observation directe

INTRODUCTION

De nos jours, les troubles du comportement et autres troubles d'attention et d'apprentissage, le sédentarisme des jeunes enfants, les plaintes musculo-squelettiques, la fatigue mentale, etc constituent des problèmes de plus en plus présents en milieu scolaire [1-3].

L'école étant souvent considérée comme le premier « lieu de travail » de chaque être humain, celle-ci comporte de nombreux facteurs susceptibles d'influencer le bien-être et les performances de l'élève en classe. Ainsi, l'enfant se trouve au centre d'un modèle complexe où interagissent différents facteurs qui vont directement influencer le vécu de l'élève en classe mais sur lesquels ce dernier n'aura pas spécialement d'influence. Ces facteurs peuvent être répertoriés en 7 catégories communes à tout environnement éducatif : le programme académique, le support de cours (livres et matériel audio-visuel et médiatique), l'ergonomie des locaux, le système éducatif, le corps professoral, la famille et communauté au sens large et divers autres facteurs psychosociaux et personnels. (Figure 1) [4,5].

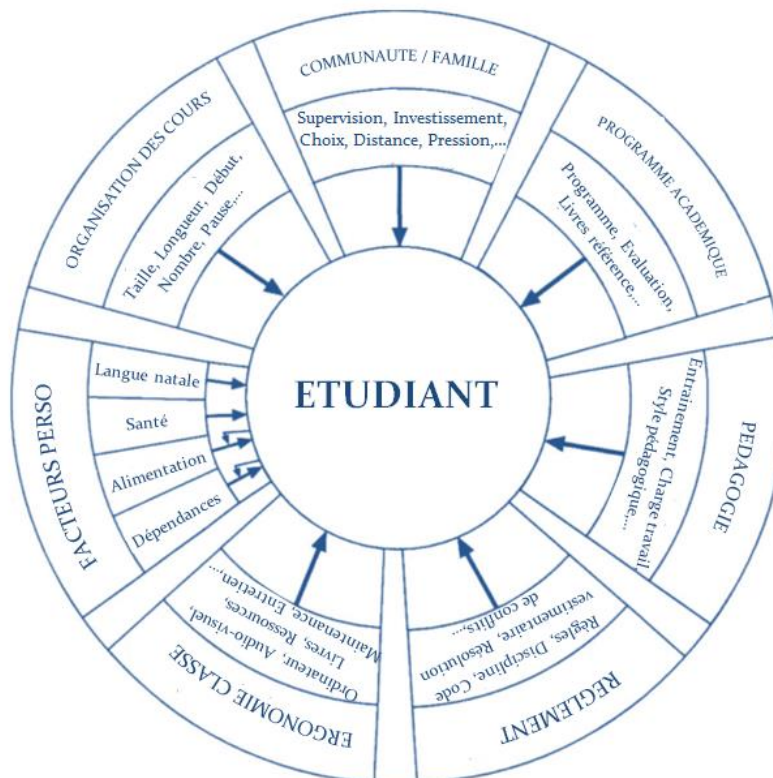


Figure 1 : Modèle circulaire proposé par Smith (2007) pour représenter les relations et influences des différents facteurs rencontrés en milieu scolaire sur l'élève [4]. (Traduction personnelle).

Les facteurs liés à l'école peuvent être séparés en deux autres sous-types : les facteurs dits « macro-ergonomiques » relatifs à l'environnement de la structure au sens large (environnement, organisation,...) et ceux dits « micro-ergonomiques » relatifs à l'environnement physique (mobilier scolaire, activités, mallette, bruits sonores,...) [1,6]. Une revue systématique récente s'est penchée sur ces derniers et plus spécifiquement sur le mobilier scolaire auquel divers maux sont imputés tels que fatigue musculaire, douleur, faible dépense énergétique, passivité mentale,... (Figure 2) [1].

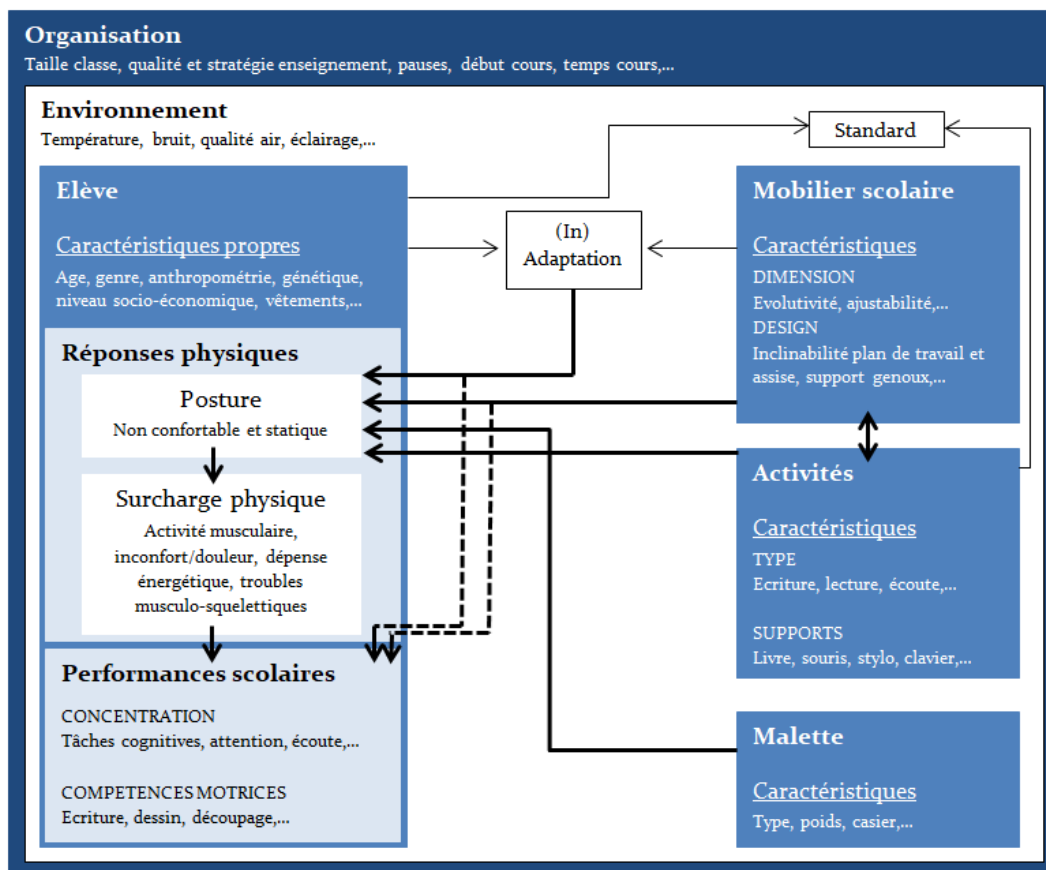


Figure 2 : Diagramme représentant l'influence des différents paramètres « macro » et « micro » présents à l'école sur les troubles musculo-squelettiques et d'apprentissage [1]. (Traduction personnelle).

Un des principaux facteurs concerne les troubles musculo-squelettiques et surtout les maux de dos. En effet, de nos jours, la prévalence des rachialgies atteint 70% et n'épargne ni les enfants ni les adolescents [7-12]. Le mal de dos constitue en effet un problème commun chez l'enfant et son incidence augmente fortement tout au long de la croissance [10,13-17]. Ces plaintes précoces semblent constituer un facteur de risque de douleurs rachidiennes récurrentes et/ou chroniques futures [10,15,18-20]. Dans une analyse globale (enfants et adultes confondus) et à côté des facteurs de risque non modifiables tels que l'âge et la taille, Burton et al. classent les

facteurs de risque modifiables en quatre catégories, à savoir les habitudes de vie (surpoids/obésité, tabagisme, alcool, habitudes alimentaires, travail, participation sportive et inactivité physique), les facteurs physiques (condition physique, mobilité et souplesse, force musculaire), les facteurs relatifs au travail (poste de travail, vibrations) ou à l'école (cartable et mobilier scolaire) et les facteurs psychosociaux et émotionnels [21]. Cependant, rares sont les études qui évaluent l'impact d'une modification de ces facteurs sur les douleurs rachidiennes et leurs conséquences sur les apprentissages chez l'enfant scolarisé [17,22-24] et peu de recommandations sont donc disponibles à l'heure actuelle concernant la prévention en milieu scolaire [3,11,21,25,26]. Parmi les facteurs de risque identifiés à l'école, la position assise semble constituer un élément crucial. En effet, les enfants, comme les adultes, passent environ 7,7 heures (soit 55% du temps où ils sont éveillés), assis sur un mobilier la plupart du temps inadéquat [27-30]. Or, plusieurs auteurs attestent qu'une position assise prolongée et inappropriée constitue le principal facteur associé aux rachialgies de l'enfant et influe négativement sur les apprentissages [1,31].

Afin de lutter contre cette posture prolongée, une première approche consiste à respecter la nature de l'enfant et de lui permettre de bouger un maximum. Ainsi, prévoir des opportunités pour se lever, faire des pauses-mouvements environ toutes les 45 minutes tels que les « Brain Breaks® » (HOPSports®, Inc.), favoriser le sport à l'école et aménager la classe de sorte que les enfants puissent changer d'endroit dans la classe en fonction de la matière enseignée sont autant de recommandations pour prévenir les risques de troubles musculo-squelettiques et d'apprentissage [4,28,32-39]. Diverses études ont montré l'intérêt pour les élèves de changer fréquemment de posture, tant pour la prévention des douleurs rachidiennes [20,28,35,37,40] que pour l'optimisation des performances scolaires [28,33,34,41-46].

Cependant, la majorité des enseignants demeurent réticents à ce type d'enseignement par peur de perdre le contrôle des élèves [28,47] et parce qu'ils estiment que ce type d'éducation se fait au détriment de l'apprentissage en lui-même de l'enfant qui passerait moins de temps à la tâche [47].

Au vu des réserves des enseignants et des institutions à l'égard de cette première approche, une seconde focalisée sur la position assise consiste à modifier le mobilier scolaire afin que celui-ci réponde davantage aux besoins anthropométriques (taille adaptée) et anthropologiques (besoin naturel d'être en mouvement) des enfants [33]. En effet, au cours de leur scolarité, les élèves passent environ mille heures par an assis dans une position statique et ce, le plus souvent, sur un mobilier inadapté à leur morphologie [10,22,29,48].

REVUE DE LITTÉRATURE

I. La position assise traditionnelle de l'élève : état de la question

L'ancien mobilier d'école tel que décrit par Geoffroy au XIXe siècle était constitué d'un bureau haut et d'un plan de travail incliné (Figure 3) [49].



Figure 3 : La classe de Geoffroy (1853-1924) [49].

En 1884, le chirurgien orthopédiste allemand Staffel préconise, sans donner la moindre explication, une position assise redressée à savoir, les chevilles, les hanches et les genoux à angle droit et le regard horizontal (Figure 4) [49].



Figure 4 : Position assise de Staffel (1884) [49].

Pour favoriser cette posture, la taille du mobilier est réduite, le plan de travail est mis à l'horizontal et un support lombaire est placé sur la chaise. Ces consignes, relayées par

Snorasson en 1968, sont adoptées sans réelle contestation depuis des décennies en Europe et ont servi de base pour élaborer les normes européennes actuelles de mobilier (AFNOR¹) [49].

I.1. CONSEQUENCES AU NIVEAU BIOMECANIQUE

Le passage d'une position debout à une position assise sur un mobilier traditionnel engendre de nombreuses modifications au niveau de la colonne vertébrale (Figure 5).

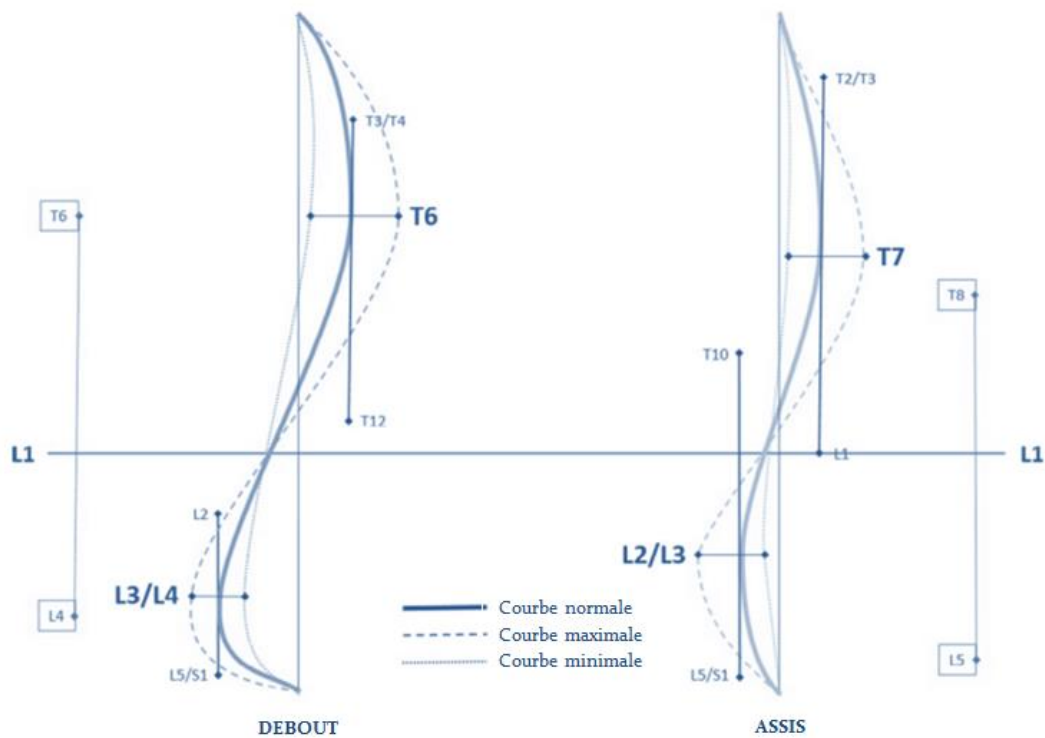


Figure 5 : Vue sagittale de la colonne vertébrale en position debout et assise [50].
(Traduction personnelle). (L = vertèbre lombaire ; T = vertèbre thoracique).

Ainsi, on observe une réduction d'environ 50% (de $\sim 50^\circ$ à 25°) de la lordose lombaire associée à une réduction de la courbure thoracique d'environ un tiers (de $\sim 34^\circ$ à 25°) et, a contrario, à une augmentation de la lordose cervicale (de $\sim 1^\circ$ à 4°) afin de conserver le regard horizontal [50,51]. En outre, les sommets des courbures dorsales et lombaires sont déplacés respectivement d'une vertèbre vers le bas et d'une vertèbre vers le haut, induisant une transition plus abrupte entre les deux courbures et de potentielles contraintes au niveau de la jonction thoraco-lombaire [50,52]. Cet effacement des courbures s'accompagne d'une rétroversion du bassin associée à une verticalisation du sacrum [50,52] (Figure 6).

¹ Association Française de Normalisation (www.afnor.org)

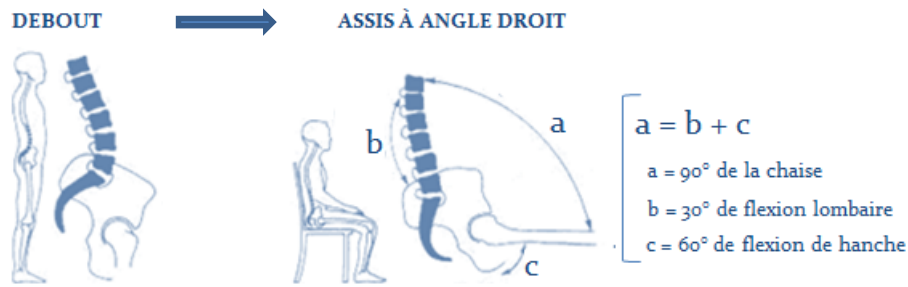


Figure 6 : Modifications biomécaniques lors du passage de la position debout à la position assise [53].
(Traduction personnelle).

En effet, l'angle compris entre le tronc et les cuisses ($\sim 90^\circ$) présent sur un mobilier traditionnel résulte pour environ 2/3 d'une flexion de hanche [54-56] alors que les 30 derniers degrés sont induits par une rétroversion du bassin due, notamment, à la mise en tension des muscles pelvi-trochantériens postérieurs [51]. La flexion de la colonne lombo-sacrée qui en résulte est d'autant plus importante que la position assise est avachie de sorte que la colonne peut prendre une forme de « C » [27].

Cette délordose lombaire est source de nombreuses contraintes biomécaniques. La rétroversion du bassin entraîne une modification de la répartition des charges sur l'assise, de sorte que les tubérosités ischiatiques deviennent le point d'appui principal devant supporter à elles seules près de 65% du poids du corps ce qui est à l'origine d'un potentiel inconfort [51,56,57]. Par ailleurs, les pressions intra-discales lombaires augmentent fortement dans cette position et ce principalement en L4-L5 et L5-S1 [51,58] (Figure 7).

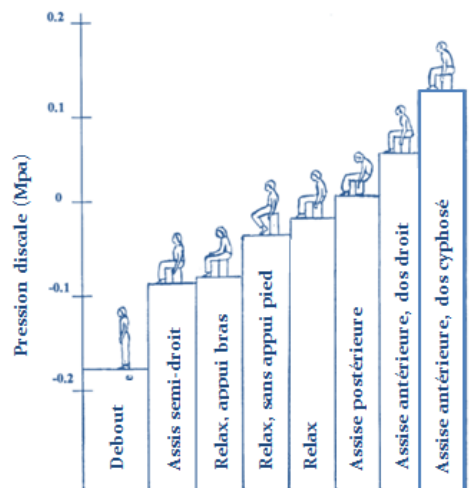


Figure 7 : Pression discale supportée en position debout vs en différentes positions assises [51].
(Traduction personnelle).

En effet, alors que les articulations zygapophysaires supportent 25 à 47% des contraintes totales en position debout, l'ouverture des facettes articulaires due à la délordose lombaire empêche ce rôle de soutien de telle sorte que les charges discales peuvent atteindre, en position assise, jusqu'à 140% du poids du corps, et jusqu'à 250% si cette position assise est avachie ou si l'appui des pieds sur le sol et/ou du dos contre le dossier sont absents [51]. En outre, ces surcroûts de charge s'accompagnent d'une diminution de la hauteur du disque associée à une migration du nucleus pulposus vers l'arrière et à une mise en tension de la partie postérieure des anneaux fibreux [51,59].

Par ailleurs, si le sujet croise les jambes, une inclinaison du bassin se combine à la rétroversion ce qui non seulement majore les effets dans le plan sagittal mais en plus induit des modifications dans le plan frontal (répartition inégale du poids du corps sur les tubérosités ischiatiques, majoration de l'activité des muscles du tronc [60] et apparition d'une attitude scoliotique [61]).

L'idéal serait donc de maintenir une position assise redressée avec les deux pieds posés au sol afin de conserver la lordose lombaire dite physiologique [27] (Figure 8).

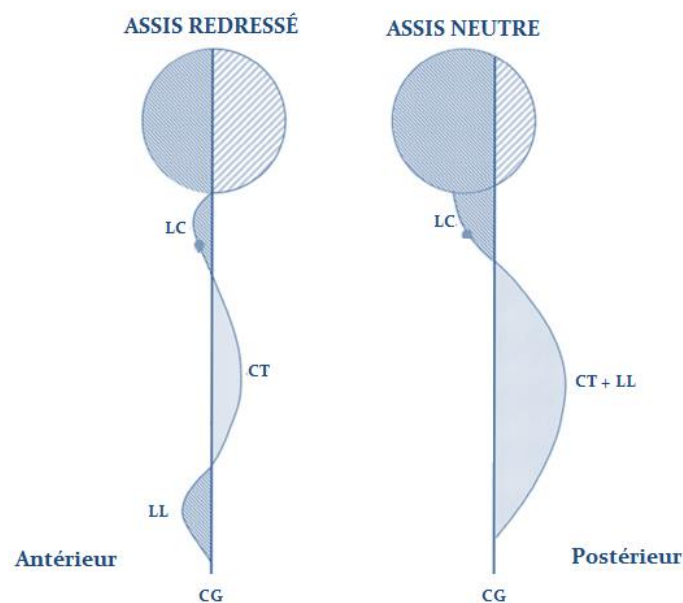


Figure 8 : Vue sagittale de la colonne vertébrale en position assise érigée et naturelle [27].

(Traduction personnelle).

(LC = lordose cervicale ; CT = cyphose thoracique ; LL = lordose lombaire ; CG = centre de gravité).

Toutefois, maintenir cette position « idéale » sur un mobilier traditionnel nécessite un effort musculaire soutenu [27,51,62,63] et un maintien de longue durée d'une telle position peut donc entraîner une fatigue musculaire et des sensations d'inconfort [21].

Une position assise inappropriée et prolongée peut enfin avoir un impact négatif sur la proprioception lombaire alors que celle-ci contribue à la stabilité de la colonne vertébrale et à la prévention des lombalgies [64-66].

I.2. CONSEQUENCES AU NIVEAU COGNITIF

Confort et productivité étant étroitement liés, l'inadéquation du mobilier scolaire traditionnel est susceptible d'entraver le confort de l'enfant, de l'empêcher de se concentrer pleinement et donc d'affecter de manière non négligeable ses capacités d'apprentissage [33,67,68]. Les tensions musculaires et posturales, engendrées par les différentes contraintes biomécaniques dues à un mobilier non adapté, peuvent placer l'enfant dans une posture d'inconfort mais également engendrer des douleurs récurrentes [21,32]. Ce type de mobilier est aussi à l'origine de fatigues [32,68,69], entrave la circulation sanguine et donc le transport de l'oxygène [32,70] et diminue les échanges respiratoires suite à la modification des dimensions de la cage thoracique [71].

Par ailleurs, les capacités d'intégration multi-sensorielles essentielles aux apprentissages sont réduites lors du maintien prolongé d'une posture statique inappropriée. En effet, posture et cognition partagent sur le plan neurologique et psycho-affectif, un centre de traitement identique, le cervelet. Le cervelet est avant tout un centre essentiel du contrôle de la posture et de l'équilibre et permet le maintien du tonus musculaire, la coordination des mouvements et l'apparition des automatismes. Toutefois, plusieurs études ont montré qu'il joue également un rôle dans les processus cognitifs nécessaires aux apprentissages comme la lecture, la mémoire, les tâches impliquant le langage (grammaire, mémoire verbale), le raisonnement, les capacités d'attention, le jugement, les fonctions exécutives (flexibilité mentale, capacité de planification et mémoire de travail), les capacités visuo-spatiales (mémoire visuelle, capacité constructive et capacité à appréhender l'espace environnant) et le comportement [72]. Pour ce faire, le cervelet traite l'ensemble des stimuli sensoriels qui lui parviennent entre autres via la proprioception et le système vestibulaire. Il permet également d'exercer une fonction anticipative en faisant intervenir le contrôle cortical via la mémorisation d'expériences antérieures qui favorise l'apprentissage (Figure 9) [72,73].

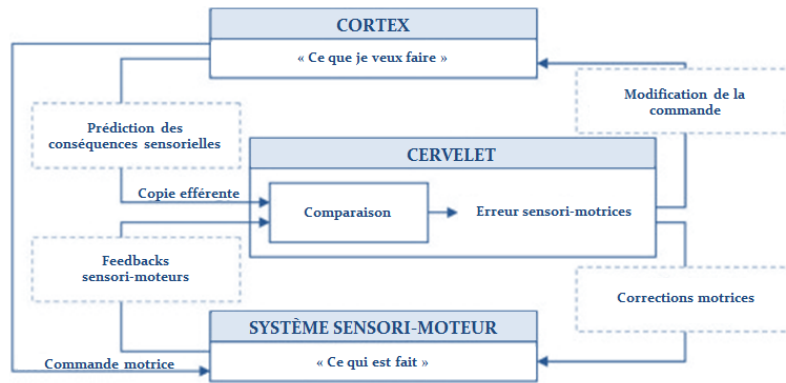


Figure 9 : Modèle explicatif de la régulation du mouvement [73]. (Traduction personnelle).

Ce lien entre motricité et cognition est bien illustré lorsqu'on observe spécifiquement les capacités d'attention. En effet, ces dernières sont la faculté d'organiser les stimuli sensoriels pour déterminer leur pertinence. C'est un processus d'intégration et d'organisation neurologique des informations sensorielles issues de l'environnement de l'individu en vue de créer des réponses motrices ou comportementales adaptatives. Ce processus de modulation sensorielle a un effet direct sur les capacités d'attention et le comportement [28,67,74]. Ainsi, les enfants présentant des troubles du traitement sensoriel ne sont pas capables d'inhiber les informations répétées ou sans rapport et peuvent dès lors avoir des difficultés d'attention envers les stimuli pertinents [67,72,73]. De même, si le cervelet ne fonctionne pas correctement, la personne aura des difficultés de traiter les stimuli sensoriels simultanés et/ou qui se succèdent rapidement [72].

II. Vers une adaptation de la position assise

Dès les années 50, plusieurs scientifiques établissent une relation entre le mal de dos et la position assise à l'école et constatent que les bancs et les tables ne sont pas adaptés aux élèves à tel point que seuls 20% d'entre eux possèdent une combinaison « chaise-bureau » acceptable [32,55,75,76]. Par ailleurs, aucune modification des normes du mobilier de Staffel n'a jamais été apportée alors qu'aujourd'hui l'enfant est en moyenne plus grand de 10 centimètres [77]. Un tel mobilier non adapté ne peut répondre aux différents besoins essentiels à l'équilibre des fonctions physiques, mentales et émotionnelles des élèves [33]. Pour pallier à cette problématique, deux types d'adaptations, dites statiques et dynamiques, existent.

II.1. LES ADAPTATIONS STATIQUES

En 1981, Mandal suggère que la position assise dite « idéale » est celle pour laquelle l'angle entre le tronc et les cuisses est d'environ 135° , angle qui permet de conserver la lordose physiologique (Figure 10) [53]. Dès lors, les adaptations préconisées pour le mobilier consistent à rehausser l'assise et à l'incliner vers l'avant, de façon à favoriser l'ouverture de cet angle [55,78,79] et à permettre l'appui des pieds au sol.



Figure 10 : Position assise de Mandal [53].

II.1.a. Conséquences au niveau biomécanique

Sur un mobilier classique, une position assise érigée (comparativement à une position passive avachie) permet de retrouver les courbures vertébrales de la position debout [27] mais implique un effort musculaire important et durable (25,61,62). Surélever et incliner l'assise diminue la rétroversion du bassin de sorte que la colonne vertébrale s'érige naturellement sans requérir une activation musculaire excessive [80]. En outre, en position érigée, les muscles spinaux se retrouvent en piste intermédiaire de sorte que les structures proprioceptives et les propriétés visco-élastiques des fuseaux neuromusculaires sont optimisées offrant un meilleur

contrôle moteur au sujet [64,81]. Enfin, favoriser l'appui des pieds permet une meilleure répartition du poids du corps ; une vingtaine de pourcent de celui-ci étant alors soutenu par les pieds entraînant une meilleure circulation sanguine et une diminution des contraintes ischiatiques et discales [51,82]. L'assise inclinée diminue donc les tensions musculaires et posturales et améliore le confort général de l'enfant en classe [83].

II.1.b. Conséquences au niveau cognitif

Globalement, les études portant sur ce type de mobilier montrent une amélioration du confort général des enfants qui se voient plus productifs [32]. Ce type de mobilier diminuerait la fatigabilité visuelle et générale de l'enfant, les maux de tête et les tensions visuelles [32,68,69]. La réduction des contraintes biomécaniques favoriserait également la circulation sanguine et les échanges respiratoires et digestifs, et minimiserait la dépense énergétique de l'organisme. Ceci procurerait ainsi davantage d'énergie pour le maintien des activités cognitives [32,68,71,84]. Ce niveau d'énergie serait d'ailleurs d'autant plus important vu qu'une posture érigée semble favoriser des émotions positives et donc donne de l'entrain pour la tâche en cours [85]. En outre, l'appui des pieds confère également des informations proprioceptives supplémentaires favorisant l'intégration sensorielle et donc les capacités de concentration [86]. Les performances scolaires s'en voient donc améliorées notamment concernant la vitesse de lecture, la compréhension, la concentration, la qualité d'écriture et le comportement en tâche des enfants [69,87,88].

II.2. LES ADAPTATIONS DYNAMIQUES

Si les adaptations statiques permettent d'améliorer la position assise, elles ne tiennent pas compte du besoin de mouvement des enfants et donc de l'aspect dynamique que devrait inclure la position assise. Une seconde approche consiste donc à favoriser une position assise dite « dynamique » à savoir une assise offrant des (micro-)mouvements réguliers [67,89-92].

II.2.a. Conséquences au niveau biomécanique

Contrairement à une position avachie prolongée qui peut entraîner à long terme un affaiblissement des muscles paravertébraux de la région lombo-pelvienne, une position dynamique permet de diminuer ce risque de déconditionnement par une stimulation douce et régulière de ces muscles [93,94]. Ce mouvement régulier favorise aussi une meilleure proprioception en améliorant la capacités des fuseaux neuromusculaire des muscles spinaux à détecter les changements de tension/longueur [64,95]. En outre, grâce au mouvement induit au bassin ainsi qu'à toute la colonne vertébrale, la nutrition des disques inter-vertébraux est améliorée suite à l'alternance de mouvements de compression et décompression [82].

II.2.b. Conséquences au niveau cognitif

Ce type de mobilier dynamique a pour ambition de répondre aux besoins sensoriels, tactiles, proprioceptifs et vestibulaires de l'élève au fur et à mesure de l'avancement de la journée en lui donnant une liberté de mouvement. Favoriser la modulation sensorielle en stimulant les systèmes vestibulaire et proprioceptif via un mouvement constant et régulier amène ainsi un meilleur état d'éveil, d'attention et de concentration sur les tâches à réaliser [28,67,74]. Dans le cas spécifique d'enfants présentant des troubles de l'attention avec ou sans hyperactivité, rester en mouvement grâce à un tel mobilier leur permet de combler leurs besoins sensoriels, tactiles, proprioceptifs et vestibulaires de sorte qu'une amélioration des capacités d'attention, du comportement assis, de l'écriture et de la productivité peut être observée avec moins de périodes d'assoupissement et une meilleure capacité à écouter et à finir un travail scolaire [28,67,91,96]. En outre, l'assise dynamique permet de reproduire une alternance de tension-relâchement des muscles engagés dans la position assise et d'ainsi réduire le stress physique [28,91,96,97]. Même si cela reste à confirmer, les enfants sont donc plus concentrés et tendent aussi à obtenir de meilleurs résultats scolaires [39,91,92,98].

II.3. CONCLUSIONS

A l'heure actuelle, de nombreux types de mobilier, répondant aux critères de Mandal et de l'approche dynamique, existent et sont préconisés au sein des écoles afin de favoriser cette assise idéale [89,99,100]. On trouve ainsi sur le marché le siège *Back-App*© (Figure 11), les mobiliers *Héphaïstos*TM (Figure 12) ainsi que le ballon siège (Figure 13).



Figure 11 : *Back-App*©.



Figure 12 : Mobilier *Héphaïstos*TM.



Figure 13 : Ballon-siège.

Malgré leur avenir très prometteur, il s'avère toutefois que de nombreuses écoles n'ont ou n'auront pas les moyens financiers de remplacer tout leur mobilier pour le substituer à un autre plus performant.

Ainsi, plusieurs auteurs [88,101,102] ont suggéré d'utiliser un support pelvien triangulaire (coussin) afin de favoriser l'antéversion du bassin et permettre donc un meilleur maintien (adaptation statique). D'autres auteurs ont quant à eux recommandé d'utiliser un coussin gonflé à l'air pour augmenter le dynamisme de la position assise [67]. Il existe actuellement un coussin triangulaire et gonflé d'air (« *Movin'Sit*© ») permettant de combiner ces deux avantages à savoir, l'inclinaison antérieure et le dynamisme de l'assise (Figure 14 et 15). Ce matériel présentant également l'avantage de l'accessibilité financière, nous avons choisi d'étudier son impact biomécanique et cognitif lors d'un suivi longitudinal d'élèves de l'enseignement primaire.



Figure 14 : Coussin *Movin'Sit*©
(Ledraplastic S.p.A. - Italie).



Figure 15 : Mobilier traditionnel adapté
avec un coussin *Movin'Sit*©.

OBJECTIFS

Premier « lieu de travail » de tout être humain, l'école comporte un grand nombre de facteurs susceptibles d'être à l'origine directe ou indirecte de troubles musculo-squelettiques et/ou d'apprentissage. Jusqu'à présent, très peu d'études multifactorielles de qualité portant sur l'influence du mobilier scolaire ont exploré ces deux paramètres simultanément. L'objectif principal de cette thèse est donc d'évaluer l'influence de l'adaptation du mobilier à l'aide d'un coussin triangulaire dynamique sur les troubles musculo-squelettiques et sur les capacités d'apprentissage des élèves.

Pour ce faire, nous avons souhaité, dans un premier temps, mettre au point et valider une **batterie de tests** permettant d'évaluer les paramètres suivants :

- la qualité de la position assise grâce à une fiche d'observation ;
- les capacités posturales grâce à une analyse individuelle sur photographie et sur plateforme de force ;
- le comportement des élèves en classe grâce à une analyse vidéographique
- les capacités cognitives grâce à des tests dits « papier-crayon » adaptés pour une passation collective en classe.

Après la mise au point et la vérification des qualités métrologiques de la batterie de test, une première partie comporte **trois études de terrain** afin d'évaluer l'influence de la prise en charge en milieu scolaire :

- Le projet principal consiste en un suivi de 2 ans de 70 enfants tout-venants du premier cycle du primaire afin d'évaluer l'effet à long terme de l'utilisation du coussin dynamique au quotidien. Au total, 5 évaluations ont été réalisées et ont porté sur la qualité de la position assise, les capacités posturales, les plaintes musculo-squelettiques, le comportement en classe et les capacités cognitives.
- Aucun consensus n'étant réellement établi quant au moment idéal pour commencer une telle prise en charge, nous avons évalué si des enfants bénéficiant du coussin à partir de la deuxième primaire évoluent différemment de ceux ayant bénéficié du coussin dès la première primaire.
- La plupart des études du comportement en classe et des capacités attentionnelles, se penchant sur des enfants présentant des troubles de l'attention avec ou sans

hyperactivité (TDAH), nous avons également évalué les effets du coussin dynamique sur une population d'enfants présentant des troubles de l'attention.

En parallèle à ces études de terrain, **deux études de laboratoire** complémentaires ont été réalisées au sein du Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain de l'Université de Liège (LAMH) afin d'obtenir une analyse précise et objective de l'influence du coussin dynamique sur les paramètres suivants :

- la qualité de la position assise, son dynamisme et l'activité musculaire requise pour la maintenir ;
- la proprioception des enfants à l'aide d'un test de repositionnement.

Le projet regroupant l'ensemble de ces études est intitulé « *Sit'n Learn : Mieux assis pour mieux apprendre* » et s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre le Département des Sciences de la motricité (Faculté de Médecine) et la Clinique Psychologique et Logopédique Universitaire (Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Education).

MISE EN PLACE ET ÉTUDE DES QUALITÉS MÉTROLOGIQUES DE LA BATTERIE DE TESTS

La première étape de ce projet de recherche a consisté à mettre en place et à valider une batterie de tests permettant un suivi longitudinal des capacités posturales et cognitives ainsi que du comportement d'enfants de l'enseignement primaire. Au vu de la population choisie pour ce suivi (première et deuxième primaire), la validation de cette batterie de tests a concerné des enfants de cette même tranche d'âge.

I. Grille d'observation de la position assise

Compte tenu de l'impact potentiel des postures sur la survenue des troubles musculo-squelettiques, il apparaît pertinent d'évaluer des éléments quantitatifs et qualitatifs relatifs à la position assise dans le cadre de la prévention des lombalgies chez les enfants.

De nombreuses techniques existent déjà mais la plupart d'entre elles ne semble pas adaptée à une analyse réalisée en classe. En effet, si l'évaluation tridimensionnelle paraît être la plus pertinente [103], elle est difficilement réalisable en milieu scolaire. Plusieurs études ont donc évalué la position assise en situation réelle via la méthode PEO (Portable Ergonomic Observation) [7,47,104] qui consiste en une analyse informatisée de la position, destinée principalement à mettre en évidence de grands changements de position (exemple : flexion cervicale de 20° ou plus). Cette dernière est assez onéreuse, demande du temps et requiert une expérience de la part de l'utilisateur. D'autres études ont quant à elles utilisé des enregistrements vidéographiques [7] mais qui ne permettent qu'une analyse en deux dimensions de la position de l'enfant. L'observation directe semble donc être la technique la plus adaptée à notre cadre expérimental [105].

Comme il n'existe aucun outil spécifique, notre premier objectif a été la création d'une grille d'observation de la position assise de l'enfant âgé de 6 à 12 ans. Nous avons dans un premier temps mis au point et vérifié les qualités métrologiques d'une première grille d'observation constituée de 23 items (résultats non présentés) (cf. *Annexe I.1.*, page 1). Cependant, celle-ci s'est avérée difficilement utilisable sur le terrain principalement suite à un temps de remplissage excessif. Afin de pallier à cet inconvénient, nous avons constitué une nouvelle grille pour laquelle nous avons retenu 7 items.

Le second objectif a consisté à vérifier les qualités métrologiques de cette grille simplifiée afin de permettre un suivi longitudinal des enfants. Pour ce faire, la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de cette grille ainsi que sa validité contre critère ont été vérifiées. En outre, nous avons évalué les conditions optimales pour son utilisation en analysant ses possibilités d'utilisation en direct sur le terrain.

I.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

I.1.a. Présentation de la population

Cette étude a porté sur des enfants, âgés de 8 ans, asymptomatiques et sans antécédents douloureux au niveau du dos. Au total, 30 enfants (14 filles et 16 garçons) ont participé à l'étude, tous avec leur consentement et celui de leurs parents. Leurs caractéristiques biométriques sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques biométriques (m ± ET [extrêmes]) des 30 enfants inclus dans l'étude (n=30).

Caractéristiques	Moyenne ± ET [extrêmes]
Âge (années)	7 ± 0,6 [6,2-7,8]
Taille (cm)	122,6 ± 5,5 [103-134]
Poids (kg)	24,4 ± 5,3 [13-37]
IMC (kg/m ²)	16,3 ± 2,7 [12,1-23,9]

I.1.b. Mise au point de la grille d'observation de la position assise

Notre grille d'évaluation de la qualité de la position assise des élèves comporte 7 items et s'est inspirée des différentes grilles d'évaluation utilisées en ergonomie pour évaluer les facteurs de risque des troubles musculo-squelettiques de la position des travailleurs. En nous basant sur le principe du parcours-test mis au point par Vanderthommen et al. [106], une cotation a été attribuée à chaque item afin d'établir un score de la position assise sur un total de 7 points; un résultat de 7/7 indiquant une position assise optimale (Tableau 2).

Tableau 2 : Grille d'observation de la position assise.

	1 point	0,5 point	0 point
Colonne cervicale	Lordose	/	Cyphose
Appui des MS	Oui	/	Non
Utilisation du dossier de la chaise	Oui	/	Non
Colonne lombaire	Lordose	/	Cyphose
Angles tronc-cuisses	>90°	90°	<90°
Cuisses	Ecartées	Parallèles	Croisées
Appui des MI	Deux pieds au sol	Un pied au sol	Zéro pied au sol
			TOTAL : .../7

I.1.c. Description du protocole expérimental

Pour vérifier les qualités métrologiques de cette grille d'observation, l'étude a été réalisée au sein du Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain (LAMH) de l'Université de Liège en parallèle à une analyse tridimensionnelle de la position assise. La description détaillée du protocole expérimental est reprise au point I. *Influence de la prise en charge sur la position assise : analyse biomécanique au sein du LAMH* (page 115).

Cette étude incluait une séance d'environ 90 minutes pour chaque enfant. Après un premier contact, la séance commençait par la mise en place des capteurs de mouvement sur l'enfant ainsi que leur calibration. Ensuite, une analyse tridimensionnelle de la position assise de l'enfant était réalisée simultanément à une analyse vidéographique de $\frac{3}{4}$ dos pendant 15 minutes. Ces analyses étaient réalisées consécutivement dans deux conditions : avec et sans coussin dynamique. L'ordre de passage des deux conditions a été tiré au sort pour chaque enfant. Pendant les 15 minutes d'enregistrement, il était demandé à l'enfant de compléter un carnet de jeux. Aucune explication sur la manière de s'asseoir n'a été donnée.

A la fin de chaque enregistrement de 15 min, une observation directe était réalisée par l'expérimentateur 1 placé debout juste derrière la caméra. Deux tonalités sonores ont permis de synchroniser les deux moyens d'enregistrement : une au début de l'enregistrement et une au moment de l'observation directe (TObs). Entre les deux conditions d'enregistrement, un moment de « free-motion » était accordé à l'enfant avant de commencer la phase d'enregistrement dans la seconde condition. Les enregistrements terminés, les vidéos ont été séquencées et sept arrêts sur image (un arrêt toutes les 2 min à partir du début de l'enregistrement) ont été réalisés grâce au programme d'analyse vidéo *Kinovéa*®. Un arrêt sur image supplémentaire a été réalisé au moment du TObs. Dès lors, deux expérimentateurs (expérimentateur 1 et 2) ont analysé, grâce à la grille d'observation informatisée, l'ensemble des 16 photographies obtenues pour chaque enfant. La comparaison de leurs analyses a permis d'évaluer la reproductibilité inter-expérimentateurs. L'expérimentateur 1 les a ensuite analysées une seconde fois à un mois d'intervalle afin d'évaluer la reproductibilité intra-expérimentateur. Par ailleurs, ce même expérimentateur 1 a analysé les arrêts sur image au TObs pour les comparer à son observation directe. L'ensemble de ces observations (sur photos ou en direct) ont été comparées aux données réelles de l'analyse tridimensionnelles afin d'évaluer la validité contre critère de la grille.

I.1.d. Traitement des données

L'évaluation de la reproductibilité et de la validité de la grille d'observation a été réalisée grâce au test non paramétrique *Kappa de Cohen* (k).

Ce test permet de chiffrer l'accord entre deux ou plusieurs observateurs ou techniques. Le taux d'accord ou de concordance est estimé par le coefficient de Kappa (k) proposé par Cohen : nombre réel, sans dimension, compris entre -1 et +1. L'accord sera d'autant plus élevé que la valeur de Kappa est proche de +1 et l'accord maximal est atteint si $k=1$. Lorsqu'il y a indépendance des jugements, le coefficient de Kappa est égal à zéro. Et dans le cas d'un désaccord total entre les juges, Kappa prend la valeur -1.

Ce même test a en outre permis d'étudier la faisabilité de la grille sur le terrain (photos vs analyse en direct).

Les limites d'agrément de *Bland-Altman* ont enfin été calculées pour le score total attribué à la position assise (/7).

I.2. RÉSULTATS

I.2.a. Reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs

Tableau 3 : Coefficient de Kappa de Cohen (k) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de la grille d'observation de la position assise (30 enfants, 16 photos par enfant, donc 480 photos analysées). « / » correspond aux paramètres non analysables en trois dimensions.

Score	Repro intra k [IC95%]	Repro inter k [IC95%]
Colonne cervicale	0,55 [0,46-0,64]	0,51 [0,43-0,67]
Appui des MS	0,76 [0,67-0,85]	0,73 [0,62-0,85]
Utilisation du dossier de la chaise	/	/
Colonne lombaire	0,55 [0,46-0,64]	0,52 [0,43-0,62]
Angles tronc-cuisses	0,69 [0,47-0,91]	0,67 [0,44-0,87]
Cuisses	0,62 [0,53-0,71]	0,63 [0,54-0,75]
Appui des MI	0,88 [0,75-1,00]	0,87 [0,78-0,97]
TOTAL (/7)	0,93 [0,75-1,00]	0,89 [0,79-1,00]

* : accord presque parfait entre les deux analyses $k \geq 0,81$

* : accord fort entre les deux analyses $0,61 \leq k \leq 0,80$

* : accord modéré entre les deux analyses $0,41 \leq k \leq 0,60$

Globalement, la reproductibilité apparaît similaire que l'analyse soit réalisée par un même (reproductibilité intra-expérimentateur) ou par différents expérimentateurs (reproductibilité inter-expérimentateurs). Un accord presque parfait ($k \geq 0,87$) se retrouve pour l'appui des pieds au sol. L'appui des membres supérieurs, l'angle tronc-cuisses et l'abduction des cuisses possèdent un très bon accord de jugement ($0,61 \leq k \leq 0,80$) tandis que la reproductibilité des items « colonnes cervicale et lombaire » n'est que modérée. L'accord de jugement concernant le score total attribué est pour sa part presque parfait tant en intra- ($k=0,93$) qu'en inter-expérimentateurs ($k=0,89$). Les limites d'agrèments calculées pour ce score sont par ailleurs relativement étroites (-0.7/+0.3).

I.2.b. Validité contre critère

Le tableau 4 compare les données obtenues à l'aide de la grille avec celles de l'analyse tridimensionnelle.

Tableau 4 : Coefficient de Kappa de Cohen (k) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) caractérisant la validité contre critère de la grille d'observation pour chacun de ses items et l'accord de jugement entre les évaluations observationnelles et tridimensionnelles (30 enfants, 16 photos par enfant, donc 480 photos analysées). « / » correspond aux paramètres non analysables en trois dimensions.

Score	k [IC95%]
Colonne cervicale	0,55 [0,46-0,64]
Appui des MS	/
Utilisation du dossier de la chaise	/
Colonne lombaire	0,62 [0,53-0,71]
Angles tronc-cuisses	0,63 [0,45-0,72]
Cuisses	0,67 [0,58-0,76]
Appui des MI	0,76 [0,67-0,85]

* : accord fort entre les deux analyses $0,61 \leq k \leq 0,80$

*: accord modéré entre les deux analyses $0,41 \leq k \leq 0,60$

L'accord de jugement entre les deux techniques apparaît fort ($0,61 \leq k \leq 0,80$) pour les items « colonne lombaire », « angle tronc-cuisses », « position des cuisses » et « appui des membres inférieurs ». Il apparaît modéré pour l'item « colonne cervicale » ($k=0,55$).

I.2.c. Comparaison « observation directe » versus « observation sur photographie »

L'expérimentateur 1 a rempli la grille d'observation en direct à la fin des 15 minutes d'enregistrement sur chaque mobilier (TObs). À ce même instant, un arrêt sur image a été réalisé et analysé a posteriori par le même expérimentateur. La comparaison « observation directe » versus « observation sur photographie » a permis d'examiner si l'analyse sur photographie reflète bien l'analyse de terrain (observation en direct).

Tableau 5 : Coefficient de Kappa de Cohen (k) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) caractérisant la reproductibilité direct-photo de la grille d'observation pour chacun de ses items et l'accord de jugement entre les deux analyses des enfants (30 enfants, 2 conditions, donc 60 observations directes réalisées et 60 photos analysées). « / » correspond aux paramètres non analysables en trois dimensions.

Score	k [IC95%]
Colonne cervicale	0,63 [0,38-0,89]
Appui des MS	0,76 [0,67-0,85]
Utilisation du dossier de la chaise	/
Colonne lombaire	0,70 [0,39-1,00]
Angles tronc-cuisses	0,97 [0,91-1,00]
Cuisses	0,90 [0,70-1,00]
Appui des MI	0,90 [0,78-1,00]
TOTAL	0,89 [0,79-1,00]

* : accord presque parfait entre les deux analyses $k \geq 0,81$

* : accord fort entre les deux analyses $0,61 \leq k \leq 0,80$

L'analyse statistique a mis en évidence un accord presque parfait à fort ($k > 0.61$) pour l'ensemble des items et un accord presque parfait pour le score total attribué à la position assise ($k = 0.89$).

I.3. DISCUSSION

Le but de cette étude était d'analyser les qualités métrologiques d'une grille d'évaluation de la position assise facilement utilisable en classe.

I.3.a. Mise en place de la grille d'observation

Utiliser une grille d'observation semble le meilleur compromis pour pouvoir analyser la position assise des enfants dans leurs activités de classe quotidienne. Pour ce faire, nous avons mis au point, avec l'aide d'un ergonome, une grille d'observation spécifiquement prévue pour analyser la position assise en classe en nous basant sur le principe de différentes grilles d'évaluation du poste de travail utilisées en ergonomie telles que la RULA (Rapid Upper Limb Assessment) [107] et la REBA (Rapid Entire Body Assessment) [108].

Notre grille initiale (composée de 23 items) s'étant avérée trop longue, nous avons retenu uniquement 7 items. Ces items ont été sélectionnés parmi les paramètres s'étant montrés les plus reproductibles lors d'une étude préliminaire de la grille initiale (résultats non présentés) et étant considérés comme les plus pertinents pour définir la position assise « idéale » [51,53,102].

Cette grille tient compte de l'ouverture de l'angle tronc-cuisses et de l'abduction des hanches qui facilitent tous deux la bascule du bassin et donc le redressement naturel de la colonne vertébrale [102,109]. Le maintien des lordoses cervicale et lombaire est également analysé dans la grille d'observation finale. Enfin, l'appui des membres supérieurs et inférieurs et l'utilisation du dossier de la chaise ont également été retenus. En effet, les appuis extra-rachidiens ont tendance à diminuer les contraintes imposées aux structures anatomiques rachidiennes et à soulager l'effort musculaire de l'enfant pour maintenir une position assise adéquate [51].

Afin de pouvoir réaliser un suivi quantitatif de la qualité de la position assise globale, nous avons noté cette position assise en attribuant des points (0 ; 0,5 ; 1) à chaque item. En nous basant sur le principe du parcours-test mis au point par Vanderthommen et al. afin d'évaluer le

comportement gestuel du patient lombalgique dans différentes tâches de la vie quotidienne [106], un score sur 7 points a ainsi été attribué à la position assise (7/7 indiquant une position assise optimale).

I.3.b. Reproductibilité et validité de la grille d'observation

La reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de la grille est de manière générale concluante, caractérisée par un Kappa de Cohen suggérant un accord de jugement fort à presque parfait pour presque tous les items. L'accord de jugement modéré concernant les items « colonnes cervicale et lombaire » peut s'expliquer par le fait que ces deux paramètres sont difficiles à évaluer par observation : les habits (ou les capteurs ici) et/ou les cheveux des enfants réduisent parfois la visibilité de ces zones ce qui impose un choix subjectif entre les deux options (lordose/cyphose) dans l'hypothèse d'une posture intermédiaire [110].

La comparaison des observations sur photographie et des mesures tridimensionnelles, s'est montrée satisfaisante (accord fort ou modéré) ce qui confirme la validité de notre grille d'observation. L'absence d'accord parfait concernant cette validité contre critère peut s'expliquer par le fait que beaucoup d'angles mesurés étaient proches des limites décrites dans la notice de la grille entre deux options d'un item. Dans ces circonstances, l'imprécision et la subjectivité de l'expérimentateur ont pu agir sur les résultats.

I.3.c. Faisabilité sur le terrain

Afin de vérifier si l'analyse sur photographie peut être représentative de l'analyse de la position assise de l'enfant sur le terrain, nous avons comparé l'observation directe à celle sur photographie. Le niveau d'accord est fort à presque parfait pour l'ensemble des items. Ces résultats suggèrent que la grille d'observation simplifiée peut être aussi bien utilisée sur photographie qu'en direct. Le nombre limité d'items permet un remplissage aisé et presque instantané de celle-ci, limitant les risques d'erreurs [111,112]. Au niveau de l'angle de vue, tant les photographies que l'observation directe ont été réalisées de $\frac{3}{4}$ dos. Bien que la prise de vue de profil soit régulièrement utilisée [107,108,113,114], la prise de vue la plus globale pour un observateur en condition directe semble être le $\frac{3}{4}$ dos [115].

I.3.d. Limites et perspectives

Afin que les capteurs de mouvement soient visibles par les unités de mesure en trois dimensions, la chaise utilisée dans cette étude n'avait pas de dossier. La reproductibilité de l'item « utilisation du dossier » n'a donc malheureusement pas pu être vérifiée. Les enfants ayant réalisé des exercices ludiques d'écriture durant la période d'enregistrement, ils ont passé l'ensemble de cette période en position assise « de travail » de sorte que le dossier n'aurait sans doute pas été utilisé [28,88]. La position d'écoute faisant également partie du bagage postural des enfants [29], une étude future devrait vérifier si notre grille d'observation simplifiée est également adaptée à cette posture. Par ailleurs, cette étude ayant été réalisée dans un laboratoire, nous ne pouvons pas affirmer que la position assise adoptée par les participants dans cette étude reflète exactement la position assise naturelle des élèves dans leur classe.

Dans le futur, cette grille d'observation pourrait être jointe à un réel programme de prévention de la lombalgie adapté aux élèves. Elle pourrait même être utilisée régulièrement et aisément en classe par les instituteurs eux-mêmes afin d'augmenter le champ d'action de la prévention.

I.4. CONCLUSION

Bien que de nombreuses techniques existent pour analyser la position assise, aucune d'entre elles ne semble réellement adaptée pour réaliser une analyse en classe.

La grille d'observation de la position assise développée dans cette étude comporte 7 items et permet une évaluation quantitative (score sur 7 points).

Cette grille a été validée par rapport à des mesures précises et ses qualités métrologiques se sont montrées satisfaisantes. Elle permet en outre d'analyser facilement la position assise en direct, ce qui la rend compatible avec une utilisation en classe.

II. Tests posturaux

Parmi les facteurs de risques de lombalgie figurent les facteurs biomécaniques et plus spécifiquement le maintien postural [116]. Le maintien postural global en position debout peut influencer sur la qualité de la position assise adoptée par les enfants et contribuer aux contraintes biomécaniques engendrées par la position assise. Ainsi, un maintien postural inapproprié pourrait majorer le risque de développer une lombalgie et impacter la qualité de vie [117,118]. De plus, tant la posture debout qu'assise semblent être étroitement liées avec les capacités cognitives et principalement attentionnelles de l'enfant [119–122]. Ces éléments mettent en avant la pertinence d'explorer le maintien postural en position debout dans notre cadre expérimental.

A l'heure actuelle, deux techniques sont généralement utilisées pour évaluer le maintien statique pur, c'est-à-dire sans mouvement et à un instant donné : l'analyse photographique et l'analyse par imagerie médicale [123]. Les radiographies du rachis dans son entièreté (du tragus jusqu'aux têtes fémorales) permettent une évaluation objective de l'équilibre postural par une analyse précise de la statique rachidienne. Cependant, malgré le développement récent des systèmes d'imagerie médicale à faible irradiation (système EOS), l'analyse sur photographie écarte totalement le problème de l'irradiation par les rayons X, est plus simple d'utilisation et requiert un coût sociétal nettement moins important [124,125].

L'évolution de l'équilibre statique dans le temps peut être évaluée par des tests cliniques d'équilibre et des mesures stabilométriques [126]. Les tests cliniques les plus couramment utilisés (exemple : « Romberg postural ») consistent à observer le sujet debout lorsqu'il ferme les yeux [127]. Les mesures stabilométriques se basent quant à elle sur l'analyse de l'évolution du centre de pression dans différentes conditions (yeux ouverts, yeux fermés), de sorte qu'on peut suivre les oscillations posturales sur un statokinésigramme [128].

Si l'évaluation posturale chez l'adulte et l'adolescent est fréquente et largement documentée dans la littérature [69,116,117,129], les travaux concernant la validité d'outils de mesure de l'équilibre postural chez l'enfant sont beaucoup plus rares [122] ou concernent principalement des enfants avec troubles perceptivo-moteurs [119,130]. Le but de cette étude est donc de mettre en place et d'étudier les qualités métrologiques (reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs) d'une batterie de tests permettant d'évaluer le maintien postural et l'équilibre de l'enfant du premier cycle du primaire.

II.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1.a. Présentation de la population

Cette étude préliminaire a porté sur quatre classes de première et deuxième primaire de l'école libre Saint-Joseph à Seraing. Au total, 49 enfants ont été recrutés après consentement parental. Leurs caractéristiques biométriques sont reprises ci-dessous :

Tableau 6 : Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$ [extrêmes]) des 49 élèves inclus dans l'étude ($n=49$).

Caractéristiques	Moyenne \pm ET [extrêmes]
Age (années)	$7 \pm 0,5$ [6,1-7,9]
Taille (cm)	$121,8 \pm 5,2$ [102-132]
Poids (kg)	$24,1 \pm 5,5$ [14-38]
IMC (kg/m^2)	$16,1 \pm 2,9$ [11,8-24,1]

II.1.b. Description du protocole expérimental

Les séances d'évaluation, d'une durée moyenne d'une demi-heure (durant laquelle les enfants s'absentaient de la leçon en cours), étaient réalisées dans un local chauffé, spécialement adapté à cet effet et à l'abri de toute distraction visuelle et sonore. Chaque période d'évaluation se déroulait par groupe de deux enfants du même sexe, accompagnés de deux expérimentateurs (expérimentateurs 1 et 2). Après un premier contact d'accueil, les enfants étaient invités à se mettre en sous-vêtements (une brassière étant proposée aux filles). Chaque enfant a ensuite été soumis successivement à deux tests différents : un test du maintien sur photographie et un test d'équilibre statique sur plateforme de force. Au total, trois séances d'évaluation ont été réalisées à une semaine d'intervalle. Lors de chacune d'elles, l'ordre de passage des deux tests a été choisi de manière aléatoire. Les expérimentateurs se sont réparti les tests et les séances de la sorte :

	Séance 1	Séance 2	Séance 3
Test maintien sur photographie	Expérimentateur 1	Expérimentateur 1	Expérimentateur 2
Test équilibre sur plateforme de force	Expérimentateur 2	Expérimentateur 2	Expérimentateur 1

Les séances 1 et 2 ont permis de vérifier la reproductibilité intra-expérimentateur tandis que la séance 3 a été comparée aux séances 1 et 2 afin d'analyser la reproductibilité inter-expérimentateurs.

II.1.c. Description des conditions expérimentales

- Évaluation du maintien sur photographie

L'évaluation du maintien sur photographie a comporté 3 phases : une fois les différents marqueurs placés sur l'enfant, il lui était demandé dans un second temps de se placer devant une feuille quadrillée affichée au mur, afin de créer un repère orthonormé nécessaire à l'analyse a posteriori des photographies. Au total, quatre photographies ont été réalisées : une de profil gauche, une de face, une de dos et de nouveau une de profil gauche. Chaque photographie a permis la mesure d'angles qui caractérisent le maintien [128]. Le détail complet du déroulement du test est repris en *Annexe I.2* (page V).

La première photographie pouvant ne pas spécialement refléter la posture exacte des enfants qui serait mal à l'aise et ne se tiendrait donc pas naturellement, ce sont les 3 dernières qui ont été analysées et différents angles ont été mesurés à l'aide du logiciel *Meazure*[®] :

1/ Photographie de face

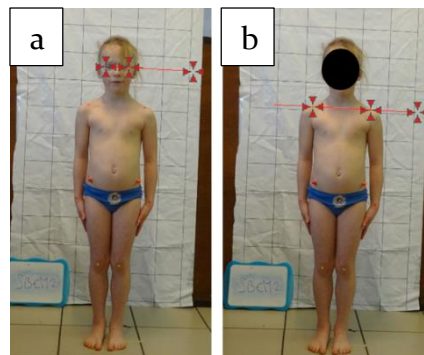


Figure 16 : Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan frontal de face.

- a. Angle d'inclinaison du regard : angle entre le plan du regard (ligne joignant les deux yeux) et l'horizontale.
- b. Angle d'inclinaison des épaules : angle entre le plan des épaules (ligne joignant les repères acromion gauche et droit) et l'horizontale.

2/ Photographie de dos

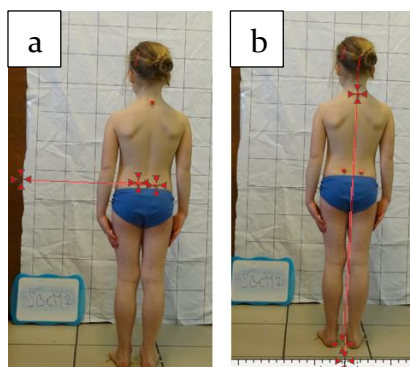


Figure 17 : Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan frontal de dos.

- a. Angle d'inclinaison du bassin : angle entre le plan du bassin (ligne joignant les épines iliaques postéro-supérieure (EIPS) gauche et droite) et l'horizontale.
- b. Verticale de barré : angle entre la verticale passant par C7 et la ligne joignant C7 et le milieu de la distance entre les deux pieds.

3/ Photographie de profil (latérale gauche)

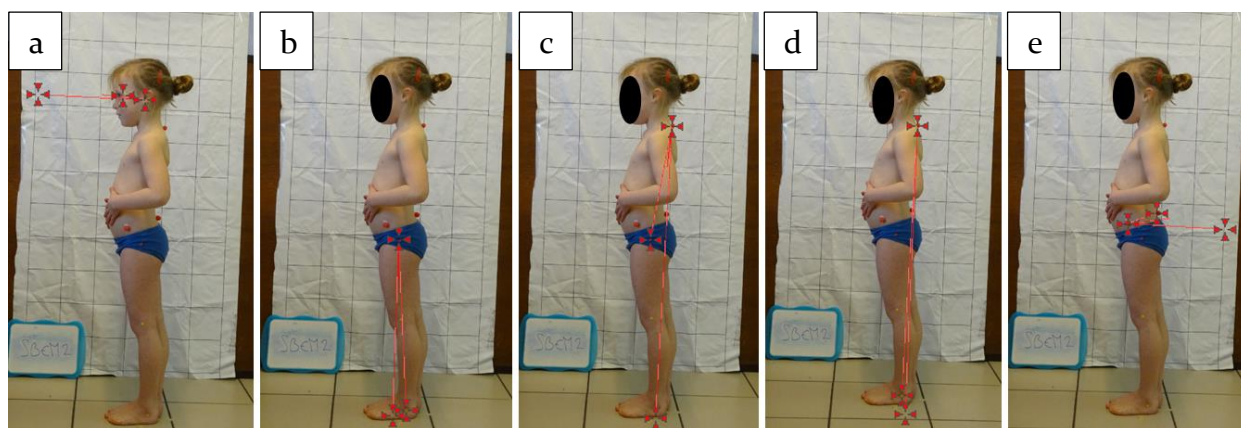


Figure 18 : Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan sagittal.

- a. Angle d'inclinaison de la tête : angle entre l'horizontale et la ligne joignant l'œil et le tragus.
- b. Angle de déplacement du bassin : angle entre la verticale et la ligne joignant le grand trochanter à la malléole externe ; il est considéré positif lorsque le grand trochanter est positionné antérieurement à la malléole externe.
- c. Angle d'inclinaison du tronc : angle entre la verticale et la ligne joignant le processus épineux C7 au grand trochanter ; il est considéré positif lorsque C7 est situé antérieurement au grand trochanter.
- d. Angle d'inclinaison du corps : angle entre la verticale et la ligne joignant le processus épineux C7 à la malléole ; il est considéré positif lorsque C7 est situé antérieurement à la malléole externe.
- e. Angle de bascule du bassin : angle entre l'horizontale et la ligne joignant l'épine iliaque antéro-supérieure (EIAS) et l'épine iliaque postéro-supérieure (EIPS); il est considéré positif lorsque l'EIAS est inférieure à l'EIPS.

- Évaluation de l'équilibre sur plateforme de force :

L'évaluation de l'équilibre statique a été réalisée sur une plateforme de force (Winposturo, Médicapture, France) positionnée face à un mur blanc dans trois conditions : les yeux ouverts, les yeux fermés et en double tâche.



Figure 19 : Mise en place du dispositif d'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force.

Après le calibrage de la plateforme, il était demandé au sujet de se tenir bien droit, les bras le long du corps et de garder ses pieds dans la position standardisée (angles de 30° entre les deux pieds déterminé avec des cales en plexiglass, le regard fixé droit devant lui). L'acquisition des

données a été réalisée à deux reprises dans chacune des trois conditions. Lors des conditions « yeux ouverts » et « yeux fermés », il était demandé à l'enfant de compter à voix haute autant qu'il pouvait. La condition « double tâche » consistait à compter le nombre de petites étoiles sur une planche présentant 50 petites et 50 grandes étoiles mélangées. Chaque enregistrement a duré 52 sec et 15 sec de repos ont été respectées entre les 2 répétitions d'une même condition. Entre chaque condition, une période de « free-motion » d'environ 3 minutes était en outre prévue pour que l'enfant puisse se défouler. Le détail complet de la passation du test est décrit en *Annexe I.2* (page V).

Chaque acquisition a été analysée a posteriori de sorte à ne garder que 30 secondes d'acquisition (de la 5^{ème} à la 35^{ème} seconde) afin de conserver le temps durant lequel l'enfant est probablement pleinement concentré à son exercice.

Pour chaque acquisition, le statokinésigramme a été analysé et les paramètres suivants ont été mesurés (Figure 20) :

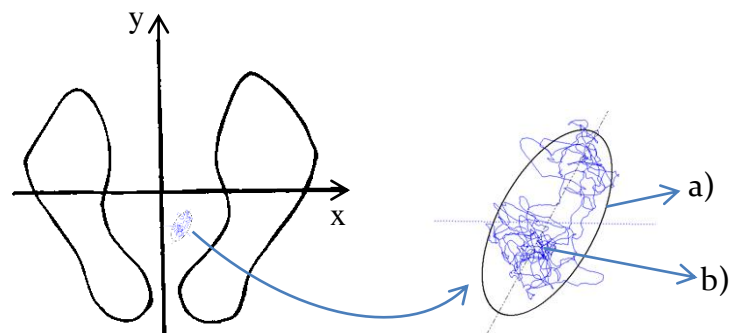


Figure 20 : Statokinésigramme obtenu grâce à la plateforme Winposturo©.

- a) Surface (mm²) = surface de l'ellipse reprenant 90% des positions du centre de pression
- b) Longueur xy (mm) = longueur totale parcourue par le centre de pression

La moyenne des deux valeurs obtenues pour une même condition a ensuite été calculée.

II.1.d. Traitement des données

L'évaluation de la reproductibilité de l'analyse du maintien sur photographie et de l'équilibre sur plateforme de force a été réalisée grâce au coefficient de corrélation intra-classe (ICC).

En outre, les limites d'agrément (LOA) ont été calculées pour chaque variable.

II.2. RÉSULTATS

Afin d'étudier la reproductibilité de l'évaluation de la statique et de l'équilibre sur plateforme de force, les mesures réalisées à une semaine d'intervalle ont été comparées.

II.2.a. Reproductibilité de l'évaluation du maintien sur photographie

Tableau 7 : Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de l'évaluation du maintien sur photographie.

Vue	Angle (°)	Repro intra ICC [IC95%]	Repro inter ICC [IC95%]	LOA (°)
Face	Inclinaison regard	0,45 [0,29-0,61]	0,48 [0,32-0,64]	-2,3/+3,9
	Inclinaison épaules	0,53 [0,43-0,64]	0,45 [0,29-0,61]	-1,6/+3,1
Dos	Inclinaison bassin	0,55 [0,47-0,64]	0,53 [0,43-0,64]	-1,5/+3,0
	Verticale de barré	0,62 [0,53-0,71]	0,64 [0,57-0,74]	-0,8/+1,9
Profil	Flexion tête	0,55 [0,46-0,64]	0,55 [0,47-0,64]	-2,0/+3,1
	Translation bassin	0,48 [0,32-0,64]	0,55 [0,46-0,64]	-2,6/+3,4
	Inclinaison tronc	0,53 [0,34-0,71]	0,53 [0,34-0,71]	-4,3/+4,8
	Inclinaison corps	0,43 [0,34-0,52]	0,48 [0,32-0,64]	-1,5/+4,1
	Bascule bassin	0,48 [0,34-0,61]	0,43 [0,34-0,52]	-3,2/+4,7

* : accord fort entre les deux analyses $0,6 \leq \text{ICC} \leq 0,7$

*: accord modéré entre les deux analyses $0,4 \leq \text{ICC} \leq 0,6$

La reproductibilité des paramètres s'avère comparable pour nos 2 analyses (reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs). L'accord de jugement concernant le maintien dans le plan frontal et sagittal se relève fort en ce qui concerne la verticale de barré et modéré pour l'ensemble des autres paramètres.

II.2.b. Reproductibilité de l'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force

Tableau 8 : Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de l'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force.

Condition	Paramètre	Repro intra ICC [IC95%]	Repro inter ICC [IC95%]	LOA
Yeux ouverts	Surface (mm ²)	0,45 [0,29-0,61]	0,45 [0,29-0,61]	-125/+120
	Longueur xy (mm)	0,64 [0,55-0,73]	0,61 [0,52-0,70]	-217/+199
Yeux fermés	Surface (mm ²)	0,55 [0,47-0,64]	0,43 [0,31-0,52,]	-138/+129
	Longueur xy (mm)	0,61 [0,53-0,69]	0,66 [0,57-0,75]	-211/+192
Double tâche	Surface (mm ²)	0,43 [0,31-0,52,]	0,55 [0,47-0,64]	-149/+127
	Longueur xy (mm)	0,66 [0,57-0,75]	0,63 [0,54-0,69]	-203/+196

* : accord fort entre les deux analyses $0,6 \leq \text{ICC} \leq 0,7$

*: accord modéré entre les deux analyses $0,4 \leq \text{ICC} \leq 0,6$

Quelle que soit la condition (yeux ouverts, yeux fermés et double tâche), l'accord de jugement intra- et inter-expérimentateurs concernant l'équilibre sur plateforme de force apparait fort en ce qui concerne le paramètre « longueur xy » et modéré pour la surface.

II.3. DISCUSSION

Compte tenu de l'impact du maintien postural dans le développement des lombalgies [116] de même que dans l'expression des capacités cognitives [72], l'objectif de cette étude était d'explorer la faisabilité et la reproductibilité d'une batterie de tests permettant d'évaluer le maintien et l'équilibre postural chez l'enfant de l'enseignement primaire.

En effet, s'il est clairement établi que la capacité d'équilibration et la stabilité posturale s'améliorent progressivement de la naissance à l'âge adulte [121,122,131-133], les données de référence disponibles concernant la posturographie statique chez les enfants sont moins étendues que celles existant chez les adultes [126,134-138]. Pourtant, s'intéresser à la stabilité posturale à la période capitale de développement que représente l'enfance, constitue une démarche pertinente pour détecter précocement et traiter avec efficacité d'éventuels troubles de l'équilibre.

II.3.a. Reproductibilité de l'évaluation du maintien sur photographie

Pour étudier le maintien postural dans le plan sagittal et frontal, nous avons choisi l'analyse sur photographie déjà validée dans le plan sagittal chez le jeune adolescent [117,129,139]. Notre démarche a également concerné le plan frontal afin de réaliser une exploration la plus complète possible de la posture de l'enfant. Cette technique a été préférée à l'analyse radiographique [140,141], bien plus difficile à mettre en place, potentiellement délétère et dont le coût sociétal est considérable.

Après analyse statistique, l'ensemble des paramètres posturaux étudiés se sont avérés modérément reproductibles. On retrouve un accord intra- et inter-expérimentateurs fort pour la verticale de Barré tandis que cet accord s'est montré modéré pour l'ensemble des autres angles mesurés. Ces résultats sont en accord avec les données actuelles acquises de la même manière dans une population d'adolescents [117,139].

II.3.b. Reproductibilité de l'évaluation de l'équilibre sur plateforme de force

Parallèlement à l'étude photographique, l'évaluation de l'équilibre debout sur plateforme de force a permis d'examiner la reproductibilité des paramètres stabilométriques chez l'enfant de première et deuxième primaire.

La posturographie statique sur plateforme de force est une méthode objective d'évaluation de l'équilibre qui est accessible et adaptée aux enfants. La plateforme (Winposturo©) utilisée est facilement transportable et a la particularité de disposer de cales en plexiglas pour positionner les pieds de chaque sujet avec précision et reproductibilité [142,143]. La reproductibilité des données acquises sur ce type de plateforme a déjà été démontrée chez l'adulte [144]. Mise à part la présence d'un second enfant dans le même local lors du test, les conditions de tests étaient similaires à celles décrites par l'Association Française de Posturologie (plateforme posée dans un endroit avec un minimum d'afférences visuelles et auditives, à 1 m d'un mur blanc sur lequel est projetée une référence lumineuse à hauteur des yeux,...) [145].

Les paramètres « longueur xy » et « surface » ont été sélectionnés pour cette étude car ils sont considérés comme étant les paramètres stabilométriques les plus fiables et les plus reproductibles [145,146]. Notre étude a confirmé une bonne reproductibilité pour ces paramètres. En conclusion, nos résultats concordent avec les études précédentes démontrant que l'utilisation d'une plateforme de force permet d'analyser l'équilibre postural de manière reproductible y compris chez l'enfant [126,142,147].

II.3.c. Limites et perspectives

Le fait d'étudier une population jeune a entraîné plusieurs limites. Chez l'enfant, les capacités de concentration sont moins élevées qu'à l'âge adulte, les capacités de communication sont plus restreintes et les sources de distraction plus importantes [148]. A titre d'exemple, la présence du second enfant, réalisant dans le même local le second test, a pu constituer une source de distraction. Toutefois, compte tenu du fait que c'est dans de telles conditions qu'il est prévu que la batterie soit soumise dans le cadre du suivi longitudinal, il importait de vérifier la reproductibilité de celle-ci dans ces mêmes conditions.

En outre, étudier le système postural d'un être en plein développement peut engendrer de grandes variations d'une évaluation à l'autre lorsque celles-ci sont espacées dans le temps. En effet, comme beaucoup de mesures biologiques, la stabilité posturale présente une variabilité

intrinsèque conditionnée par des facteurs physiques, biomécaniques, métaboliques et psychosociaux [149]. Dans nos conditions expérimentales, les 3 évaluations se déroulaient dans un laps de temps de 3 semaines limitant l'influence du développement naturel de l'enfant.

II.4. CONCLUSION

L'évaluation sur photographie du maintien dans le plan sagittal et frontal ainsi que celle de l'équilibre debout par plateforme de force étant reproductibles chez des élèves de première et deuxième primaire, celles-ci peuvent donc être intégrées à une batterie de tests dans le cadre du suivi longitudinal d'une telle population.

III. Evaluation du comportement en classe

De nos jours, environ 5% des enfants en âge scolaire présentent des troubles de l'attention associés ou non à de l'hyperactivité et de plus en plus de difficultés comportementales sont soulignées par les enseignants [150]. De nombreuses études ont analysé le comportement des enfants en classe via des enregistrements vidéographiques sans pour autant que les qualités métrologiques de leur technique d'analyse aient été vérifiées. L'objectif de cette étude était d'évaluer la reproductibilité de l'utilisation d'enregistrements vidéographiques pour étudier le comportement de l'enfant en classe.

III.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

III.1.a. Présentation de la population

Cette étude préliminaire a porté sur la même population que l'étude de reproductibilité des tests posturaux développés au point II. *Tests posturaux* (page 48), à savoir 49 enfants de première et deuxième primaire.

III.1.b. Description du protocole expérimental

Le comportement des enfants en classe a été analysé à partir d'enregistrements vidéo. Concrètement, cette évaluation a été réalisée lors d'une matinée de cours classique animée par les institutrices respectives de chaque classe. Durant celle-ci, quatre enregistrements vidéographiques globaux et collectifs de la classe d'une durée de 45 minutes ont été réalisés à l'aide de deux caméras (Figure 21).

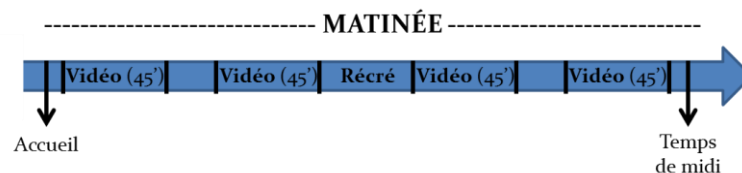


Figure 21 : Déroulement d'une matinée d'évaluation du comportement.

Afin que les enfants ne soient pas perturbés par les conditions expérimentales, les 5 premières minutes de chaque vidéo (temps nécessaire pour que les enfants « oublient la caméra ») ont

été tronquées. Les vidéos ont ensuite été analysées par deux expérimentateurs distincts (expérimentateur 1 et 2) et une seconde fois par l'expérimentateur 1 à un mois d'intervalle. L'analyse a été réalisée de manière continue en tenant compte de deux paramètres : la position adoptée (assis / non assis) et la concentration à la tâche (oui / non) ; définie comme : « *l'enfant est attentif aux instructions de l'instituteur / à la tâche ou répond à une question relative à la tâche / à l'instituteur / à son voisin. Son corps et son regard sont orientés en direction de l'instituteur et/ou du matériel à utiliser pour la tâche (exemples : livre, cahier, tableau) ».*

A partir de cette analyse, plusieurs paramètres ont été calculés : le pourcentage de temps de concentration à la tâche en cours, le pourcentage de temps passé dans chaque position et le nombre de changements de position.

II.1.c. Traitement des données

L'évaluation de la reproductibilité a été réalisée grâce au coefficient de corrélation intra-classe (ICC).

Les limites d'agrément (LOA) ont en outre été calculées pour chaque variable.

III.2. RÉSULTATS

III.2.a. Reproductibilité de l'évaluation du comportement en classe par vidéo

Tableau 9 : Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité intra- et inter-expérimentateurs de l'évaluation du comportement en classe.

Paramètre	Repro intra ICC [IC95%]	Repro inter ICC [IC95%]	LOA
Pourcentage de temps passé en position assise (%)	0,69 [0,47-0,91]	0,67 [0,44-0,87]	-5,3/+6,2
Pourcentage de temps de concentration à la tâche (%)	0,55 [0,47-0,64]	0,53 [0,43-0,64]	-15,7/+13,9
Nombre de changements de position	0,88 [0,75-1,00]	0,87 [0,78-0,97]	-13,5/+11,9

* : accord presque parfait entre les deux analyses $ICC \geq 0,7$

* : accord fort entre les deux analyses $0,6 \leq ICC \leq 0,7$

* : accord modéré entre les deux analyses $0,4 \leq ICC \leq 0,6$

La reproductibilité de ces paramètres s'avère comparable en intra- et en inter-expérimentateurs. L'accord de jugement se révèle très fort pour le temps passé en position assise, presque parfait pour le nombre de changements de position et modéré pour le pourcentage de temps de concentration.

III.3. DISCUSSION

La plupart des études qui ont analysé le comportement des enfants en classe ont utilisé la vidéo pour évaluer le temps passé en position assise et celui passé concentré à la tâche sans pour autant que les qualités métrologiques de cette technique n'aient été vérifiées. L'objectif de cette étude était donc d'évaluer la reproductibilité de cette technique d'analyse.

III.3.a. Choix de la technique d'évaluation

Différentes méthodes d'évaluations sont utilisées afin de mesurer de grands changements de position. Par exemple, la méthode PEO (Portable Ergonomic Observation method) permet de calculer minutieusement la fréquence des postures et le temps passé dans chacune de celles-ci en temps réel. Toutefois, ce procédé est assez onéreux et ne permet d'évaluer qu'un seul sujet à la fois [7]. L'enregistrement vidéo permet quant à lui d'évaluer un grand nombre de sujets simultanément et des résultats similaires à ceux obtenus avec la méthode PEO sont reportés [7].

L'analyse de l'enregistrement peut être réalisée de manière continue ou discontinue [151]. En pratique, de nombreux chercheurs et cliniciens utilisent des méthodes discontinues pour collecter la durée et la fréquence des événements réalisés durant l'enregistrement [151]. Il va de soi que plus la fréquence des échantillons d'images est élevée, mieux elle reflétera la réalité. Une analyse toutes les 30 secondes permet déjà de détecter un grand pourcentage de changements de positions [7,110,152]. Néanmoins, l'analyse continue telle qu'utilisée dans cette étude reste la plus précise [151].

Deux paramètres ont été retenus pour juger du comportement en classe : le fait d'être en position assise ou non et le fait d'être concentré à la tâche en cours ou non. Ces critères ont également été utilisés par plusieurs autres auteurs [86,91,98,153].

III.3.b. Reproductibilité de l'évaluation du comportement en classe par vidéo

Les paramètres concernant la position adoptée par les enfants en cours (assis / non assis) se sont avérés très fortement reproductibles tant pour le pourcentage de temps passé en position assise que pour le nombre de changements de position. Si, jusqu'à présent, aucune étude n'avait, à notre connaissance, validé cette méthodologie, nos enregistrements vidéos ont montré des qualités similaires à la méthode PEO dont la reproductibilité a déjà été démontrée [7].

L'évaluation de la concentration s'est quant à elle montrée modérément reproductible. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour expliquer ce résultat plus faible. Tout d'abord, si une organisation en U des bancs semble être la plus adéquate [153], l'arrangement de nos classes expérimentales ne permettaient pas toujours de travailler dans ces conditions optimales. Ainsi, l'utilisation de deux caméras a permis d'avoir une vue la plus complète possible de l'ensemble des élèves même si l'observation de certains élèves n'était pas toujours aisée en fonction de la position adoptée. En outre, bien que le critère de jugement avait été bien défini au départ, évaluer la concentration de quelqu'un demeure un paramètre difficile à estimer [86,98].

III.3.c. Limites et perspectives

Comme la présence des caméras a pu influencer l'attitude des enfants lors des enregistrements [154], les 5 premières minutes des enregistrements ont été tronquées afin de limiter ce biais. Cependant, la question de l'influence des caméras reste posée et difficilement quantifiable.

III.4. CONCLUSION

L'évaluation par enregistrement vidéographique du comportement en classe de l'élève du premier cycle du primaire s'est montrée reproductible tant en ce qui concerne la position adoptée que la concentration. Ce type d'évaluation peut donc être utilisé dans le cadre du suivi longitudinal d'une telle population.

IV. Tests cognitifs

Les troubles des apprentissages touchent 5% des enfants et peuvent se manifester de diverses façons compte tenu des différents domaines concernés comme le langage, la mémoire, les capacités attentionnelles, la lecture, le calcul, l'écriture et la coordination motrice [155,156]. Selon le Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux (DSM-5) [157], les troubles des apprentissages présentent les caractéristiques suivantes :

- performances aux tests standardisés en dessous du niveau attendu en fonction de l'âge, de l'intelligence et des autres performances scolaires de l'enfant ;
- impact sur la réussite scolaire ou les activités quotidiennes liées à la lecture, au calcul et à l'écriture ;
- en cas de présence d'un déficit sensoriel, difficultés supérieures à celles attendues en présence de ce déficit.

En outre, les troubles des apprentissages sont souvent accompagnés d'autres troubles touchant la sphère sociale, émotionnelle et/ou comportementale.

En pratique, les problèmes scolaires sont généralement les premiers signes annonciateurs d'un trouble potentiel. En effet, si les difficultés sont souvent préexistantes, elles se remarquent généralement au début de la scolarité où les exigences attentionnelles deviennent plus importantes de sorte que le trouble se manifeste. Dès lors, il importe de distinguer les difficultés passagères que l'enfant peut rencontrer durant sa scolarité suite, par exemple, à la survenue d'un évènement socio-affectif qui a pu le perturber, des échecs scolaires dû à un réel trouble des apprentissages. Pour ce faire, seul un bilan neuropsychologique et/ou logopédique permet d'étayer les hypothèses posées en identifiant les processus cognitifs impliqués dans les difficultés scolaires de l'enfant et d'agir de manière adéquate. En fonction des besoins, plusieurs types d'évaluations peuvent être utilisés et sont généralement réalisés de manière individuelle :

- Pour un dépistage rapide, le neuropsychologue peut utiliser la BREV (batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives) (de 4 à 9 ans) [158]. Cet examen cognitif sommaire permet de vérifier les plaintes et justifier la gravité du trouble.
- Pour un examen plus complet, certaines batteries (NEPSY [159], WPPSI-IV [160] et WISC [161]) confèrent une vue d'ensemble (attention, langage, fonctions sensori-motrices, traitement visuo-spatial, mémoire, apprentissage) du développement neurologique des enfants de 3 à 12 ans.

- La batterie EVAC (épreuve verbale d'aptitudes cognitives) se focalise sur les processus et les stratégies utilisés par l'enfant dans des situations scolaires proches de ce qui est demandé aux enfants en classe [156].

Afin d'appréhender les facteurs contextuels, une approche consiste à soumettre aux parents et instituteurs de l'enfant une série de questionnaires permettant une analyse complémentaire du comportement de l'enfant au quotidien [162]. Toutefois, les réponses récoltées restent subjectives et ne permettent pas un examen précis des compétences cognitives de l'enfant dans le contexte au sein duquel les troubles apparaissent. Une autre approche serait de pouvoir évaluer les capacités cognitives de l'enfant au sein de sa classe. Celle-ci pourrait permettre un dépistage précoce chez les enfants en âge scolaire voire préscolaire susceptibles de présenter des difficultés d'apprentissage.

A l'heure actuelle, peu de tests neuropsychologiques ont fait l'objet d'une évaluation collective et aucune batterie à passation collective n'a encore été créée et validée. Le but de cette étude est d'évaluer les qualités métrologiques (validité de construit et reproductibilité) d'une batterie de tests neuropsychologiques de type screening, pouvant être administrée de manière collective aux enfants du premier cycle du primaire.

IV.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

IV.1.a. Présentation de la population

Cette étude préliminaire a porté sur des enfants du premier cycle du primaire (première et deuxième année) ne présentant pas de troubles des apprentissages objectivés. Au total, 53 enfants (27 filles et 26 garçons tout venants) ont participé à l'étude, tous avec leur consentement et celui de leurs parents. Ces enfants, âgés de 6 à 8 ans, sont issus d'une part d'une classe (première et deuxième primaire mélangée) de l'école libre Saint-Joseph de Seraing et, d'autre part, d'une classe de première primaire et d'une classe de deuxième primaire de l'école fondamentale communale de Jupille-Bruyère.

Tableau 10 : Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$ [extrêmes]) des 53 enfants inclus dans l'étude ($n=53$).

Caractéristiques	Moyenne \pm ET [extrêmes]
Âge (années)	6,7 \pm 1,6 [6-9]
Taille (cm)	140,1 \pm 10,2 [120,3-160,7]
Poids (kg)	32,9 \pm 7,2 [20,7-49,5]
IMC (kg/m ²)	16,9 \pm 1,8 [14,1-20,5]

IV.1.b. Description du protocole expérimental

Afin d'évaluer les qualités métrologiques de notre batterie de tests cognitifs à passation collective, le protocole expérimental a comporté trois phases. Dans un premier temps, les enfants ont été vus dans un cadre individuel afin de leur administrer un screening cognitif à l'aide d'outils utilisés dans la pratique courante des professionnels en neuropsychologie et validés pour une passation individuelle. La deuxième phase a consisté à adapter ces tâches afin de les rendre utilisables pour une évaluation collective. La batterie adaptée comporte 9 tests cognitifs permettant d'évaluer l'attention sélective par balayage visuel, l'attention soutenue, les capacités de planification, la mémoire de travail visuo-spatiale, les praxies visuo-motrices et les capacités de raisonnement. Celle-ci a été soumise aux enfants à deux reprises à une semaine d'intervalle et chaque session d'évaluation était répartie sur deux demi-matinées d'une même semaine. La première demi-matinée a porté sur l'évaluation de l'attention sélective par balayage visuel, l'attention soutenue, les capacités de planification et les capacités de concentration et la seconde, sur la mémoire visuo-spatiale à court terme (mémoire de travail), les praxies visuo-motrices et les capacités de raisonnement. La passation des différents tests a été réalisée de manière collective, les enfants étant assis deux par banc à leur place habituelle. Chaque session a duré environ 45 minutes et une pause récréative a été accordée aux enfants à la moitié de chaque session.

IV.1.c. Description des consignes de passation des tâches cognitives

Pour le screening individuel, les sujets ont été soumis à une batterie de tests composée de 9 tests validés pour les enfants et couramment utilisés pour les bilans neuropsychologiques à savoir : le subtest de base « Attention visuelle » du NEPSY [159], le « test de collationnement » d'Avenati [163], le « Visual Patterns Test » [164], le test « Labyrinthes » de la WISC III [165], le test d'attention « D2 » [166], le subtest de copie de la figure complexe de REY [167], le subtest « Progressives matrices » de Raven [168] et le Code de la WISC IV [161]. (cf. livre de passation de chaque test).

Les tests utilisés pour ce screening individuel ont servi de référence à la mise en place de la batterie collective décrite ci-dessous. Les adaptations apportées par rapport à la batterie individuelle et les consignes complètes sont reprises en *Annexe I.3* (page XI).

- Évaluation de l'attention sélective visuelle par balayage visuel :

Ce test est conçu pour évaluer la vitesse et la précision permettant le maintien de l'attention sur les stimuli visuels contenus dans un cadre. Il est demandé aux enfants de cocher le plus de fois possible la cible qu'il leur est présentée au-dessus de la feuille dans un laps de temps de 180 secondes. Ce test comprend deux parties différentes avec une et deux cibles à cocher respectivement.



Figure 22 : Illustration du test évaluant l'attention sélective.
Partie 1 : les flammes (à gauche) ; Partie 2 : les symboles (à droite).

- Évaluation de l'attention soutenue :

Ce test est une épreuve de rapidité et d'exactitude conçu pour évaluer la capacité à maintenir son attention dans la longueur. Durant 10 minutes, il est demandé aux enfants d'indiquer si les différents couples de triplets d'images présentés sont identiques ou non.

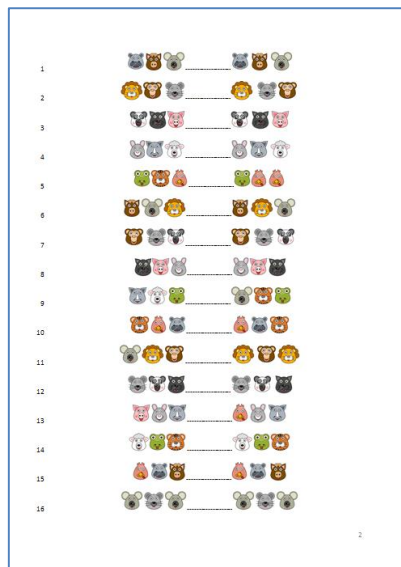


Figure 23 : Illustration du test évaluant l'attention soutenue.

- Évaluation de la mémoire de travail :

Ce test est conçu pour évaluer la capacité des enfants à restituer une visualisation spatiale à laquelle ils viennent d'être soumis. Pour ce faire, 12 grilles comprenant des croix bleues sont présentées aux enfants une par une pendant 5 secondes. Après chaque visualisation, il leur est demandé de compléter une grille vierge avec les croix qu'ils viennent de visualiser.

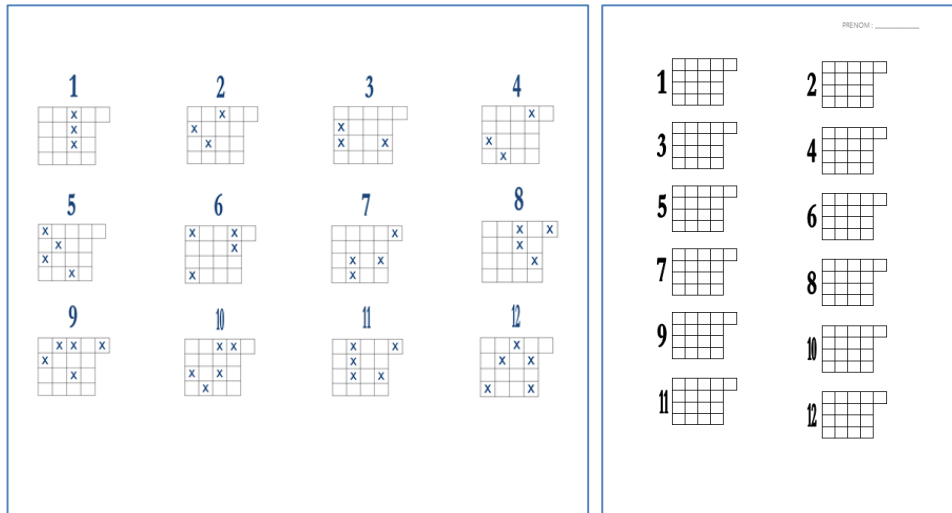


Figure 24 : Illustration du test évaluant la mémoire de travail.

- Évaluation des capacités de planification :

Ce test est conçu pour évaluer les capacités des enfants à planifier un parcours à réaliser. Un livret comprenant 9 labyrinthes de difficulté croissante est donné aux enfants. En 6 minutes, il leur est demandé d'en solutionner un maximum en faisant sortir le personnage bloqué au centre du labyrinthe sans traverser les murs.

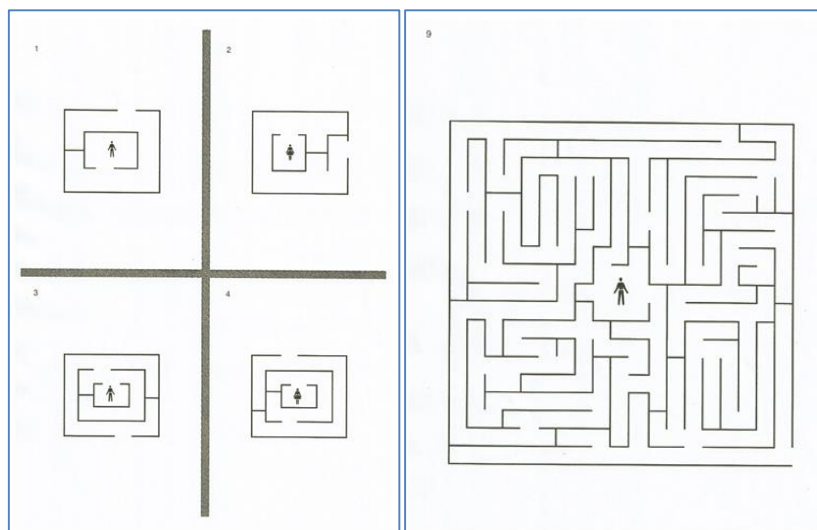


Figure 25 : Illustration du test évaluant les capacités de planification.

- Évaluation des praxies visuo-motrices :

Ce test est conçu pour évaluer la vitesse de la motricité fine et la précision de la coordination oculomotrice. Les enfants ont 9 minutes pour recopier du mieux possible une figure affichée au tableau.

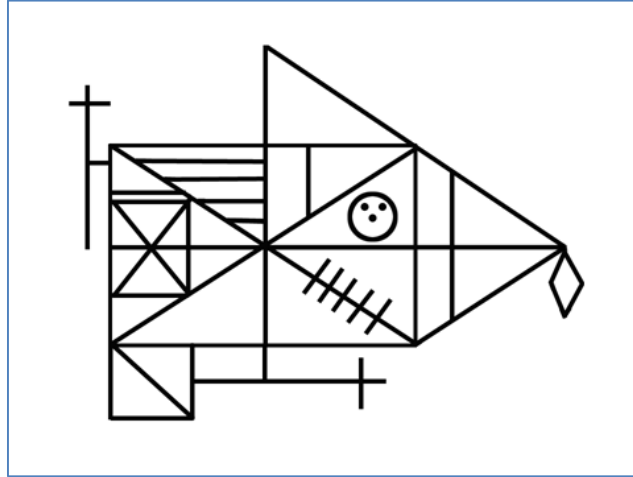


Figure 26 : Illustration du test évaluant les praxies visuo-motrices.

- Évaluation des capacités de raisonnement :

Ce test est conçu pour évaluer les capacités des enfants à exercer un effort d'analyse et de raisonnement analogique face à une situation particulière. Les enfants doivent choisir parmi plusieurs propositions la partie manquante de l'image qui leur est présentée.

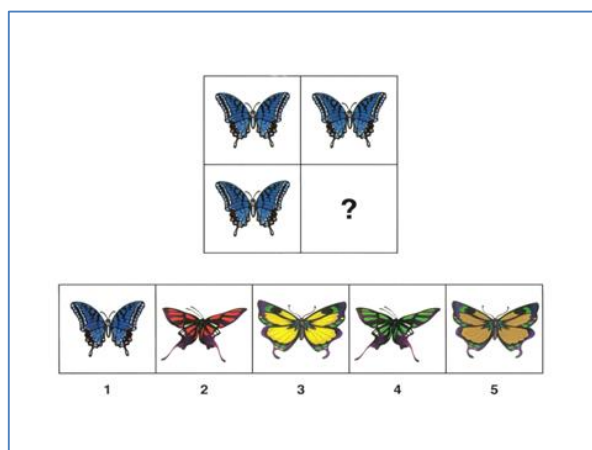


Figure 27 : Illustration du test évaluant les capacités de raisonnement.

- Évaluation de la vitesse de traitement :

Ce test est conçu pour évaluer la rapidité des enfants à associer des symboles à des chiffres en les dessinant. Il leur est demandé de compléter en 120 secondes un maximum de cases avec le code de référence présent au-dessus de la feuille.

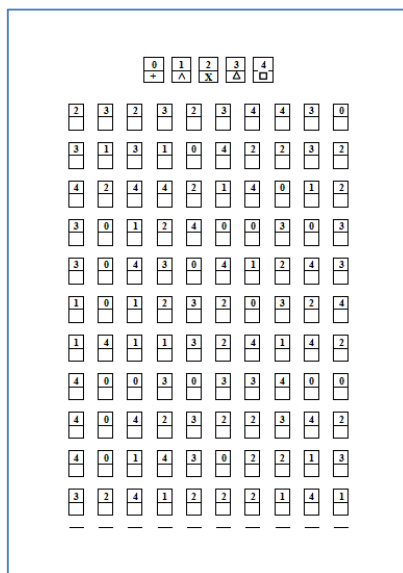


Figure 28 : Illustration du test évaluant la vitesse de traitement.

IV.1.d. Traitement des données

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel statistique *R* 3.3.2.

La validité de construit de la batterie à passation collective a été examinée grâce à des matrices de corrélation de Spearman réalisées entre les résultats obtenus par les enfants à la batterie collective et individuelle respectivement et corrigées par la méthode de Bonferroni [169].

En suivant la méthode de Cattell-Horn-Carroll [170], une analyse corrélative au sein des différents tests de la batterie collective nous a permis d'identifier les épreuves dont les résultats sont liés. L'objectif était de rassembler les tests corrélés et de calculer des scores globaux (scores composites) pour faciliter l'analyse de ces données.

La reproductibilité de ces scores composites a été vérifiée grâce au coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et, les limites d'agrément (LOA) ont été calculées.

L'ensemble des résultats obtenus ont été considérés comme significatifs lorsque la p-value était inférieure à 0,05 ($p < 0,05$).

IV.2. RESULTATS

IV.2.a. Validité de construit de la batterie collective

Le Tableau 11 illustre les corrélations entre les scores obtenus à notre batterie de tests en passation collective et ceux obtenus à une batterie de tests validée en passation individuelle.

Tableau 11 : Matrice de corrélation (r (p)) entre les scores obtenus par les 53 enfants aux tests réalisés en passation individuelle et en collective. (* $p < 0,05$).

Collectif \ Individuel	Attention sélective	Attention soutenue	Mémoire de travail	Planification	Praxies visuo-motrices	Raisonnement	Vitesse de traitement
Attention sélective	0,9 (0,02)*	0,6 (0,02)*	0,4 (0,12)	0,5 (0,04)*	0,6 (0,03)*	0,4 (0,04)*	0,6 (0,01)*
Attention soutenue	0,6 (0,02)*	0,5 (0,04)*	0,3 (0,04)*	0,4 (0,32)	0,4 (0,04)*	0,2 (0,37)	0,2 (0,05)*
Mémoire de travail	0,7 (0,007)*	0,7 (0,001)*	0,5 (0,03)*	0,3 (0,21)	0,2 (0,28)	0,1 (0,33)	0,7 (0,002)*
Planification	0,6 (0,03)*	0,2 (0,31)	0,3 (0,26)	0,8 (0,01)*	0,6 (0,04)*	0,5 (0,04)*	0,4 (0,03)*
Praxies visuo-motrices	0,6 (0,03)*	0,5 (0,04)*	0,2 (0,39)	0,5 (0,05)*	0,7 (0,02)*	0,3 (0,17)	0,2 (0,32)
Raisonnement	0,5 (0,04)*	0,4 (0,03)	0,3 (0,15)	0,5 (0,04)*	0,2 (0,23)	0,6 (0,03)*	0,3 (0,16)
Vitesse de traitement	0,6 (0,03)*	0,5 (0,03)*	0,05 (0,8)	0,3 (0,35)	0,2 (0,19)	0,2 (0,27)	0,6 (0,02)*

Les scores obtenus lors de la passation collective sont significativement et fortement corrélés à ceux obtenus pour le même test lors de la passation individuelle (attention sélective : $p=0,02$, attention soutenue : $p=0,04$, mémoire de travail : $p=0,03$, planification : $p=0,01$, praxies visuo-motrice : $p=0,02$, raisonnement : $p=0,03$ et vitesse de traitement : $p=0,02$). Diverses autres corrélations modérées significatives apparaissent entre les différents tests ($p < 0,05$). Ces corrélations se sont montrées similaires tant en première qu'en deuxième primaire.

IV.2.b. Mise en relation des tests collectifs : calcul de scores composites

Des matrices de corrélations ont été réalisées entre les différents tests de la batterie collective afin de calculer des scores composites (Tableau 12).

Tableau 12 : Matrice de corrélation (p (r)) entre les scores obtenus par les 53 enfants aux tests réalisés en collectif (*p<0,05).

	Attention sélective	Attention soutenue	Mémoire de travail	Planification	Praxies visuo-motrices	Raisonnement	Vitesse de traitement
Attention sélective		0,4 (0,003)*	0,1 (0,48)	0,2 (0,05)	0,2 (0,13)	0,4 (0,004)*	0,4 (0,002)*
Attention soutenue	0,4 (0,003)*		0,2 (0,13)	0,2 (0,08)	0,1 (0,35)	0,2 (0,06)	0,5 (<0,001)*
Mémoire de travail	0,1 (0,48)	0,2 (0,13)		0,4 (0,001)*	0,4 (0,001)*	0,4 (0,003)*	0,01 (0,95)
Planification	0,2 (0,05)	0,2 (0,08)	0,4 (0,001)*		0,4 (0,001)*	0,5 (<0,001)*	-0,03 (0,79)
Praxies visuo-motrices	0,2 (0,13)	0,2 (0,35)	0,4 (0,001)*	0,4 (0,001)*		0,4 (<0,001)*	0,03 (0,81)
Raisonnement	0,4 (0,004)*	0,2 (0,06)	0,4 (0,003)*	0,5 (<0,001)*	0,4 (<0,001)*		0,1 (0,28)
Vitesse de traitement	0,4 (0,002)*	0,5 (<0,001)*	0,01 (0,95)	-0,03 (0,79)	0,03 (0,81)	0,1 (0,28)	

Plusieurs corrélations significatives ressortent du tableau et ont permis de définir deux scores composites. Les items attention sélective, attention soutenue, vitesse de traitement étaient systématiquement corrélés ($p < 0,005$, $r \geq 0,4$) et ont permis de définir un score composite attentionnel. Les items mémoire de travail, planification, praxies visuo-motrices et raisonnement sont systématiquement corrélés ($p < 0,003$, $r \geq 0,4$) et ont permis de définir un score composite visuo-spatial.

IV.2.c. Reproductibilité des scores composites

Les scores composites calculés avec les résultats obtenus à la batterie collective lors des deux évaluations réalisées à une semaine d'intervalle ont été comparés pour analyser la reproductibilité de ces scores (Tableau 13).

Tableau 13 : Coefficient de corrélation intra-classe (ICC) et son intervalle de confiance à 95% ([IC95%]) ainsi que les limites d'agrément de Bland-Altman (LOA) caractérisant la reproductibilité des scores composites de la batterie collective.

Score	ICC [IC95%]	LOA
Attentionnel	0,69 [0,47-0,91]	-8,8/+9,4
Visuo-spatial	0,70 [0,39-1,00]	-1,3/+2,75

* : accord fort entre les deux tests $0,6 \leq ICC \leq 0,7$

Il existe un accord de jugement fort ($0,61 \leq ICC \leq 0,80$) pour chacun des deux scores.

IV.3. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était de mettre en place et de valider une batterie de tests permettant d'évaluer de manière collective les capacités cognitives des élèves du premier cycle du primaire (première et deuxième primaire).

Les tests sélectionnés permettent d'apprécier différents aspects du fonctionnement cognitif nécessaires entre autres au bon apprentissage de la lecture et de l'écriture [83] à savoir, l'attention sélective visuelle, l'attention soutenue, la mémoire de travail, les capacités de planification, les praxies visuo-motrices, les capacités de raisonnement et la vitesse de traitement. Afin de permettre une passation collective, plusieurs adaptations ont dû être réalisées à partir des tests validés pour une passation individuelle. Ainsi, toutes les tâches ont été réalisées dans un temps imparti à la fin duquel chaque enfant devait s'arrêter là où il était arrivé. En effet, noter le temps mis par chaque enfant pour terminer une tâche est peu envisageable dans une classe comportant une vingtaine d'élèves. Par ailleurs, alors que certaines tâches individuelles demandent que le neuropsychologue analyse qualitativement l'enfant en cours de réalisation de la tâche (comportement, stratégies de résolution), la cotation de la batterie collective s'est faite sur base de critères exclusivement quantitatifs.

Dans cette étude, la validité de construit a été mise en évidence par des corrélations significatives modérées entre les résultats obtenus aux tests modifiés et ceux obtenus à des tâches validées mesurant les mêmes processus. Les capacités d'attention sélective étaient corrélées à presque l'ensemble des autres capacités cognitives. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les capacités d'attention ont une place centrale dans l'architecture cognitive et sont donc nécessaires aux apprentissages ainsi qu'au bon fonctionnement cognitif de chaque individu de manière générale. Outre les liens privilégiés qu'elles entretiennent avec les autres fonctions cognitives telles le langage, la mémoire, les gnosies, elles ont également un impact important sur la sphère familiale, sociale, comportementale et scolaire [171,172].

Par ailleurs, la mise en évidence de corrélations entre les résultats obtenus aux différentes tâches de la batterie collective nous a permis de définir deux scores composites. Ces deux scores, « attentionnel » et « visuo-spatial », se sont montrés reproductibles. Les limites d'agrément calculées permettront de connaître les améliorations réellement observées dans le cadre d'un suivi longitudinal.

IV.3.a. Limites et perspectives

Les enfants du premier cycle du primaire présentant une grande fatigabilité lors de la réalisation de tâches intellectuelles, la batterie de tests a été réalisée en deux fois, avec pour chaque séance, une pause récréative. Cependant, il n'est pas exclu que la lassitude de certains enfants ait influencé nos résultats. Par ailleurs, le contexte sociodémographique dans lequel évolue l'enfant a une influence sur ses performances scolaires. Les enfants étant issus de seulement deux écoles et chaque école rassemblant généralement des enfants issus d'un même milieu socio-culturel, il est probable que nous n'ayons pas une vision représentative de la population générale. Toutefois, les deux écoles étant issues des deux réseaux principaux de la Fédération Wallonie-Bruxelles, à savoir l'officiel et le non-officiel, cette étude a néanmoins permis de brasser un échantillon diversifié.

IV.4. CONCLUSION

Cette étude suggère la validité de construit d'une batterie de tests collectifs pour évaluer les capacités cognitives d'enfants du premier cycle du primaire. Les deux scores composites globaux mis au point à partir de cette batterie originale autoriseront un suivi longitudinal.

ÉTUDES DE TERRAIN :

INFLUENCE DE LA PRISE EN CHARGE EN MILIEU SCOLAIRE

I. Influence de la prise en charge lors du premier cycle de l'enseignement primaire

L'école est souvent considérée comme le premier « lieu de travail » de tout être humain [1]. En effet, les humains passent une grosse partie de leurs journées dans des environnements éducatifs de 3 à 25 ans [1]. Lorsqu'on s'intéresse plus profondément à ce « lieu de travail », il apparaît que parmi l'ensemble des facteurs macro (environnement, organisation) et micro (mobilier scolaire, activités, mallette) qui composent son environnement, la position assise tient une place prépondérante. En effet, les enfants consacrent dès la primaire plus de 30% de leur temps à des activités scolaires (lecture, écoute, écriture) et jusqu'à 92% dans une position assise prolongée, souvent sur un mobilier inadéquat [26]. Ces conditions peuvent dès lors être à l'origine de problèmes de postures, d'inconfort et de douleurs [22]. Par ailleurs, la position assise pourrait également influencer les capacités cognitives et le comportement des enfants en classe [1,153]. Dès lors, les hypothèses de ce travail sont que l'utilisation d'un coussin dynamique tout au long du premier cycle du primaire (première et deuxième année) augmente la qualité de la position assise en classe, diminue les plaintes musculo-squelettiques et améliore les capacités posturales (maintien et équilibre en position debout) et cognitives des élèves ainsi que leur comportement en classe.

I.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

I.1.a. Présentation de la population

Trois écoles issues des différents réseaux scolaires de la Fédération Wallonie-Bruxelles ont participé à cette étude : l'école libre Saint-Joseph de Seraing (réseau libre), l'école fondamentale communale de Jupille-Bruyère (réseau officiel) et l'école fondamentale

communale de Rocourt (réseau officiel). Lors de la rentrée de septembre 2014, dans chaque école, une classe de première primaire a été tirée au sort et désignée comme classe expérimentale tandis que la seconde classe de première primaire a constitué la classe contrôle.

A la base, 105 enfants ont consenti avec leurs parents à prendre part à cette étude. Au final, en décomptant les enfants ayant doublé leur première année, ceux ayant changé d'école et les absentéismes au moment des évaluations, 70 enfants ont été suivis et analysés : 44 dans le groupe expérimental et 26 dans le groupe contrôle. Notre échantillon (n=70) comportait 27 filles et 43 garçons.

I.1.b. Description du protocole expérimental

Le protocole expérimental a débuté dès l'entrée en première primaire des élèves (rentrée scolaire de septembre 2014) et s'est étalé sur deux ans (premier cycle du primaire). Pendant ces deux années, les élèves ont été soumis à 5 sessions d'évaluation (E1 à E5). Le groupe contrôle a été évalué sur le mobilier « traditionnel » tout au long des 2 années. Les élèves du groupe expérimental ont été évalués la première année, dans un premier temps sur le mobilier « traditionnel » de la classe avant toute intervention de notre part (E1), après 3 mois d'éducation posturale et d'utilisation d'un coussin dynamique ajouté au mobilier (E2) et après 6 mois d'utilisation du coussin dynamique (E3). La seconde année, l'utilisation du coussin a été poursuivie pour le groupe expérimental et les enfants ont été évalués en début (E4) et en fin d'année scolaire (E5) (Figure 29).

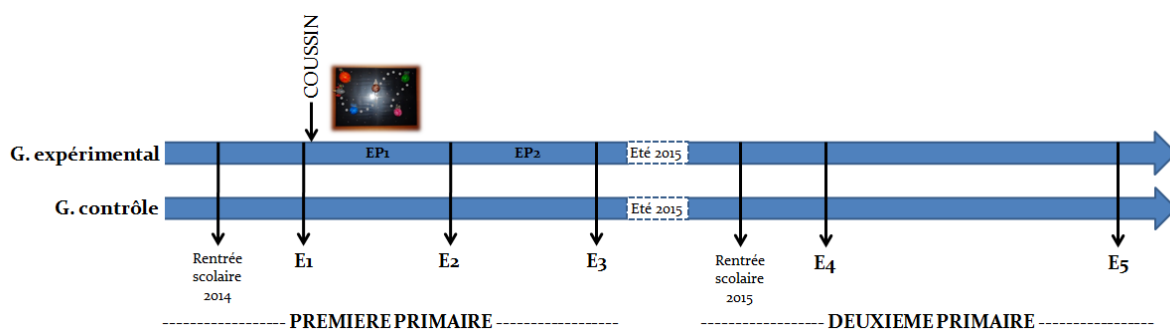


Figure 29 : Représentation schématique du protocole expérimental.

EP1 = éducation posturale 1 : 1 séance/semaine pendant 3 mois.

EP2 : éducation posturale 2 : 1 séance/mois pendant 3 mois.

La première évaluation (E1) a été réalisée entre septembre et octobre 2014 sans la moindre explication sur l'étude en cours afin de ne pas influencer le comportement des enfants au moment des évaluations. Cette première étape achevée, les coussins dynamiques ont été intégrés dans les classes expérimentales. Afin de maximiser ses effets, il a été demandé aux écoliers de l'utiliser le plus souvent possible et diverses interventions d'éducation posturale ont été menées afin de leur enseigner une utilisation correcte du coussin. Cette éducation posturale s'est déroulée sur 3 mois à raison d'une séance de 45 minutes par semaine. Concrètement, la première séance a permis d'introduire les coussins et comprenait une brève information sur la colonne vertébrale, ses différentes parties, ses courbures physiologiques et les différents mouvements réalisables avec le dos, ainsi que des explications concernant la bonne utilisation du coussin. Les 11 séances suivantes commençaient par un rappel de la bonne utilisation du coussin et se poursuivaient par 5 minutes d'échauffement (rodages articulaires), suivis d'exercices d'équilibre, de posture, de schéma corporel, de maintien assis-debout. La séance se terminait par un retour au calme de 5 minutes ; des exercices d'étirement et de relaxation invitaient les enfants à se concentrer sur leur corps et les préparaient à reprendre les cours. Afin de rendre l'éducation posturale ludique, celle-ci a été organisée autour d'un voyage spatial dont chaque planète correspondait à une séance différente. Le détail de chaque séance est repris en *Annexe II.1.* (page XIX). Ces séances ont été construites en partenariat avec une psychomotricienne et sur base d'exercices fournis dans divers livres de psychomotricité et pratiques corporelles à réaliser en classe [173-175].

L'instituteur étant un modèle aux yeux des jeunes enfants, un coussin dynamique leur a été fourni afin de renforcer l'impact de l'éducation posturale. Il leur a été demandé d'utiliser celui-ci et de consacrer chaque jour un moment dans la journée pour évoquer le voyage spatial et rappeler les différents principes de l'éducation posturale. Enfin, des posters étaient affichés en classe afin de constituer des rappels visuels tout au long de la journée (*Annexe II.1.*, page XIX).

Durant le laps de temps entre la deuxième évaluation (E2) réalisée en février 2015 et la troisième (E3), les posters de l'éducation posturale sont restés en classe pour rappeler aux enfants les principes appris et 3 séances de rappel ont été dispensées à raison d'une fois par mois. Celles-ci étaient destinées à remémorer les différents principes qui avaient été abordés précédemment. Après ces 3 mois supplémentaires d'utilisation du coussin dynamique, la troisième évaluation (E3) a été réalisée en mai 2015.

Lors de la seconde année, les élèves ont été réévalués entre septembre et octobre 2015, après les deux mois de vacances scolaires, sans aucun rappel préalable de notre part (E4).

La cinquième et dernière évaluation (E5) a eu lieu en mai 2016 après les deux années d'utilisation du coussin. Durant cette seconde année, aucun rappel n'a été donné aux enfants par nos soins, ces derniers incombant aux institutrices et aux posters affichés en classe.

I.1.c. Description du mobilier

- Mobilier scolaire traditionnel

Le mobilier traditionnel sur lequel les élèves ont été évalués avait une hauteur moyenne de table de 59 ± 2 cm et une hauteur moyenne de chaise de 35 ± 2 cm (Figure 30).



Figure 30 : Mobilier traditionnel présent dans les classes participant à l'étude.

- Coussin dynamique *Movin'Sit Junior*©

Le coussin *Movin'sit Junior*© est un coussin triangulaire (présentant une pente de $\sim 15^\circ$) gonflé à l'air, adapté à la taille du mobilier scolaire de niveau primaire et à celle de l'enfant. En caoutchouc, il présente sur sa surface supérieure des picots proprioceptifs. Aisé à gonfler à la bouche, son transport est facilité grâce à sa poignée intégrée (Figure 31).

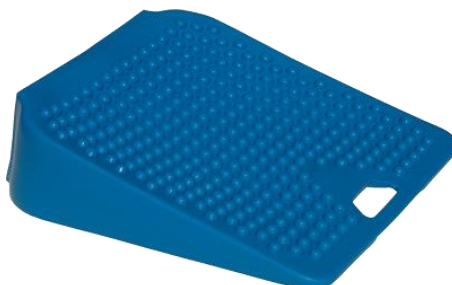


Figure 31 : Coussin dynamique *Movin'Sit Junior*©.

I.1.d. Description du déroulement des tests

Lors de chaque évaluation, les enfants ont été soumis à la batterie d'évaluation mise en place et validée précédemment (cf. Section *Mise en place et étude des qualités métrologiques de la batterie de tests*, page 39). Une session d'évaluation s'étalait sur plusieurs jours et se déroulait comme suit :

- Évaluation des données anthropométriques et des capacités posturales

Les enfants ont été soumis à une batterie de tests destinés à apprécier leurs caractéristiques anthropométriques (poids, taille, IMC, pointure), leur maintien debout dans le plan frontal et sagittal et leur équilibre debout sur plateforme de force. Cette évaluation, réalisée en dehors de la salle de cours, durait en moyenne une demi-heure.

- Évaluation des capacités cognitives

En classe, les élèves ont été soumis, lors de deux matinées distinctes, à une série de tests permettant d'évaluer différents aspects de leurs capacités cognitives. La première matinée a consisté en l'évaluation de l'attention sélective par balayage visuel, l'attention soutenue, la flexibilité et les capacités de planification. La seconde comprenait l'évaluation de la mémoire de travail, les praxies visuo-motrices et les capacités de raisonnement. Les différents tests étaient réalisés de manière collective, les enfants étant assis deux par banc à leur place habituelle du moment.

En outre, les compétences scolaires ont été évaluées en fin de deuxième primaire grâce aux évaluations non certificatives de fin de premier cycle communes à l'ensemble des établissements de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

- Évaluation du comportement et de la position assise en classe

Cette évaluation s'est réalisée lors de deux matinées de cours classiques assumés par l'institutrice. Durant chacune de celles-ci, quatre enregistrements vidéographiques globaux et collectifs de la classe d'une durée de 45 minutes ont été réalisés ainsi que deux observations visuelles directes « instantanées » de la position assise de $\frac{3}{4}$ dos de chaque enfant grâce à la

grille d'observation de la position assise validée au point 1. Grille d'observation de la position assise (page 39) (Figure 32).

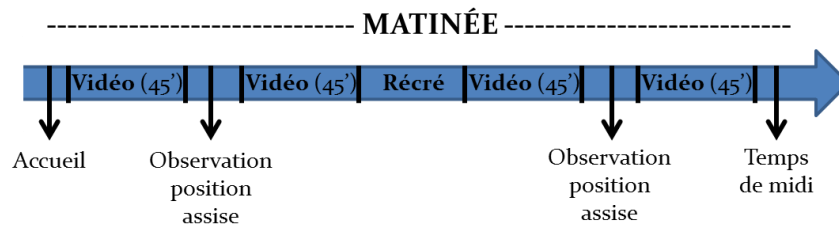


Figure 32 : Déroulement d'une matinée d'évaluation du comportement et de la position assise.

Les 5 premières minutes des vidéos, nécessaires pour que les enfants « oublient la caméra », n'ont pas été prises en considération et le reste de l'enregistrement a été analysé de manière continue en tenant compte, pour chaque enfant, de la position adoptée (assis / debout / en mouvement) et de la concentration sur la tâche (oui / non). Ensuite, le nombre de changements de position et le pourcentage de temps passé dans chaque position et concentré à la tâche ont été comptabilisés.

La moyenne des deux scores caractérisant la position assise des enfants a par ailleurs été calculée.

En outre, le comportement des enfants a aussi été évalué lors de chaque évaluation par les institutrices respectives grâce au questionnaire « Behavior Rating Inventory of Executive Function for Teacher » (BRIEF) [162]. Il s'agit d'un questionnaire de screening comportant 86 items permettant d'analyser les comportements des élèves et en particulier leurs fonctions attentionnelles et exécutives. Pour chaque item de ce questionnaire, les institutrices ont évalué le comportement de chacun des élèves sur une échelle de « jamais » à « souvent » au cours des trois derniers mois. A partir de leurs réponses, nous avons calculé un score total (/258) ainsi que 8 scores sous-totaux évaluant spécifiquement : l'inhibition (/30), la flexibilité (/30), le contrôle émotionnel (/27), l'initiation (/21), la mémoire de travail (/30), la planification / organisation (/30), l'organisation du matériel (/21) et le contrôle (/30).

- Évaluation des plaintes musculo-squelettiques

Un questionnaire concernant les douleurs ressenties en position assise a été soumis à tous les enfants au début de l'étude (E1) et à la fin de chaque année scolaire (E3 et E5) afin d'analyser l'évolution de ces douleurs. Ce questionnaire a été rempli lors d'un « entretien oral » entre chaque enfant et l'examineur. Il comportait deux parties : la première comprenait la question « *Quand tu es assis(e), as-tu mal quelque part ?* » et la seconde correspondait à un schéma sur lequel l'enfant, qui avait répondu « *Oui* » à la première question, devait colorier les parties qu'il trouvait douloureuses quand il est assis.

- Questionnaire de satisfaction

Un questionnaire de satisfaction a été soumis à tous les enfants à la fin de l'expérimentation (E5) afin d'évaluer leur degré de satisfaction vis-à-vis de leur position assise. Ce questionnaire a été rempli individuellement sous forme d'un entretien oral guidé par l'expérimentateur. En outre, il leur a été demandé de réaliser un dessin sur lequel ils devaient se représenter assis sur leur banc en classe (*Annexe II.2., page XXIX*).

Un second questionnaire de satisfaction a également été soumis aux trois institutrices des enfants du groupe expérimental (*Annexe II.2., page XXX*).

I.1.e. Traitement des données

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel statistique *R* 3.3.2. Les différentes moyennes, les écarts-type, les extrêmes et les pourcentages ont été calculés via des statistiques descriptives et des tables de fréquence.

La comparaison des deux groupes à E1 a été réalisée grâce au test T de Student pour échantillons indépendants tandis qu'une analyse de la variance (ANOVA) pour mesures répétées a permis le suivi longitudinal.

Diverses régressions linéaires ont également été réalisées afin d'étudier le lien potentiel entre les différentes variables ayant été influencées par la prise en charge.

Les résultats obtenus ont été considérés comme significatifs lorsque la p-value était inférieure à 0,05 ($p < 0,05$).

I.2. RESULTATS

I.2.a. Homogénéité des groupes à E1

L'analyse statistique montre qu'au début de l'étude, les groupes sont anthropométriquement similaires.

Tableau 14 : Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) de l'ensemble de la population ($n=70$) et des enfants des groupes contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) à E1 (* $p < 0,05$).

Caractéristiques	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Âge (années)	6,4 \pm 0,5	6,3 \pm 0,5	6,4 \pm 0,6	0,86
Taille (cm)	119,3 \pm 6,3	119,3 \pm 6,1	119,2 \pm 6,5	0,95
Poids (kg)	22,6 \pm 4,6	22,2 \pm 3,4	23,2 \pm 6,1	0,44
IMC (kg/m ²)	15,7 \pm 2,4	15,5 \pm 1,9	16,1 \pm 2,9	0,37

Le test T de Student pour échantillon indépendant a montré qu'aucune différence significative n'était présente entre les deux groupes au début de la prise en charge (E1) et ce, pour l'ensemble des paramètres étudiés ci-dessous. L'ensemble de ces résultats est repris en *Annexe II.3.* (page XXXI)

I.2.b. Suivi longitudinal

- Données anthropométriques

Comme attendu, les données anthropométriques ont significativement évolué entre E1 et E5. Ces évolutions développementales sont illustrées en *Annexe II.4.* (page XXXIII).

- Position assise en classe

L'évolution des caractéristiques de la position assise, évaluée de $\frac{3}{4}$ dos en direct à l'aide de la grille d'observation, est illustrée dans la Figure 33.

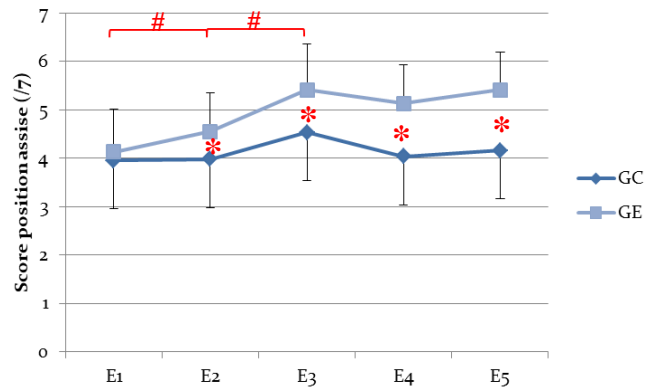


Figure 33 : Evolution du score (/7) de la position assise des élèves des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E1-5).
 (# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).
 (* : différence significative entre les deux groupes).

Au départ, les scores sont similaires ($p > 0,05$) dans les deux groupes ($\sim 4/7$). Des différences significatives entre les groupes s'observent ensuite lors de chaque temps d'évaluation (Figure 33). En outre, le groupe expérimental améliore significativement sa position assise entre E1 et E2 ainsi qu'entre E2 et E3 pour atteindre un score de 5,4/7 en E5 (versus 4,2/7 dans le groupe contrôle).

Le Tableau 15 détaille, pour chaque item, le pourcentage d'enfants ayant obtenu le score maximal.

Tableau 15 : Pourcentage d'enfants ayant obtenu le score maximal par item lors de l'analyse de la position assise des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) ($*p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Item (max)	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	P (temps)	P (PC)
Colonne cervicale (lordose)	GC	59,5	48,6	54,3	24,8	57,1	0,08	0,50
	GE	71,2	35,8	51,3	43,7	71,3		
Membres supérieurs (appui)	GC	62,5	50,2	58,3	20,8	50,7	0,13	0,46
	GE	68,2	31,8	52,3	47,7	77,3		
Utilisation dossier (oui)	GC	35,9	41,7	20,8	25,1	26,4	0,87	0,12
	GE	22,8	34,1	18,2	20,4	11,4		
Colonne lombaire (lordose)	GC	45,8	50,3	29,1	35,3	20,8	0,25	0,03*
	GE	62,5	70,5	79,7	73,9	74,9		
Angle tronc-cuisses (>90°)	GC	4,16	0,0	20,8	25,1	4,8	0,37	0,02*
	GE	25,4	65,9	86,4	83,4	86,4		
Cuisses (écartées)	GC	12,5	4,16	16,7	25,3	18,7	0,09	0,04*
	GE	6,8	25,1	56,8	58,4	57,9		
Membres inférieurs (appui)	GC	12,5	12,5	33,3	31,7	29,1	0,006*	0,01*
	GE	11,3	18,2	36,4	45,7	62,5		

La prise en charge (utilisation du coussin + éducation posturale) entraîne un angle troncs-cuisses plus ouvert ($p=0,02$), un meilleur maintien de la lordose lombaire ($p=0,03$) et un écartement des cuisses adéquat ($p=0,04$) dans le groupe expérimental. Ces améliorations s'observent suite aux trois premiers mois de prise en charge (entre E1 et E2) et à la fin de la première année de suivi (entre E2 et E3) et persistent en seconde année. Par ailleurs, si l'appui des pieds au sol est significativement et positivement influencé par le temps ($p=0,006$), cet item s'améliore de manière plus importante dans le groupe expérimental et ce à chaque étape du suivi ($p=0,01$).

Aucun changement significatif n'est observé pour les autres paramètres (lordose cervicale, appui des membres supérieurs et utilisation du dossier).

- Capacités posturales

Le Tableau 16 illustre les données du maintien en position debout analysé sur photographies sagittales et frontales.

Tableau 16 : Angles moyens et écarts-type caractérisant le maintien dans les plans sagittal et frontal, des enfants des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p<0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Caractéristiques	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	P (temps)	P (PC)
Flexion tête	GC	16,5±8,9	16,4±5,7	18,9±4,9	14,7±7,6	13,7±7,8	<0,0001*	0,50
	GE	17,1±6,1	14,7±5,1	18,0±6,3	10,8±6,9	12,9±7,4		
Inclinaison regard	GC	1,8±1,7	2,7±2,1	1,7±1,4	2,9±1,9	2,2±1,2	0,09	0,46
	GE	2,6±2,7	2,1±1,6	1,8±1,3	2,9±2,5	2,4±1,4		
Inclinaison épaule	GC	1,7±1,3	1,7±1,2	1,8±1,6	1,6±1,1	1,0±0,8	0,87	0,12
	GE	1,7±1,2	1,4±1,0	1,4±0,8	1,4±1,1	1,7±1,4		
Flexion antérieure tronc	GC	-9,3±3,1	-8,7±3,9	-8,7±3,3	-9,4±2,8	-9,0±2,5	0,25	0,76
	GE	-9,8±3,3	-8,7±4,2	-8,1±2,3	-8,3±2,9	-8,1±3,2		
Bascule bassin	GC	15,4±5,2	16,6±5,3	18,1±6,2	17,1±5,4	22,0±4,1	<0,0001*	0,46
	GE	16,2±4,8	19,1±5,1	17,5±4,9	19,5±6,0	21,8±6,8		
Inclinaison bassin	GC	1,9±1,4	1,8±0,9	1,3±0,6	2,7±1,8	2,0±1,8	0,06	0,23
	GE	1,7±0,9	1,6±1,1	1,7±1,3	2,3±1,2	2,4±1,6		
Déplacement bassin	GC	3,0±2,1	4,9±2,3	4,2±2,1	3,6±1,9	3,7±2,1	0,34	0,49
	GE	3,5±1,8	4,1±2,0	3,6±1,7	3,1±2,1	2,8±1,6		
Inclinaison corps	GC	-1,9±0,9	-0,7±1,4	-1,1±1,2	-3,7±1,2	-1,0±1,0	0,07	0,55
	GE	-1,9±1,3	-1,1±1,5	-1,1±1,5	-3,2±1,2	-1,3±1,1		
Verticale Barré	GC	2,6±0,8	2,7±0,5	1,6±0,3	1,2±0,4	0,6±0,3	0,03*	0,63
	GE	2,7±0,6	1,9±0,6	1,7±0,4	1,3±0,5	0,5±0,3		

Tous groupes confondus, les résultats ont mis en évidence des modifications significatives de plusieurs des paramètres avec le temps : un redressement de la tête ($p < 0,0001$), une antéversion du bassin ($p < 0,0001$) et un redressement du corps dans le plan sagittal ($p = 0,03$). La prise en charge n'a pas eu d'influence significative.

Le tableau 17 rassemble les données de l'équilibre statique debout analysé sur plateforme de force.

Tableau 17 : Paramètres ($m \pm ET$) obtenus sur plateforme de force dans 3 conditions (yeux ouverts, yeux fermés, double tâche) par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Condition	Paramètre	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	P (temps)	P (PC)
Yeux ouverts	Surface (mm^2)	GC	935±410	751±513	798±532	437±294	453±233	<0,0001*	0,85
		GE	859±504	911±446	819±586	467±287	482±238		
	Longueur xy (mm)	GC	802±253	732±307	850±311	755±265	590±129	<0,0001*	0,48
		GE	806±321	851±315	836±287	657±205	637±196		
Yeux fermés	Surface (mm^2)	GC	1189±594	1038±419	944±618	515±236	644±266	<0,0001*	0,21
		GE	983±505	1040±437	967±450	550±251	660±283		
	Longueur xy (mm)	GC	1028±312	953±247	1077±405	938±319	775±197	0,0002*	0,28
		GE	956±298	1017±336	1041±318	808±261	862±232		
Double tâche	Surface (mm^2)	GC	1343±537	1497±718	1478±812	696±301	646±422	<0,0001*	0,02*
		GE	1485±873	1372±992	1321±691	708±394	735±387		
	Longueur xy (mm)	GC	960±318	950±260	917±336	860±333	598±142	<0,0001*	0,21
		GE	961±371	969±28	10440±280	770±222	704±175		

L'analyse statistique démontre une influence significative du temps indépendante des groupes pour l'ensemble des paramètres illustrant une amélioration de l'équilibre des enfants. Notre prise en charge a influencé le paramètre « Surface » en double tâche ($p = 0,02$) : le groupe expérimental diminue la surface du statokinésigramme de E1 à E2 alors que celle du groupe contrôle augmente durant cette période. Les courbes des deux groupes se rejoignent ensuite et illustrent une amélioration significative de la stabilité de E3 à E4 ($p < 0,0001$) (Figure 34).

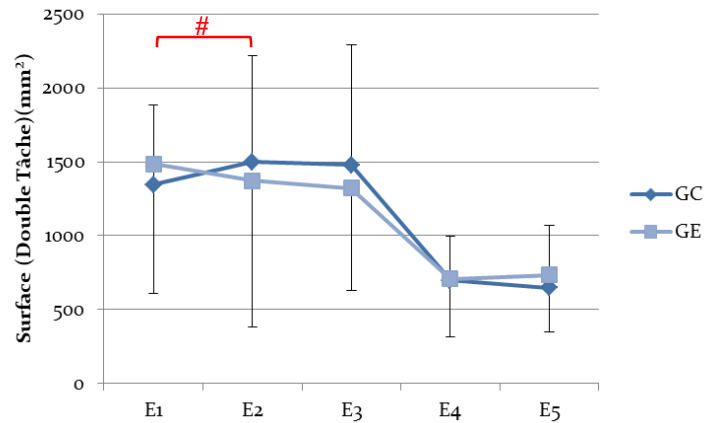


Figure 34 : Evolution du paramètre « Surface » en condition double tâche obtenus par les élèves des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E1-5).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes)

- Douleurs musculo-squelettiques

La Figure 35 illustre l'évolution du pourcentage d'enfants ayant répondu « Oui » à la question : « Quand tu es assis(e), as-tu mal quelque part ? ».

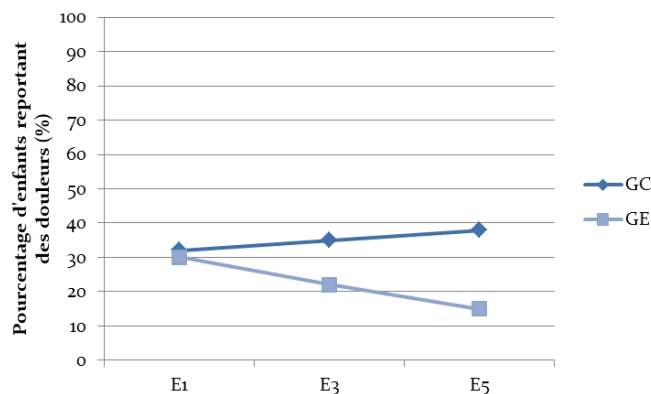


Figure 35 : Pourcentage d'enfants des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) rapportant des douleurs en position assise au début de l'étude (E1) et à la fin de chaque année scolaire (E3 et E5).

En début d'étude, le nombre d'enfants rapportant des douleurs en position assise était similaire (~30%) dans les deux groupes. Ce nombre est resté à peu près stable dans le groupe contrôle tout au long du suivi (38% à E5) alors que les plaintes musculo-squelettiques ont diminué dans le groupe expérimental (15% à E5). Cette différence approche le seuil de la signification statistique ($p=0,06$).

En analysant les schémas coloriés par les enfants du groupe expérimental (Figure 36), il apparaît qu'au départ, les douleurs se localisent principalement au niveau de la tête (front) (34,5%), de la nuque (31,1%), du bas du dos (37,9%) et de l'arrière des cuisses (31,1%). Ces régions présentent les plus grandes diminutions de plaintes au cours de l'étude.

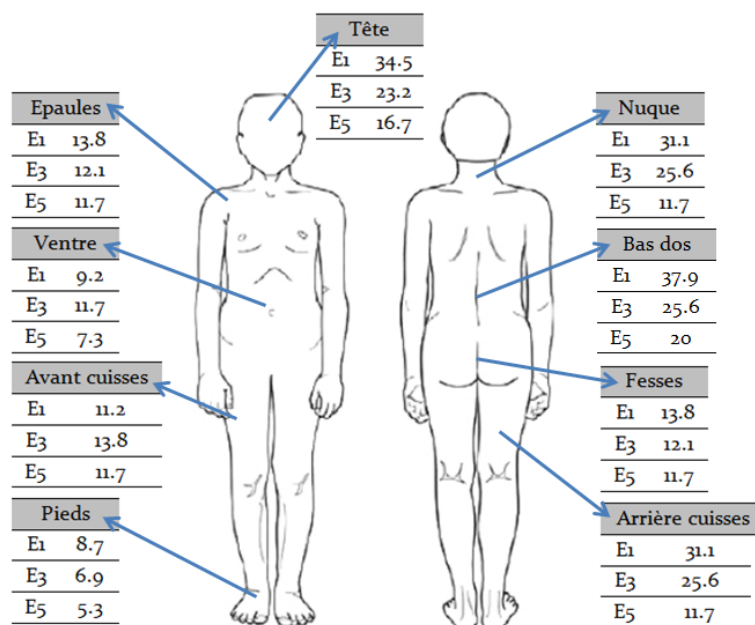


Figure 36 : Pourcentage d'enfants du groupe expérimental (GE : n=44) se plaignant de douleur dans les différentes parties du corps.

- Comportement en classe

- a) Analyse vidéo

L'analyse vidéo a permis d'évaluer le comportement adopté par les enfants en classe.

Nous avons évalué le pourcentage de temps passé en position assise et non assise (debout, en mouvement) (Tableau 18) ainsi que le nombre de changements entre ces deux types de position observés au cours de la durée d'enregistrement (Tableau 19).

Tableau 18 : Pourcentage de temps ($m \pm ET$) passé en position assise par les enfants des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Position	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	p (temps)	P (PC)
Assis (%)	GC	85,6±14,1	92,1±8,7	84,8±14,8	83,2±13,4	88,8±12,1	0,11	0,07
	GE	93,2±6,9	91,9±12,7	88,7±9,3	89,8±9,7	93,4±25,7		

Aucune modification du temps passé en position assise n'a été mise en évidence (Tableau 18).

De même, ni le temps, ni notre prise en charge n'ont influencé le nombre de passage entre les positions assise et non assise et inversement (Tableau 19).

Tableau 19 : Nombre ($m \pm ET$) de changements de position (entre positions assise et non assise) réalisé durant 40 minutes d'analyse vidéo par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	P (temps)	P (PC)
Nombre de changements de position	GC	8,2±7,1	5,4±3,8	8,5±7,0	8,7±5,2	9,0±4,0	0,45	0,08
	GE	6,4±6,1	8,5±7,6	8,4±6,7	9,3±4,4	6,2±3,6		

L'analyse vidéo a également porté sur le pourcentage de temps de concentration sur la tâche en cours (Figure 37).

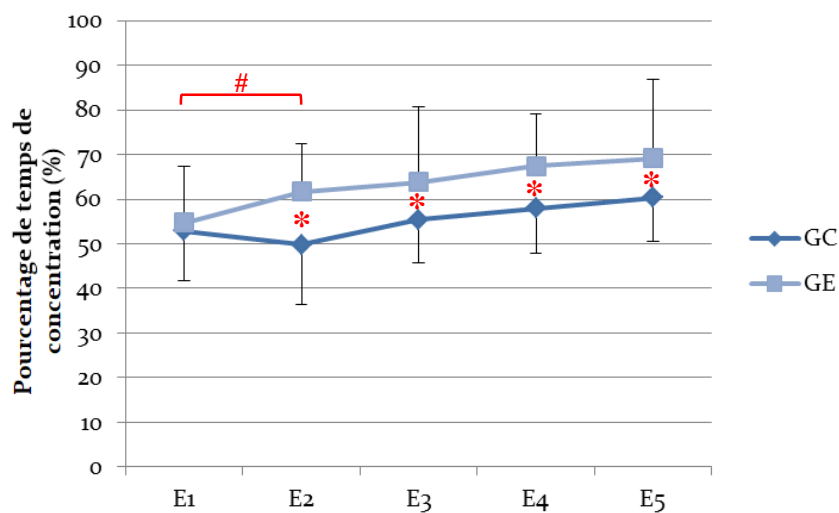


Figure 37 : Evolution du temps de concentration pour les groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).

(* : différence significative entre les deux groupes).

L'analyse de l'évolution de la concentration entre E1 et E5 a mis en évidence une amélioration de la concentration des enfants sur la tâche en cours quel que soit le groupe. Néanmoins, l'augmentation observée chez les enfants du groupe expérimental est significativement plus importante que celle du groupe contrôle ($p < 0,0001$).

b) Analyse par questionnaire

Le comportement de l'enfant en classe a également été évalué à l'aide du questionnaire BRIEF dont le score est directement proportionnel aux problèmes de comportement (Figure 38).

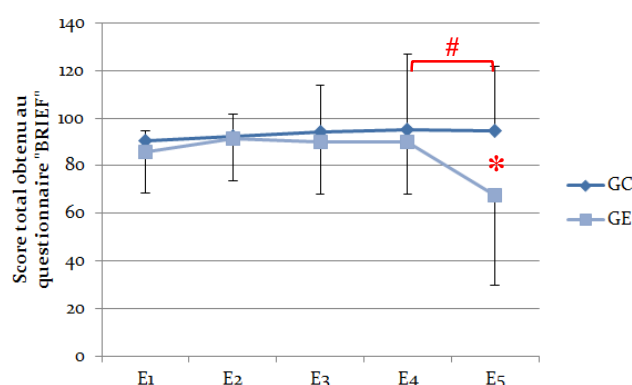


Figure 38 : Evolution du score (/258) obtenu au questionnaire BRIEF pour les groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E1-5).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).

(* : différence significative entre les deux groupes).

Il ressort, entre E4 et E5, une diminution significative du score total obtenu au questionnaire BRIEF pour le groupe expérimental par rapport au groupe contrôle ($p < 0,0001$) (Figure 38). Ce résultat traduit, pour le groupe expérimental, une amélioration du comportement. L'analyse détaillée indique que l'amélioration se marque principalement au niveau des sous-totaux « Inhibition » ($p = 0,003$), « Flexibilité » ($p = 0,002$), « Contrôle émotionnel » ($p = 0,02$), « Mémoire de travail » ($p < 0,0001$) et « Contrôle » ($p = 0,03$) (Tableau 20).

Tableau 20 : Scores ($m \pm ET$) obtenus au questionnaire de comportement (BRIEF) pour les enfants des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)) (Un score plus important signifie davantage de problèmes de comportement relevés).

Score	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	p (temps)	P (PC)
Inhibition (/30)	GC	13,4±4,8	10,8±1,6	10,4±0,9	12,4±4,0	12,5±4,0	0,11	0,003*
	GE	12,2±2,6	13,0±2,8	13,0±3,8	12,9±3,9	10,1±4,9		
Flexibilité (/30)	GC	11,1±1,5	11,6±1,6	11,3±1,9	12,4±2,4	11,8±2,5	0,07	0,002*
	GE	10,5±1,2	11,0±1,8	10,5±1,0	10,5±1,0	8,1±4,0		
Contrôle émotionnel (/27)	GC	9,0±1,5	8,5±0,7	8,8±1,6	9,7±2,2	9,2±2,1	0,06	0,02*
	GE	8,7±1,5	9,2±1,9	8,5±0,9	8,6±0,9	7,2±3,7		
Initiation (/21)	GC	8,7±2,5	8,1±1,9	14,7±2,4	14,5±2,0	10,7±4,1	0,48	0,21
	GE	8,5±2,3	9,3±2,6	9,0±2,8	9,1±2,8	8,1±4,0		
Mémoire de travail (/30)	GC	11,1±2,8	11,3±1,9	11,3±2,5	14,2±5,5	14,8±5,6	0,29	<0,0001*
	GE	12,4±3,4	13,8±4,0	13,0±3,9	13,1±4,0	10,5±5,6		
Planification / Organisation (/30)	GC	12,3±2,6	11,9±1,9	11,3±1,9	13,2±3,7	13,8±4,2	0,36	0,06
	GE	11,4±2,4	12,1±2,3	12,9±4,3	12,9±4,3	10,9±4,9		
Organisation du matériel (/21)	GC	8,9±2,5	7,7±1,1	7,6±1,0	9,1±3,4	8,8±3,5	0,44	0,11
	GE	8,6±2,4	8,9±2,1	8,6±2,9	8,7±2,9	7,3±3,3		
Contrôle (/30)	GC	10,6±3,0	12,4±2,4	11,3±1,6	13,5±4,2	13,6±4,2	0,21	0,03*
	GE	13,3±3,3	13,8±2,8	14,2±4,5	14,2±4,6	11,7±5,6		

- Capacités cognitives

Les capacités cognitives ont été évaluées à l'aide de 8 tests distincts desquels nous avons généré 2 scores composites : un score attentionnel et un score visuo-spatial (cf. point IV. *Tests cognitifs*, page 62) (Tableau 21).

Tableau 21 : Scores ($m \pm ET$) en pourcent obtenus aux deux scores attentionnel et visuo-spatial par les enfants des groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5) (* $p < 0,05$) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Score (%)	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	P (temps)	P (PC)
Attentionnel	GC	34,2±9,3	42,6±8,5	51,3±12,1	54,9±8,4	65,4±7,5	0,003*	0,007*
	GE	26,4±11,4	53,7±7,2	65,5±9,6	68,6±8,9	87,9±10,2		
Visuo-spatial	GC	62,9±7,9	46,2±7,2	49,7±10,6	72,4±13,6	78,2±13,8	0,05*	0,57
	GE	58,3±9,8	49,8±12,5	51,8±9,4	68,9±9,2	76,5±10,4		

Les deux scores ont augmenté significativement avec le temps mais la prise en charge a majoré l'évolution du score attentionnel du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle (Tableau 21). Ainsi, d'un score attentionnel initial semblable ($p > 0,05$), des différences significatives entre les deux groupes sont observées lors de tous les autres temps d'évaluation (Figure 39).

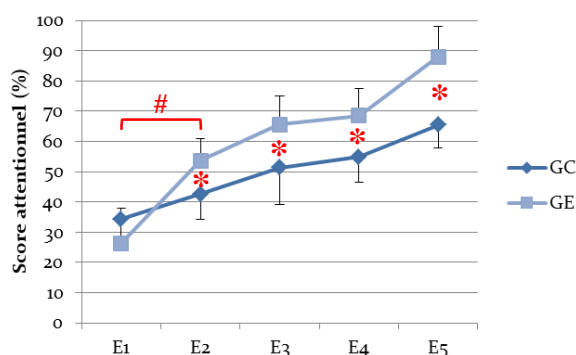


Figure 39 : Evolution du score attentionnel pour les groupes contrôle (GC : $n=26$) et expérimental (GE : $n=44$) au cours des 5 évaluations (E1-5).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).

(* : différence significative entre les deux groupes).

Enfin, les compétences scolaires ont été évaluées en fin de deuxième primaire grâce à l'évaluation non certificative de fin de premier cycle (Tableau 22). Les enfants du groupe expérimental ont obtenu des résultats significativement meilleurs à la partie mathématique de l'épreuve comparativement à ceux du groupe contrôle.

Tableau 22 : Score global (m±ET) en pourcent obtenu à l'évaluation non certificative de fin de premier cycle pour les compétences « Eveil », « Langue française » et « Mathématique » par les enfants des groupes contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) à E5 (*p<0,05) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Matière	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Eveil (%)	81,9±17,2	89,0±4,2	0,30
Langue française (%)	82,9±10,3	81,2±11,4	0,40
Mathématique (%)	75,6±18,4	87,6±6,6	0,03*

- **Satisfaction**

Lors de la dernière évaluation (E5), la totalité des élèves ont répondu à un questionnaire de satisfaction sous forme d'un entretien oral individuel guidé.

Nonante et un pourcents des élèves du groupe expérimental trouvent le coussin facile à utiliser. 80% préfèrent être assis sur le coussin, 55% avouent l'enlever au moins une fois dans la journée et 41,6 % trouve cela bizarre d'être assis dessus. 100% des élèves souhaitent continuer à utiliser le coussin en classe et 80% aimeraient en posséder un à la maison.

Par ailleurs, un taux plus important d'élèves du groupe expérimental estime être correctement assis par rapport au groupe contrôle. En outre, ils signalent que le coussin leur permet de mieux bouger, de se concentrer davantage et de lire et calculer plus facilement (Tableau 23).

Tableau 23 : Pourcentage d'élèves ayant répondu par l'affirmative aux questions du questionnaire de satisfaction dans le groupe contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) (*p<0,05).

Question	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
<i>Trouves-tu l'assise confortable* ?</i>	86,2	85	0,32
<i>Aimes-tu être assis(e) sur ce mobilier* ?</i>	86,2	85	0,13
<i>Arrives-tu à bouger facilement quand tu es assis(e) à ton banc* ?</i>	58,6	83,3	0,03*
<i>Penses-tu être assis(e) correctement en classe* ?</i>	69	83,3	0,05*
<i>Es-tu facilement attentif(ve) quand tu es assis(e) à ton banc* ?</i>	58,6	71,1	0,04*
<i>Sais-tu lire facilement quand tu es assis(e) à ton banc* ?</i>	79,3	86,7	0,06
<i>Sais-tu calculer facilement quand tu es assis(e) à ton banc* ?</i>	75,9	85	0,06
<i>Après être resté longtemps assis(e), te sens-tu fatigué(e)* ?</i>	18	25	0,09
<i>Aimerais-tu garder le coussin / avoir un coussin comme celui que tes camarades ont dans l'autre classe* ?</i>	96,4	100	0,27

*sous-entendu « avec le coussin » pour les enfants du groupe expérimental.

A E5, il a en outre été demandé aux enfants de réaliser un dessin sur lequel ils devaient se représenter assis en classe. L'analyse montre que 100% du groupe expérimental se sont dessinés assis sur le coussin et suggère qu'ils semblent l'avoir intégré.

De leur côté, les 3 enseignantes des enfants du groupe expérimental ont également répondu à un questionnaire de satisfaction au terme de la dernière évaluation. Aucune enseignante ne rapporte de plaintes liées au coussin, mais deux d'entre elles nous affirment que certains enfants l'enlèvent régulièrement en fonction de l'activité en cours et toutes signalent qu'elles doivent régulièrement rappeler aux enfants de s'asseoir correctement dessus. Toutefois, l'amélioration du maintien assis des enfants est remarquée par chaque enseignante ainsi qu'un changement d'attention/concentration depuis l'utilisation des coussins. Concrètement, les avantages du coussin sont selon elles : une prise de conscience posturale des élèves et un meilleur comportement en classe. Bien que le coussin était considéré comme pratique et facile à ranger, elles trouvaient le nettoyage difficile et l'assise leur paraissait peu agréable (les picots et la matière par temps chaud). Pour leur part, elles avouent l'avoir peu utilisé en raison des rares occasions leur permettant de réellement s'asseoir en première et deuxième primaire. Concernant le projet en lui-même, chacune d'elles l'a trouvé très intéressant et serait favorable à l'introduction du coussin dans le programme scolaire.

- Interrelations entre les différentes variables

Afin d'étudier le lien entre les différentes variables ayant été influencées par la prise en charge, diverses régressions linéaires ont été réalisées (Tableau 24).

Tableau 24 : Régressions linéaires (R^2 (p-value)) (n=70) réalisées avec les scores obtenus lors de la cinquième évaluation (E5), entre les différents paramètres ayant été influencés par la prise en charge à savoir, la qualité de la position assise, la concentration à la tâche et le score attentionnel (* $p < 0,05$).

	Qualité position assise	Concentration à la tâche	Score attentionnel
Qualité position assise		0,5 (0,05*)	0,6 (0,05*)
Concentration à la tâche			0,6 (0,03*)

La qualité de la position assise est significativement et positivement corrélée à la concentration à la tâche ainsi qu'au score attentionnel. Par ailleurs, le score attentionnel et la concentration à la tâche sont également corrélés entre eux.

I.3. DISCUSSION

I.3.a. Choix du protocole expérimental

La majorité des études traitant de l'influence de l'ergonomie sur les apprentissages et les troubles musculo-squelettiques s'adresse, soit à des enfants de plus de 8 ans, soit à des adolescents [1,33,83]. Pourtant, cette problématique concerne les enfants, parents et enseignants dès l'entrée dans l'enseignement primaire. De plus, les études s'intéressant à l'interaction entre posture et apprentissage se sont souvent limitées à étudier des sous-groupes d'enfants avec troubles de l'attention et hyperactivité (TDAH) [67,91]. Ces dernières ont démontré l'impact positif d'une approche posturale sur les résultats scolaires qui justifie une exploration sur une population générale. Par ailleurs, la plupart des études n'ont observé que l'effet à court terme (de deux semaines à trois mois) d'une telle prise en charge [67,86]. Opter pour un suivi de deux ans a permis de préciser l'impact de la prise en charge à plus long terme. Afin de viser des milieux sociaux variés, l'étude a porté sur trois écoles dépendant de juridictions différentes (officielle et non officielle) dont chacune comportait une classe contrôle et une classe expérimentale appariées. Dans les classes expérimentales, outre l'introduction des coussins, notre intervention comprenait une éducation posturale. De fait, il a déjà été mis en évidence l'importance de proposer une éducation posturale en parallèle à une modification du mobilier scolaire [22,154,176,177]. Pour cette éducation posturale, être dans un contexte scolaire prend tout son intérêt car les élèves sont plus réceptifs aux informations qu'ils apprennent en classe qu'ailleurs et l'école permet de fournir des rappels quotidiens [22,49,178]. Outre l'apprentissage de la bonne utilisation du coussin, nous avons choisi de baser le programme d'éducation posturale sur une stimulation de l'équilibre et de la proprioception. Ces derniers jouent un rôle essentiel dans l'intégration multi-sensorielle, qui conditionne les capacités d'attention et l'élaboration de fonctions cognitives complexes [73,120,179-181]. L'effet d'un tel enseignement étant renforcé s'il est réalisé de manière régulière, nous avons opté pour des séances de 45 minutes à raison d'une séance par semaine, comme préconisé dans la littérature [177]. En outre, au vu de l'âge de la population concernée, les exercices posturaux ont été amenés de manière ludique sur le thème d'un voyage dans l'espace. Cette approche a convaincu les enfants puisque 100% d'entre eux ont apprécié les séances².

² Pourcentage obtenu via le « questionnaire de satisfaction des élèves » soumis à la fin de l'étude.

I.3.b. Suivi longitudinal : influence du temps

Dans un premier temps, notre suivi longitudinal nous a permis d'investiguer le développement naturel des capacités posturales et cognitives des enfants.

- Capacités « posturales »

Anthropométriquement, les 70 enfants de notre population ont suivi une croissance comparable aux courbes rapportées par l'ONE tout au long de l'étude [182].

Ce développement naturel des enfants a eu une influence sur notre première variable mesurée à savoir l'évaluation de la position assise. En effet, le temps a significativement influencé l'appui des pieds au sol qui s'améliore au fur et à mesure de la croissance des enfants. De fait, le mobilier utilisé tout au long de l'étude (hauteur moyenne de la table : 59 ± 2 cm ; hauteur moyenne de la chaise : 35 ± 2 cm) était de taille excessive pour les enfants au début de l'étude. En effet, les enfants de notre population ne mesuraient en moyenne que 120 cm lors de l'évaluation initiale alors que les normes européennes³ en matière de mobilier scolaire préconisent des tables d'une hauteur comprise entre 53 et 59 centimètres et des chaises entre 31 et 35 centimètres, pour des enfants de ± 7 ans, mesurant ± 124 cm. Une telle inadéquation du mobilier en milieu scolaire est rapportée dans plusieurs autres études [49,55,76]. Utiliser un mobilier adapté à la taille des enfants peut permettre d'améliorer la qualité de la position assise en augmentant simplement l'appui des pieds au sol.

Outre la position assise, cette étude s'est penchée sur la posture statique debout de l'enfant. Deux types d'évaluation ont été réalisés : une analyse du maintien debout dans les plans frontal et sagittal sur photographie et une analyse de l'équilibre debout sur plateforme de force.

Au niveau de l'analyse du maintien, les enfants de notre étude étaient initialement âgés de 6 ans, âge généralement considéré comme un tournant clé sur le plan du développement postural entre le passage de la moyenne enfance (de 2,5 à 6-7 ans) à la grande enfance (de 6-7 ans à la puberté). A cet âge, ils sont soumis à de grandes modifications morphologiques ; les dimensions corporelles s'harmonisent et la différenciation fille-garçon apparaît [183]. Notre analyse sur photographie démontre une évolution du maintien en position debout de l'ensemble des enfants dans le temps, caractérisée par un redressement de la tête, une augmentation de l'antéversion du bassin et un redressement global du corps dans le plan sagittal. A la fin de l'étude, nos enfants se maintenaient donc de manière similaire à une

³ NF EN 1729-1 (D 60-603-1) et NF EN 1729-2 (D 60-603-2) (AFNOR, 2006)

population globale d'enfants prépubères belges [117,129,139]. Ainsi, bien que de grandes diversités aient été observées, ils présentaient un alignement global neutre ainsi qu'une position neutre du complexe lombosacré.

Au niveau posturographique, le temps a également influencé significativement l'équilibre des enfants et ce, de manière flagrante, lors du passage de la première à la seconde primaire. En effet, les stratégies d'équilibration et de contrôle postural changent à cette période. Au cours de la moyenne enfance, l'enfant présente une organisation ascendante du contrôle postural, des pieds vers la tête associée à un mode « en bloc » du tronc et de la tête. A partir de 7 ans néanmoins, l'organisation descendante du contrôle postural réapparaît : la tête redevient, comme lors de la toute petite enfance, la stratégie préférentielle de stabilisation grâce au fonctionnement articulé de l'ensemble tête-tronc [121,122,184]. En outre, il est démontré, à cet âge, une amélioration des stratégies d'intégration sensorielle au niveau du cervelet de sorte que l'enfant se stabilise plus aisément quelles que soient les conditions environnementales [185].

Par ailleurs, le fait de fermer les yeux et/ou d'être en double tâche influence négativement les performances des enfants sur la plateforme de force. Ces constatations rejoignent la littérature [122,184]. En effet, l'utilisation adéquate des inputs visuels pour le contrôle postural semble suffisamment développée à 6-7 ans [185]. La suppression des informations visuelles engendre un raidissement de la personne qui se redirige vers des stratégies d'équilibration « en bloc » moins efficaces [184]. De même, concentration et contrôle postural sont indissociables et nécessitent des mécanismes communs au niveau du cervelet [73,180,181,186]. Plusieurs études ont mis en évidence que lorsqu'une tâche cognitive est ajoutée à la tâche posturale, les stratégies d'équilibration se voient modifiées et les performances sur plateforme altérées dès l'âge de 6-7 ans [137,187-190]. En effet, le contrôle postural n'est pas une aptitude automatique. Des ressources attentionnelles plus ou moins importantes en fonction de l'âge de l'individu et de ses capacités posturales sont requises à plusieurs niveaux : pour intégrer les informations sensorielles, pour sélectionner les informations appropriées en cas de conflit sensoriel et pour s'adapter aux éventuelles perturbations [186,187]. Cet effet de la tâche attentionnelle sur les capacités posturales est par ailleurs majoré lorsque la complexité de la tâche augmente [189-191]. La même tâche ayant été administrée à nos enfants en première et en deuxième primaire, la moins grande altération des capacités posturales sur plateforme de force en « double tâche » en deuxième année peut en partie s'expliquer par le fait que la tâche était moins difficile pour eux lors des évaluations E4 et E5. En outre, les capacités posturales en « double tâche » semblent connaître une amélioration significative vers l'âge de 7-8 ans grâce à une meilleure utilisation des inputs sensoriels et une meilleure intégration cérébelleuse. L'enfant devient

ainsi plus apte à maintenir une bonne stabilité posturale indépendamment des conditions environnementales [185,188].

- Capacités « cognitives » et « comportementales »

De nombreuses études ont montré que dans les écoles traditionnelles, les élèves passent un pourcentage de temps considérable en position assise (>80% de la leçon) [7,20,28,30]. La présente étude confirme, en grande partie, ces résultats pour des enfants inscrits en première primaire. Nos élèves en début de primaire se montraient concentrés à leur tâche un peu moins de 60% du temps contrairement à plus de 80% dans la littérature pour des enfants de deuxième primaire [86,92,98]. Le plus jeune âge des enfants de notre échantillon peut bien évidemment expliquer ce résultat inférieur. L'analyse vidéographique montre une augmentation de la concentration au cours des évaluations. Toutefois, le pourcentage de temps de concentration reste inférieur aux valeurs recensées dans la littérature lors de la deuxième année de notre suivi. Le passage des maternelles aux primaires soumet les enfants à un grand changement dans l'organisation de la journée avec des périodes de concentration plus importantes nécessitant un temps plus ou moins important d'adaptation [192,193]. Cette différence peut également s'expliquer par la manière dont est défini le fait d'être concentré à une tâche et le mode d'acquisition des données : notre évaluation porte sur deux demi-matinées suivies en continu alors que les études susmentionnées enregistraient les enfants sur des périodes plus courtes, le temps d'une leçon, et de manière discontinue. Enfin, les scores obtenus aux différents scores cognitifs se sont également significativement améliorés avec le développement des enfants. En effet, les tests avaient été créés dans le but de permettre un suivi longitudinal et convenir également à des enfants de deuxième primaire. De même, le fait de réaliser les mêmes tests à plusieurs reprises peut expliquer que les enfants soient de plus en plus performants.

I.3.c. Suivi longitudinal : influence de la prise en charge

L'objectif principal de ce suivi longitudinal était d'évaluer l'influence d'une prise en charge avec coussin dynamique tant d'un point de vue « postural », grâce à l'analyse de la qualité de la position assise en classe, des capacités posturales en position debout et des plaintes musculo-squelettiques que d'un point de vue « cognitif et comportemental » à travers l'évaluation du comportement en classe et des capacités cognitives.

- Capacités « posturales »

Globalement, suite à l'introduction du coussin associée à l'éducation posturale (E2), la position assise adoptée par les enfants du groupe expérimental est significativement meilleure par rapport à celle observée dans le groupe contrôle et, est restée plus adéquate jusqu'à la fin du suivi (E5). Par ailleurs, cette amélioration de la position assise dans le groupe expérimental possède une pertinence clinique en se situant au-delà des limites d'agrément calculées pour notre grille d'évaluation (cf. point I. Grille d'observation de la position assise, page 43). La position assise de la plupart des enfants sur mobilier traditionnel est, en effet, non-optimale principalement suite à l'angle droit formé entre l'assise et le dossier de la chaise qui ne permet pas un maintien aisé de la lordose lombaire physiologique. Utiliser le coussin triangulaire a permis de faciliter l'obtention d'un angle de 10-15° entre les cuisses et l'horizontale comme recommandé dans la littérature [101] et ainsi l'antéversion du bassin et le meilleur maintien de la lordose lombaire. L'amélioration de la qualité de la position assise observée dans le groupe expérimental concerne les items « ouverture de l'angle tronc-cuisses », « maintien de la lordose lombaire », « écartement de cuisses » et « appui des pieds au sol ». Ces résultats confirment ceux d'études précédentes dans lesquelles il ressort que la position adoptée sur une assise inclinée [83,194] se rapproche de la position « idéale » décrite dans la littérature [53,65]. A noter que l'éducation posturale associée a peut-être contribué partiellement à l'amélioration de la qualité de la position assise des enfants du groupe expérimental [26,78,104,195]. Concernant l'appui des pieds au sol, si celui-ci se voit amélioré au fur et à mesure que les enfants grandissent, l'amélioration est encore plus importante dans le groupe expérimental. Ce meilleur appui des pieds au sol résultant du coussin, contribuerait à l'amélioration des items « ouverture de l'angle tronc-cuisses », « maintien de la lordose lombaire » et « écartement des cuisses » observée en E3. En effet, l'appui des pieds au sol permet une assise plus stable et rend donc plus facile le maintien d'une position appropriée.

Bien que la qualité de la position assise se soit significativement améliorée tout au long de l'étude pour le groupe expérimental et que cette amélioration ait été confirmée tant par les

institutrices que par les élèves eux-mêmes, le score de 5,4/7 lors de la dernière évaluation indique que cette position n'est pas encore « parfaite ». Il apparaît que les enfants utilisent très rarement leur dossier alors que ce dernier joue un rôle crucial dans la diminution des pressions intra-discales [58,87]. Ce faible résultat peut s'expliquer par le fait que l'analyse de la position assise a été réalisée en majeure partie en position de travail ; les élèves passant près de 60% du temps scolaire en position de travail et donc posté en avant vers le plan de travail [28,88]. Afin d'améliorer la position assise, un dossier ajustable lorsque l'enfant passe d'une position assise de travail à une position d'écoute semble pertinent. De même, utiliser un plan de travail incliné aiderait l'enfant à se redresser et à utiliser davantage son dossier. Enfin, si aucune amélioration du « maintien de la lordose cervicale » n'a été observée, l'utilisation d'un tel plan incliné pourrait améliorer cet item [196-198] même si la colonne cervicale reste un segment très mobile [103,113].

Notre prise en charge ne semble pas avoir influencé le maintien en position debout analysé sur photographie. Ces résultats rejoignent ceux de Koskelo et al. [69] qui n'ont mis en évidence aucune amélioration de la posture debout lors de l'utilisation d'une assise inclinée chez des jeunes toujours en croissance. Toutefois, un réalignement de la colonne vertébrale dans le plan frontal et sagittal serait visible chez de jeunes adultes ayant achevé leur croissance [69]. Notre analyse sur plateforme de force montre un impact positif de la prise en charge sur le paramètre surface en double tâche. A notre connaissance, aucune étude n'avait jusqu'à présent évalué l'influence de la position assise sur l'équilibre debout mais diverses raisons nous avaient permis de penser qu'une telle influence pouvait exister. En effet, outre le fait que notre prise en charge proposait des exercices d'équilibre, le dynamisme induit par le coussin permet une stimulation régulière des systèmes proprioceptif et vestibulaire stimulant ainsi les capacités d'intégration sensorielle au niveau du cervelet de manière régulière [185]. Plusieurs améliorations de l'équilibre sur plateforme de force ont déjà été mises en évidence suite à un traitement d'intégration sensorielle [119,120]. L'amélioration des capacités de concentration également observée suite à notre prise en charge pourrait expliquer que cette amélioration de l'équilibre debout se marque essentiellement en double tâche. L'amélioration significative du paramètre « surface » de notre groupe expérimental étant comprise dans les limites d'agrément de cette variable (cf. point II. *Tests posturaux*, page 54), nous ne pouvons toutefois pas conclure en une réelle amélioration sur le plan clinique.

Enfin, à peu près trente pourcents des enfants des deux groupes se plaignaient de douleurs musculo-squelettiques (dans une ou plusieurs parties du corps) au début de l'étude. Alors que

plusieurs études rapportent des pourcentages similaires [11,12,29,30,199], d'autres avancent une incidence allant de 10 à 50 pourcents, en fonction de la définition donnée aux douleurs musculo-squelettiques et de l'âge des enfants [3,11,12,199]. L'influence du mobilier scolaire sur la prévalence des douleurs musculo-squelettiques et principalement du dos, demeure controversée [1,3]. Nos résultats suggèrent une tendance à la diminution du nombre d'enfants rapportant des douleurs musculo-squelettiques dans le groupe expérimental alors que la prévalence dans le groupe contrôle reste stable tout au long du suivi (~30%). Cette diminution, qui concerne principalement les douleurs au niveau de la nuque et du dos, suggère un impact positif du coussin qui permet, non seulement, un maintien plus facile des courbures physiologiques par l'inclinaison de l'assise qu'il induit [53,65,101], mais également, un dynamisme susceptible de retarder l'inconfort lié aux postures [21,200]. Enfin, deux éléments permettent d'expliquer la diminution des douleurs rapportées au niveau de l'arrière des cuisses : l'utilisation d'un coussin gonflé à l'air entraîne une meilleure répartition des pressions au niveau de l'assise [201] et l'augmentation de l'appui des pieds au sol harmonise la répartition du poids du corps entre les différents appuis réduisant ainsi les pressions ischiatiques [82].

- Capacités « cognitives » et « comportementales »

Plusieurs travaux se sont déjà penchés sur l'évolution des capacités cognitives et du comportement suite à une modification de mobilier scolaire et ont mis en avant de nombreux effets positifs d'une telle prise en charge sur le comportement et les apprentissages d'élèves de l'enseignement primaire. Ainsi, différentes approches statiques et/ou dynamiques ont déjà démontré un impact positif sur les capacités d'attention des enfants en classe et, en conséquence, sur les performances scolaires comme la vitesse de lecture, la compréhension, la concentration et la qualité d'écriture [68,69,87,88]. Toutefois, malgré des résultats prometteurs, la plupart de ces études ont été réalisées sur une population d'enfants présentant des troubles d'intégration sensorielle et, les rares études portant sur une population d'enfants tout-venants n'ont évalué qu'un effet à court terme (2 semaines à 1 mois) sur un petit échantillon (n=8 à 20) [1,39,68,86,87,92]. Notre étude (suivi de deux ans) démontre que les enfants du groupe expérimental sont plus longtemps concentrés sur la tâche et améliorent plus nettement leur score attentionnel. Par ailleurs, le pourcentage de temps passé en position assise étant important (>80%) dès le début de l'étude, aucune modification du pourcentage de temps passé en position debout et/ou du nombre de changement de position n'a été objectivée. Le fait que les enfants du groupe expérimental s'assoient dans une meilleure position, par rapport aux enfants du groupe contrôle, suggère un effet de la prise en charge sur

les capacités attentionnelles. La relation positive et significative entre la qualité de la position assise et le score attentionnel soutient cette hypothèse. A notre connaissance, seule une étude a évalué l'effet à long terme (8 mois) d'un ballon-siège en classe chez 16 enfants de deuxième primaire et aucune influence de ce dernier sur les capacités attentionnelles et le comportement en classe n'a été démontrée à long terme chez l'enfant tout-venant [98].

Notre groupe expérimental s'est montré significativement plus performant dans la partie mathématique de l'épreuve intégrée. Ces résultats rejoignent ceux de Rajotte et al. [202] qui suggèrent que le niveau d'attention sélective constituerait un facteur prédictif du rendement en mathématique notamment dans la résolution de problèmes.

1.3.d. Limites et perspectives

La taille de notre échantillon, composé de seulement six classes, constitue une première limite. En effet, bien que nous ayons sélectionné trois écoles dépendant de juridictions différentes (officielle et non officielle) afin d'être le plus représentatif de la population, poursuivre ces travaux sur un nombre plus important de classes est indispensable pour pouvoir généraliser les résultats. De même, notre étude n'a porté que sur le premier cycle du primaire. Dès lors, il serait utile d'étendre progressivement l'étude à la totalité du primaire voire du secondaire. Les enfants continuant à utiliser le coussin depuis la fin des évaluations, une telle possibilité pourrait parfaitement se concrétiser. De nombreux enfants ayant émis l'envie d'utiliser également un coussin à la maison, une étude complémentaire pourrait analyser l'impact d'une prise en charge à domicile. En outre, intégrer un groupe « placebo », proposant une prise en charge tout autre comme des conseils sur une alimentation saine par exemple, pourrait aussi être intéressant surtout pour l'évaluation des capacités cognitives ; les enfants pouvant se montrer plus performant simplement dû au fait d'être pris en charge. De même, il est possible qu'un effet Pygmalion ait influencé les résultats [203]. En effet, bien qu'aucune explication n'ait été donnée aux enfants sur les attentes que nous avons suite à la prise en charge, les enfants du groupe expérimental ont pu se sentir mieux considérés de sorte que leurs résultats ont pu être positivement influencés.

Concernant le protocole expérimental, une évaluation supplémentaire conduite directement après l'introduction du coussin et avant le début de l'éducation posturale aurait pu s'avérer intéressante pour différencier l'impact spécifique du coussin de celui de l'éducation posturale. Cette dernière conditionnant l'utilisation adéquate du coussin [29,83], cette option n'a pas été retenue. De même, il serait opportun de vérifier que la position adoptée au cours des

évaluations est similaire à celle adoptée au quotidien et de quantifier le temps réel d'utilisation du coussin au quotidien. L'analyse des dessins réalisés par les enfants des deux groupes en fin de suivi suggère toutefois que les enfants du groupe expérimental ont bien intégré l'utilisation du coussin dans leur vie de tous les jours par rapport au groupe contrôle.

Les enfants adoptant une position de travail la majorité du temps [28], notre grille d'observation a été validée pour cette position et nos différentes observations ont été effectuées en position de travail. Pourtant, la position d'écoute fait partie intégrante du bagage postural de l'enfant [29]. Une investigation systématique de ces deux types de position s'avèrerait donc pertinente dans de futures études.

La perception de la douleur constitue un phénomène subjectif et tous les enfants de 6-7 ans ne sont pas encore capables d'exprimer avec précision leurs douleurs [10]. Ainsi, il n'a pas été possible d'analyser l'intensité des douleurs, les enfants ne sélectionnant sur les échelles de douleur que le score minimum ou maximum malgré l'utilisation d'outils adaptés à cette tranche d'âge.

L'analyse du comportement des élèves par l'utilisation d'un questionnaire soumis aux institutrices implique l'influence d'une certaine subjectivité et les résultats qui en ressortent doivent aussi être considérés avec prudence. En effet, l'analyse détaillée a révélé un manque de nuance dans les réponses apportées par les institutrices. Ce questionnaire étant destiné à être complété pour des enfants présentant des troubles neuro-développementaux, les questions ont pu se montrer trop peu sensibles pour des enfants tout-venants.

Notons aussi que l'organisation des journées dans le premier cycle du primaire ne donne aux institutrices que de rares occasions de s'asseoir. Une analyse dans des classes supérieures où les institutrices peuvent passer plus de temps à leur bureau permettrait d'évaluer si l'image de l'adulte a un réel impact sur l'utilisation du coussin par les enfants.

Enfin, alors qu'une des clés pour comprendre le lien entre approche posturale et performances cognitives est l'impact du coussin sur l'activité des muscles posturaux et l'étude du caractère réellement dynamique de l'assise, ces deux points n'ont pu être explorés dans le cadre de cette étude de terrain. Ces éléments ont été évalués lors d'une étude complémentaire sur un sous-groupe d'enfants (cf. point I. *Influence de la prise en charge sur la position assise : analyse biomécanique au sein du LAMH*, page 115).

I.4. CONCLUSION

La présente étude, menée tout au long du premier cycle du primaire, démontre que l'utilisation d'un coussin dynamique combiné à une éducation posturale a un impact bénéfique sur la qualité de la position assise adoptée par les élèves en classe. La prise en charge tend en outre à diminuer les plaintes et/ou les douleurs principalement rachidiennes.

Notre prise en charge montre également une amélioration du comportement en tâche et des capacités attentionnelles. L'impact réel de ces améliorations sur les performances scolaires nécessiterait néanmoins d'être approfondi dans des études ultérieures, de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques à l'enfant pouvant entrer en ligne de compte.

II. Influence du début de prise en charge

A l'heure actuelle, aucun consensus n'existe quant à l'année de prédilection pour entamer une campagne préventive en école primaire et les études sont souvent réalisées sur des enfants de tout âge à partir de 8 ans [1,3]. Afin d'anticiper les mauvaises habitudes, notre suivi principal a porté sur les deux premières années du cycle du primaire. L'objectif de la présente étude, connexe au suivi global, était d'évaluer si des enfants bénéficiant du coussin à partir de la deuxième primaire évoluent différemment de ceux ayant bénéficié du coussin dès la première primaire.

II.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1.a. Présentation de la population

Au début de la seconde année de suivi global, dans une des trois écoles associées au projet, deux classes (une classe expérimentale et une classe contrôle) ont fusionné suite à une réorganisation interne dans l'établissement. Les élèves de l'ancienne classe contrôle ont alors constitué un nouveau groupe nommé groupe mixte (n=17) ayant commencé à bénéficier des coussins dynamiques au début de leur deuxième primaire.

II.1.b. Description du protocole expérimental

Le protocole expérimental est identique à celui de l'étude principale à savoir, cinq évaluations réparties sur deux années scolaires. Ce groupe mixte a été évalué sur le mobilier « traditionnel » tout au long de la première année (E1-3). Au début de la seconde année, les coussins dynamiques leur ont été fournis ainsi qu'une explication concernant leur bonne utilisation. Les évaluations 4 et 5 ont été réalisées sur le coussin.

La batterie de tests et les conditions de passation sont identiques à l'étude principale de même que l'analyse statistique réalisée pour comparer les 3 groupes.

II.2. RESULTATS

II.2.a. Homogénéité des groupes à E1

Les caractéristiques biométriques du groupe mixte à E1 sont reprises dans le tableau ci-dessous et ne diffèrent pas significativement de celles des groupes contrôle et expérimental de l'étude principale ($p > 0,05$).

Tableau 25 : Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) des enfants des groupes mixte ($n=17$), contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) à E1.

Caractéristiques	Groupe mixte	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Âge (années)	6,3 \pm 0,5	6,3 \pm 0,5	6,4 \pm 0,6	0,86
Taille (cm)	119,44 \pm 6,71	119,36 \pm 6,14	119,24 \pm 6,57	0,95
Poids (kg)	24,20 \pm 4,25	22,24 \pm 3,49	23,23 \pm 6,11	0,44
IMC (kg/m ²)	17,55 \pm 2,69	15,58 \pm 1,99	16,17 \pm 2,9	0,37

II.2.b. Suivi longitudinal

Les résultats présentés concernent les paramètres ayant montré une amélioration significative dans le groupe expérimental lors du suivi à savoir : la qualité de la position assise, la proportion d'enfants rapportant des douleurs, la concentration à la tâche et les capacités attentionnelles (Figure 40).

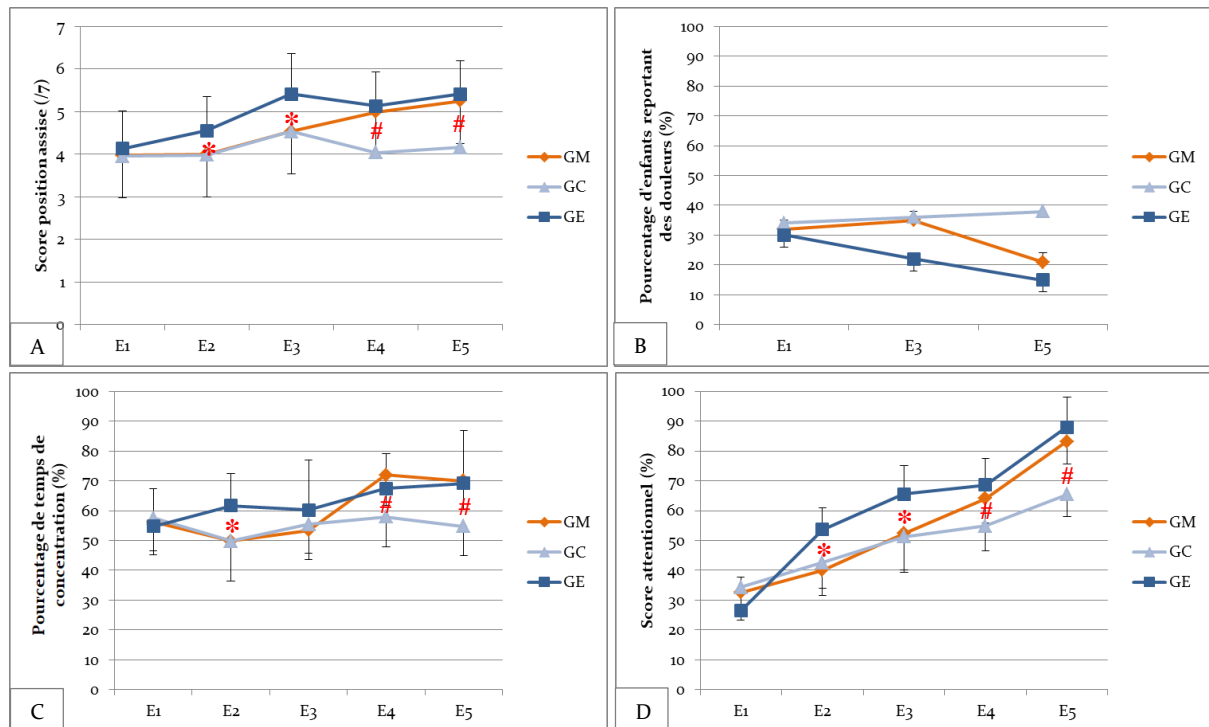


Figure 40 : Evolution de différents paramètres durant l'ensemble du suivi des groupes mixte (GM : n=17), contrôle (GC : n=26) et expérimental (GE : n=44) : A) score (/7) qualifiant la position assise ; B) pourcentage d'élèves rapportant des douleurs ; C) pourcentage de temps de concentration à la tâche et D) score attentionnel (*GE significativement différent de GC et GM). (#GE et GM significativement différents de GC).

La Figure 40 indique que le groupe mixte obtient des résultats similaires au groupe contrôle au cours de la première année (E1-E3) puis rejoint les scores du groupe expérimental dès le début de la seconde année (E4). Ainsi, alors que les enfants du groupe expérimental avaient obtenu, comparativement aux enfants du groupe mixte et contrôle, un score de position assise supérieur aux évaluations 2 et 3, la qualité de la position assise du groupe mixte s'est améliorée dès l'introduction des coussins (E4) de sorte que groupe expérimental et groupe mixte obtiennent des scores comparables dès E4 (Figure 40, Panneau A). L'analyse détaillée des items de la fiche d'observation a démontré que l'introduction des coussins dans le groupe mixte induit directement un angle tronc-cuisses plus ouvert, un meilleur maintien de la lordose lombaire et un écartement des cuisses. Par contre, on constate peu de changements pour les

paramètres lordose cervicale, appui des membres supérieurs et utilisation du dossier de la chaise.

Les plaintes musculo-squelettiques rapportées par le groupe mixte ne diminuent qu'au terme de la seconde année (alors qu'elles diminuent dès E₃ pour le groupe expérimental (Figure 40, Panneau B). A E₅, les plaintes du groupe mixte restent légèrement supérieures à celle exprimées par le groupe expérimental.

L'analyse des capacités de concentration des enfants (Figure 40, Panneau C) met en évidence, pour les enfants du groupe mixte, une augmentation du temps de concentration dès l'introduction des coussins (E₄) avec des pourcentages qui se rapprochent de ceux mesurés dans le groupe expérimental (~70%). Le groupe contrôle quant à lui conserve de plus faibles pourcentages de temps de concentration (~55%). Pour le score attentionnel (Figure 40, Panneau D), le groupe expérimental montre une amélioration significative lors des évaluations E₂ et E₃. Le groupe mixte présente une amélioration significative à E₄ (introduction des coussins) caractérisée par des résultats similaires à ceux du groupe expérimental en E₄ et E₅.

II.3. DISCUSSION

Aucun consensus n'étant établi, la présente étude voulait préciser le moment optimal pour débiter une campagne de prévention.

Globalement, cette étude démontre que le coussin dynamique entraîne un effet immédiat qu'il soit introduit en première ou en deuxième primaire et ce, tant sur la qualité de la position assise que sur les capacités de concentration. Cet effet instantané confirme des données de la littérature qui relatent de tels progrès suite à une adaptation « statique » ou « dynamique » du mobilier [62,67,68,80,86,96,100,204]. Contrairement à ce qui est généralement préconisé [87,177], nos résultats suggèrent qu'une éducation posturale intensive de longue durée ne soit pas nécessaire pour une bonne utilisation du coussin. En effet, alors que 12 séances d'éducation posturale avaient été prodiguées aux enfants du groupe expérimental durant leur trois premiers mois d'utilisation, l'introduction des coussins dans le groupe mixte a été accompagnée d'une seule et unique séance explicative. Il importe toutefois de rappeler qu'au moment de l'introduction du coussin, les enfants du groupe expérimental (éducation posturale intensive) étaient plus jeunes d'un an que ceux du groupe mixte (éducation posturale brève). Aucun élément ne nous permet d'affirmer ou d'infirmer que plusieurs séances d'éducation posturale sont essentielles pour la bonne intégration du coussin pour des enfants de première

primaire. Quoi qu'il en soit, une utilisation adéquate et bénéfique d'un coussin dynamique semble compatible avec une brève éducation posturale (une séance explicative) au niveau du premier cycle du primaire. Ainsi, des campagnes de prévention à grande échelle, qui ne seraient chronophages ni pour les instructeurs ni pour le personnel enseignant, sont envisageables.

II.4. CONCLUSION

La présente étude suggère que l'introduction du coussin dynamique associée à une brève éducation posturale a un effet instantané sur la qualité de la position assise ainsi que sur les capacités de concentration des élèves.

III. Influence de la prise en charge chez l'enfant présentant des troubles de l'attention

Alors que notre projet principal a porté sur une population d'enfants tout-venants, la plupart des études évaluant l'efficacité d'une modification du mobilier scolaire sur le comportement en classe et les capacités attentionnelles concernent des enfants présentant des troubles de l'attention avec ou sans hyperactivité [67,91,96,98] ou encore des enfants souffrant d'autres troubles d'intégration sensorielle tels que l'autisme [74,153,205]. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'intérêt d'un coussin dynamique dans une population d'enfants présentant des troubles de l'attention.

III.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

III.1.a. Présentation de la population

Quatorze enfants de première, deuxième ou troisième primaire issus d'écoles de l'enseignement ordinaire ont participé à cette étude avec leur consentement et celui de leurs parents. Parmi ceux-ci, 7 enfants présentaient des troubles de l'attention objectivés par un bilan neuropsychologique et ont constitué le groupe expérimental dit « TA ». Les critères d'inclusions étaient des performances inférieures à la norme pour au moins trois tests neuropsychologiques. En outre, des comportements d'hyperactivité devaient être observés durant le bilan et désignés par les parents via la version pour parents du questionnaire de comportement « Connors ». Ces enfants ne bénéficiaient par ailleurs d'aucune autre prise en charge en parallèle (neuropsychologique, logopédique) et n'étaient pas sous traitement médicamenteux (Rilatine). Pour chacun d'entre eux, un élève de même sexe et de la même classe a servi de contrôle de sorte que les enfants des deux groupes ont pu être appariés deux à deux en tenant compte de l'âge, du sexe, de l'école et du niveau socio-culturel. Au final, l'étude a porté sur 4 binômes masculins et 3 féminins.

III.1.b. Description du protocole expérimental

Le protocole expérimental a consisté en un suivi de trois mois au cours desquels les enfants ont été soumis à une évaluation initiale (E1) et une évaluation finale (E2). A E1, les deux groupes ont été évalués sur le mobilier « traditionnel » présent dans les classes. Après cette première

évaluation, le coussin dynamique a été fourni aux enfants du groupe TA ainsi qu'une brève explication sur la manière de l'utiliser. La seconde évaluation (E2) a été réalisée sur le même mobilier; les sujets du groupe TA bénéficiant en plus du coussin (Figure 41).

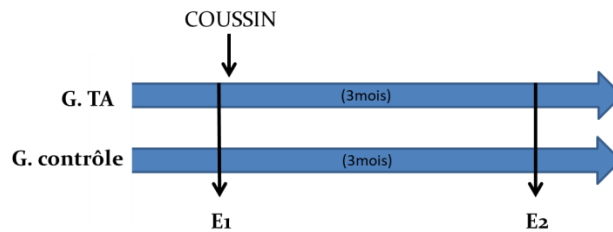


Figure 41 : Représentation schématique du protocole expérimental.

Dans les deux groupes et lors des deux évaluations, les enfants ont été soumis à certaines parties de la batterie d'évaluation mise en place et validée pour l'étude principale (cf. partie *Mise en place et étude des qualités métrologiques de la batterie de tests*, page 39) à savoir, l'équilibre sur plateforme de force en condition yeux ouverts, yeux fermés et double tâche, les capacités attentionnelles et le comportement en classe évalués par vidéo et par questionnaire. Une session d'évaluation s'étalait sur une demi-journée ; le comportement en classe était évalué par enregistrement vidéo tout au long de la matinée tandis que l'équilibre sur plateforme de force et les capacités attentionnelles étaient évalués pendant la récréation.

III.1.c. Traitement des données

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel statistique *R* 3.3.2. Les différentes moyennes, les écarts-type, les extrêmes et les pourcentages ont été calculés via des statistiques descriptives et des tables de fréquence.

Après vérification de la normalité des données, un test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillon apparié a permis de comparer l'évolution des deux groupes entre les deux évaluations.

L'ensemble des résultats obtenus ont été considérés comme significatifs lorsque la *p*-value était inférieure à 0,05 ($p < 0,05$).

III.2. RESULTATS

III.2.a. Homogénéité des groupes à E1

Quatorze enfants ont été inclus dans cette étude. L'analyse statistique montre qu'au début de l'étude, les groupes sont anthropométriquement similaires (Tableau 26).

Tableau 26 : Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) des enfants des groupes contrôle ($n=7$) et TA ($n=7$) à E1 (* $p < 0,05$).

Caractéristiques	Groupe contrôle	Groupe TA	p
Âge (années)	8,2 \pm 0,4	8,1 \pm 0,6	0,86
Taille (cm)	131,5 \pm 5,86	133,81 \pm 6,44	0,95
Poids (kg)	28,3 \pm 5,23	29,4 \pm 8,81	0,44
IMC (kg/m ²)	16,21 \pm 2,56	17,41 \pm 3,95	0,37

III.2.b. Influence de la prise en charge

- Equilibre statique sur plateforme de force

L'équilibre statique a été évalué sur plateforme de force dans trois conditions : les yeux ouverts, les yeux fermés et en double tâche.

L'analyse statistique démontre une influence significative de notre prise en charge sur les paramètres « Longueur xy » ($p=0,01$) et « Surface » ($p=0,02$) uniquement en condition double tâche. En effet, ces paramètres diminuent de manière significative dans le groupe TA de sorte qu'ils rejoignent les performances du groupe contrôle lors de l'évaluation finale (Figure 42).

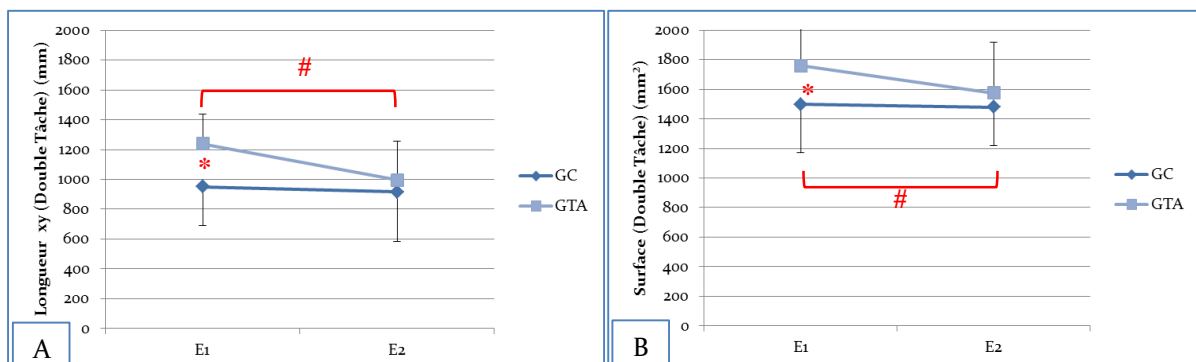


Figure 42 : Evolution des paramètres « Longueur xy » (A) et « Surface » (B) en condition double tâche obtenus par les élèves des groupes contrôle (GC : $n=7$) et TA (GTA : $n=7$) au cours des deux évaluations (E1 et E2).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).

(* : différence significative entre les deux groupes).

- Comportement en classe

a) Analyse vidéo

L'analyse vidéo a permis d'évaluer différents paramètres afin d'estimer le comportement adopté par les enfants en classe.

Suite à la prise en charge, les enfants du groupe TA passent significativement davantage de temps en position assise qu'avant ($p=0,04$) et changent moins régulièrement de position au cours de la matinée ($p=0,04$) (Figure 43).

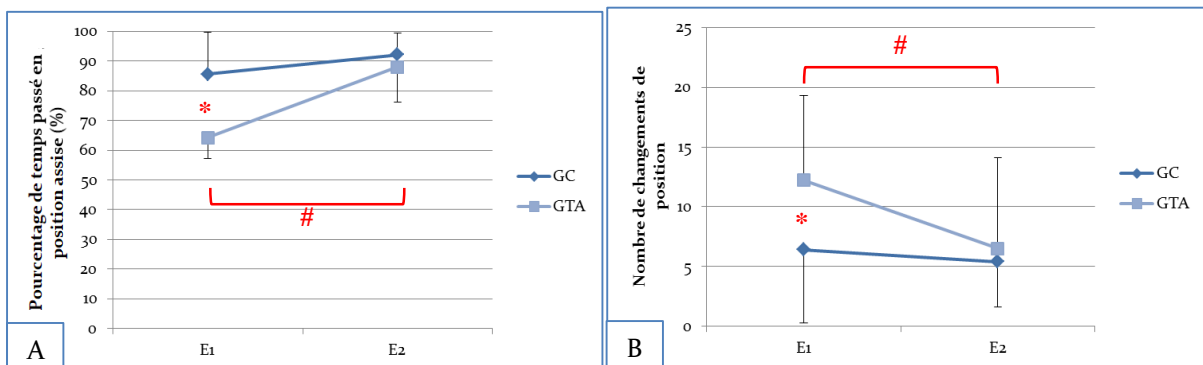


Figure 43 : Evolution du pourcentage de temps passé en position assise (A) et du nombre de changements de position (B) dans les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).
 (* : différence significative entre les deux groupes).

En outre, les enfants du groupe expérimental passent significativement plus de temps concentrés à la tâche suite à la prise en charge ($p<0,0001$) et se rapprochent ainsi du temps de concentration du groupe contrôle (Figure 44).

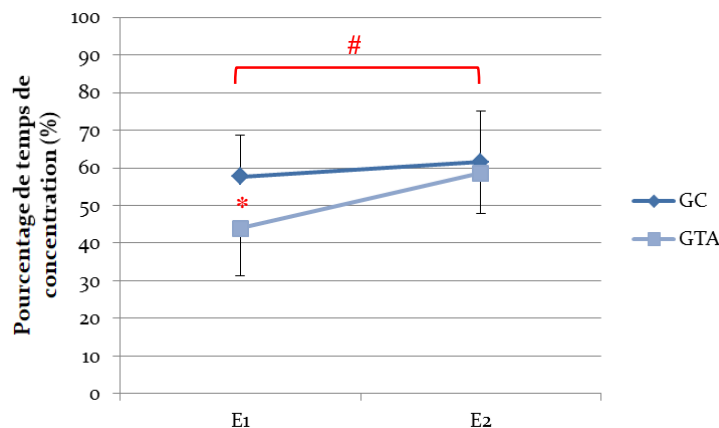


Figure 44 : Evolution du temps de concentration pour les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).
 (* : différence significative entre les deux groupes).

b) Analyse par questionnaire

L'analyse statistique comparant les résultats du questionnaire BRIEF à E1 et E2 a mis en évidence une diminution significative des scores dans le groupe TA. Alors que les sujets de ce groupe présentaient des scores significativement plus élevés que les sujets du groupe contrôle à E1, les scores des deux groupes sont devenus similaires à E2 (Figure 45).

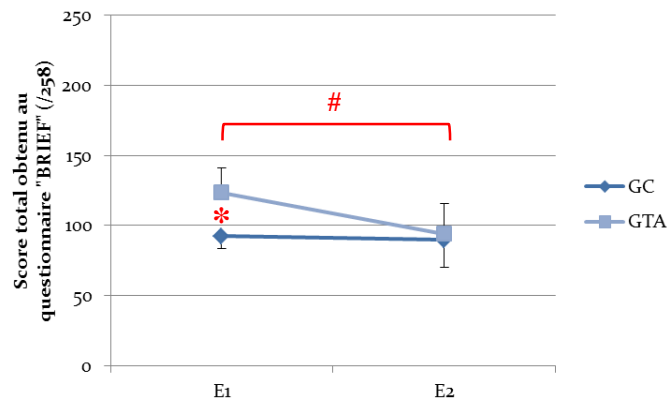


Figure 45 : Evolution du score total obtenu au questionnaire « BRIEF » pour les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).

(* : différence significative entre les deux groupes).

L'analyse détaillée de ce questionnaire indique que l'amélioration se marque principalement au niveau des sous-totaux « Inhibition » ($p=0,03$), « Flexibilité » ($p=0,02$), « Contrôle émotionnel » ($p=0,04$), « Mémoire de travail » ($p=0,001$) et « Contrôle » ($p=0,01$).

En outre, tant les institutrices que les parents soulignent que les enfants du groupe TA sont plus attentifs durant les leçons et devoirs et qu'ils sont moins fatigués en fin de journée.

- Capacités attentionnelles

Alors qu'une différence significative entre les deux groupes est marquée au début de l'étude, le groupe TA s'améliore significativement suite à la prise en charge ($p=0,007$) et obtient à la fin de celle-ci un score proche de celui du groupe contrôle (Figure 46).

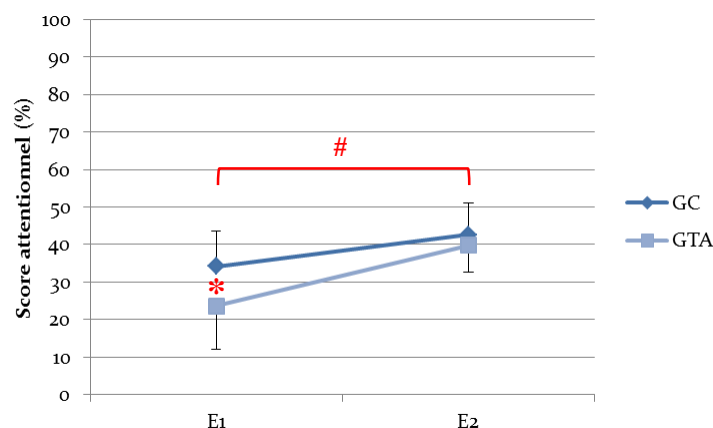


Figure 46 : Evolution du score attentionnel pour les groupes contrôle (GC : n=7) et TA (GTA : n=7) au cours des deux évaluations (E1 et E2).

(# : évolution entre deux évaluations significativement différente entre les deux groupes).

(* : différence significative entre les deux groupes).

III.3. DISCUSSION

Ces dernières années, le nombre d'enfants présentant des troubles attentionnels n'a cessé d'augmenter. De nos jours, environ 5% des enfants en âge scolaire présentent des troubles de l'attention associés ou non à de l'hyperactivité [150] et un tiers d'entre eux finit par être déscolarisé [96]. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'influence d'une prise en charge sur coussin dynamique chez l'enfant présentant des troubles de l'attention. Diverses interventions en classe existent pour améliorer le comportement et la concentration de ces enfants et peuvent être classées en trois catégories pouvant être combinées [206] :

- a) les interventions basées sur l'adaptation de ce qui est déjà en place dans la classe (environnement, mobilier, tâche, instruction) ;
- b) les interventions qui prônent le renforcement positif ;
- c) les interventions qui tentent de développer des compétences d'autorégulation et d'autocontrôle.

Notre prise en charge s'est axée sur le premier type d'intervention et, plus spécifiquement, sur une approche d'intégration sensorielle focalisée sur la position assise [206,207]. Bien qu'il existe plusieurs profils différents, un grand nombre d'enfants présentant des troubles de l'attention semble présenter des troubles de l'intégration des stimuli sensoriels [150,208]. Leur offrir des stimulations proprioceptives et vestibulaires supplémentaires peut donc les aider à se concentrer. L'étude de Pfeiffer et al., réalisée sur coussin dynamique avec un échantillon plus important (n=63), a montré une amélioration à court terme (deux semaines) du comportement des enfants présentant des troubles de l'attention qui avaient bénéficié du coussin [67]. Notre

étude semble confirmer ces résultats et montre en outre un bénéfice à plus long terme. En effet, alors qu'ils avaient montré des performances inférieures lors de la première évaluation, une amélioration du comportement et des capacités d'attention du groupe TA est observée lors du suivi à trois mois ; les enfants de ce groupe obtenant même des résultats se rapprochant de ceux obtenus par les enfants sans trouble de l'attention. De pareilles diminutions des signes d'hyperactivité (changements fréquents de position, bavardage) et des améliorations de la concentration à la tâche et des performances scolaires de manière générale sont également rapportées dans plusieurs études réalisées sur ballon siège [91,96,206]. Des résultats similaires ont d'ailleurs aussi été décrits chez des enfants souffrant d'autres troubles d'intégration sensorielle tels que l'autisme [74,153,205].

La littérature relate que les enfants présentant des troubles de l'attention ou autres troubles de l'intégration sensorielle présentent un moins bon équilibre et ce, principalement en double tâche [130,209,210]. Notre test sur plateforme de force confirme des performances altérées à E1 dans notre groupe TA. L'amélioration observée dans ce groupe, suite à l'utilisation du coussin, concorde avec les résultats d'études préalables qui ont mis en évidence chez les enfants dyslexiques, une amélioration de l'équilibre sur plateforme de force suite à un traitement sensoriel [119,120]. L'amélioration des capacités de concentration observée par Quercia et al. [119], et confirmée suite à notre prise en charge peut expliquer en partie l'amélioration de l'équilibre en double tâche. Enfin, tant les institutrices que les parents soulignent une diminution notoire de la fatigue des enfants en fin de journée. Ce constat corrobore plusieurs études selon lesquelles une position redressée et dynamique tend à diminuer les dépenses énergétiques de l'organisme et à stimuler l'éveil [67,84].

III.3.a. Limites et perspectives

Poursuivre le suivi à plus long terme et augmenter l'échantillon en y incluant un groupe témoin présentant également des troubles de l'attention semble essentiel pour pouvoir confirmer ces résultats prometteurs. Alors que la plupart des études n'incluaient aucun groupe contrôle, le nôtre, constitué d'enfants tout-venants, nous a permis de mettre en évidence une « normalisation » des résultats obtenus par les enfants du groupe TA suite à notre prise en charge de trois mois. La présente étude s'est concentrée sur les troubles de l'attention et du comportement. Toutefois, les troubles du traitement sensoriel ont des répercussions dans bien d'autres domaines tels que la participation sociale, le sommeil, les activités quotidiennes et le jeu [172]. Investiguer ces autres domaines pourrait s'avérer intéressant afin d'évaluer l'impact

du coussin de manière plus générale. Enfin, l'étude pourrait s'étendre sur l'ensemble des élèves de la classe. En effet, prendre en charge un enfant sujet à des troubles de l'attention semble avoir un impact bénéfique sur l'ensemble de la classe, enseignant compris et les résultats se montrent encore meilleurs si les camarades bénéficient également de la prise en charge [206]. Dans le cadre de cette étude complémentaire, les enfants sans trouble de l'attention n'ont pas utilisé le coussin mais notre projet principal s'inscrit dans une approche plus collective.

III.4. CONCLUSION

La présente étude fournit des résultats prometteurs quant à l'utilisation d'un coussin dynamique sur le comportement et les capacités attentionnelles en classe chez des enfants présentant des troubles de l'attention. Poursuivre les recherches sur un échantillon plus important et avec un groupe contrôle présentant des troubles de l'attention est nécessaire pour confirmer ces résultats.

ÉTUDES DE LABORATOIRE :

INFLUENCE DE LA PRISE EN CHARGE AU NIVEAU BIOMÉCANIQUE ET PROPRIOCEPTIF

I. Influence de la prise en charge sur la position assise : analyse biomécanique au sein du LAMH

La grille d'observation utilisée dans le suivi principal, nous a permis d'apprécier l'influence du coussin dynamique sur la position assise des enfants. Toutefois, cette analyse reste très générale et le dynamisme réel apporté par le coussin n'a pas pu être étudié. A côté de l'analyse de terrain réalisée dans les classes, une analyse rigoureuse et complète de la position assise s'avérait nécessaire et a été réalisée en laboratoire (Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain de l'Université de Liège) au cours de la seconde année de suivi (février-mars 2016).

Concrètement, les objectifs de cette étude étaient de comparer de manière multiparamétrique (analyses tridimensionnelle, électromyographique et dynamométrique) la position assise avec et sans coussin chez des enfants utilisant quotidiennement le coussin par rapport à des enfants ne l'ayant jamais utilisé.

Cette étude a fait l'objet de la publication suivante :

*

*T. Fettweis, M.N. Onkelinx, C. Schwartz, C. Demoulin, J.L. Croisier, M. Vanderthommen.
Relevance of adding a triangular dynamic cushion on a traditional chair: A 3D-analysis of seated
schoolchildren. Clinical Biomechanics 49 (2017) 113–118.*

*

I.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

I.1.a. Présentation de la population

Quinze enfants du groupe expérimental ayant participé à notre suivi principal (cf. point *I. Influence de la prise en charge lors du premier cycle de l'enseignement primaire*, page 73) se sont portés volontaires avec le consentement de leurs parents pour participer à cette étude. Au moment de l'étude, ces enfants étaient en deuxième primaire et utilisaient quotidiennement le coussin *Movin'Sit*® depuis un an et demi.

Un groupe contrôle, composé de 15 enfants de deuxième primaire ne faisant pas partie du projet de base, a été inclus dans cette étude. Ces participants étaient volontaires et avaient le consentement de leurs parents pour y participer.

I.1.b. Description du protocole expérimental

Le protocole expérimental s'est déroulé au sein de Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain (LAMH). Il a consisté en une séance d'environ une heure durant laquelle la position assise des enfants a été analysée sur un mobilier scolaire traditionnel répondant aux normes européennes⁴ pour des enfants de cet âge (hauteur de banc= 63 cm et hauteur de chaise = 39 cm) combiné ou non à un coussin dynamique triangulaire.

- **Déroulement du test**

Après une première prise de contact et la préparation de l'enfant (cf. ci-dessous), celui-ci avait pour consignes de s'asseoir sur le mobilier et de compléter un cahier d'exercices ludiques durant 15 minutes dans deux conditions différentes : avec et sans ajout du coussin dynamique. Afin d'éviter un biais d'« entraînement », l'ordre des conditions a été randomisé à l'aide d'un dé et une période de cinq minutes de déplacement libre séparait les deux conditions. Dans chaque condition, sept enregistrements de 15 secondes ont été réalisés à raison d'un enregistrement toutes les deux minutes de façon à explorer l'évolution de la position assise dans le temps.

⁴ NF EN 1729-1 (D 60-603-1) et NF EN 1729-2 (D 60-603-2) (AFNOR 2006)



Figure 47 : Illustration de la position assise d'un sujet dans les conditions expérimentales sans et avec le coussin triangulaire dynamique.

- Acquisition et exploitation des données

Lors de chaque enregistrement, trois types de mesures ont été réalisés afin d'obtenir une analyse multiparamétrique la plus complète possible de la position assise des enfants : une analyse vidéoscopique tridimensionnelle, une analyse électromyographique et une analyse dynamographique.

Analyse tridimensionnelle : Un système optoélectronique tridimensionnel (*Codamotion*TM, Charnwood Dynamics, Rothley, UK) a été utilisé pour mesurer les caractéristiques de la position assise. La position tridimensionnelle de la tête, du tronc, du bassin et des jambes des enfants a été analysée à l'aide de 21 marqueurs (deux sur la tête, sept le long de la colonne vertébrale, quatre sur le bassin et quatre sur chaque membre inférieur (Figure 48)) et de quatre unités *Cadamotion CX1*. La fréquence d'acquisition était de 100Hz.

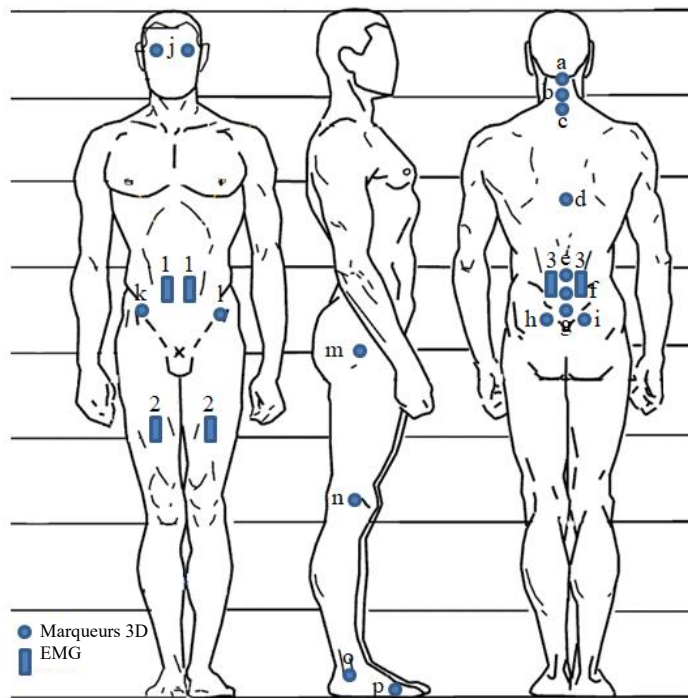


Figure 48 : Placement des marqueurs 3D (a=occiput; b=sommet de la courbure cervicale; c=C7/D1; d=sommet de la courbure dorsale; e=D12/L1; f= sommet de la courbure lombaire; g=L5/S1; h-i=EIPS; j=yeux; k-l=ELIAS; m=trochanter; n= interligne articulaire du genou; o=malléole; p=5^{ème} métacarpien) et des capteurs EMG (1=abdominaux⁵; 2=quadriceps⁶; 3=paravertébraux lombaires⁷).

Ces capteurs de mouvement ont permis de mesurer différents angles (°)(Figure 49) :

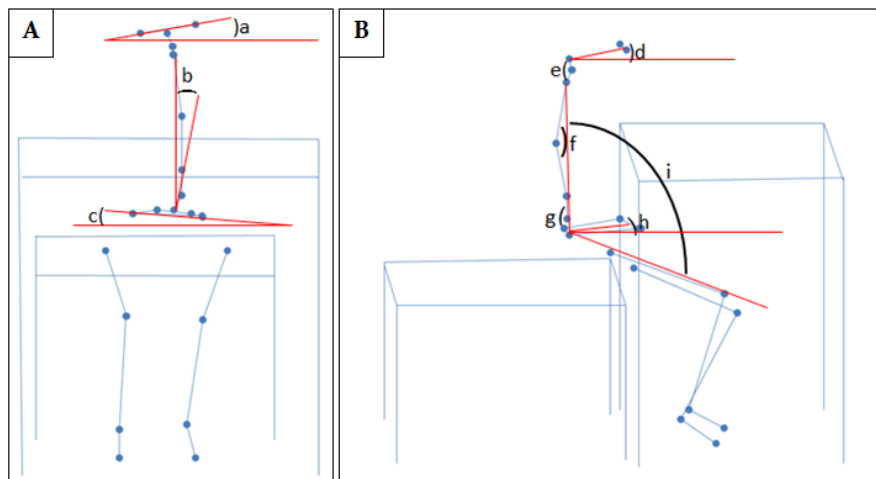


Figure 49 : Illustration des différents angles mesurés dans le plan frontal (A) et le plan sagittal (B) respectivement (a=inclinaison de la tête; b=inclinaison du tronc; c=inclinaison du bassin; d=flexion de la tête; e=lordose cervicale; f=cyphose dorsale; g=lordose lombaire; h=bascule du bassin; i=angle tronc-cuisses).

⁵ Position capteurs EMG abdominaux : 3 cm au-dessous de l'ombilic

⁶ Position capteurs EMG quadriceps : 10 cm au-dessus du bord supérieur de la rotule

⁷ Position capteurs EMG paravertébraux lombaires : à hauteur de L3

- a) Angle d'inclinaison de la tête : angle entre le plan du regard (ligne joignant les deux yeux) et l'horizontale.
- b) Angle d'inclinaison du tronc : angle entre la ligne joignant C7/D1 et L5 et la normale au plan du bassin délimité par les 4 épines iliaques.
- c) Angle d'inclinaison du bassin : angle entre le plan du bassin (ligne joignant les repères EIAS gauche et droit) et l'horizontale.
- d) Angle de flexion de la tête : angle entre le plan délimité par les capteurs C7, œil gauche et droit et l'horizontale.
- e) Angle de courbure cervicale : angle dessiné grâce aux capteurs occiput, sommet de la courbure cervicale et C7/D1.
- f) Angle de courbure dorsale : angle dessiné grâce aux capteurs C7/D1, sommet de la courbure dorsale et D12/L1.
- g) Angle de courbure lombaire : angle dessiné grâce au capteur D12/L1, sommet de la courbure lombaire et L5.
- h) Angle de bascule du bassin : angle entre l'horizontale et la ligne joignant l'EIAS et l'EIPS; il est considéré positif lorsque l'EIAS est inférieur à l'EIPS.
- i) Angle tronc-cuisses : angle entre la ligne joignant C7/D1 et L5 et celle joignant le grand trochanter et l'interligne articulaire du genou.

Les angles moyens ont été calculés pour chaque période d'enregistrement de 15 secondes. En outre, le dynamisme de la position assise a été évalué grâce au calcul de l'écart-type de chaque paramètre durant les 15 secondes d'enregistrement (un écart-type important indiquant plus de mouvement de part et d'autre de la position moyenne).



Analyse électromyographique : L'activité musculaire des muscles paravertébraux lombaires, abdominaux et quadriceps a été mesurée grâce à 6 électrodes EMG (Trigno, Delsys, Massachusetts, USA) placées en accord avec les recommandations de Halaki et Ginn [211] (Figure 49).

Les électrodes placées, les sujets ont été soumis à un test spécifique au muscle évalué au cours duquel l'activité EMG maximale (contraction maximale volontaire = CMV) a été enregistrée de façon à pouvoir normaliser l'activité EMG mesurée lors de notre analyse de la position assise. Au préalable, un échauffement, consistant en un exercice dynamique impliquant spécifiquement le muscle à évaluer, a été réalisé ainsi que trois contractions isométriques sous-maximales dans des conditions identiques au test. L'évaluation de la CMV a consisté en trois contractions isométriques maximales de cinq secondes avec deux minutes de repos entre

chaque essai pour éviter une accumulation de fatigue [212]. Pour chaque évaluation de la CMV, les enfants devaient exercer une force aussi forte que possible et étaient encouragés verbalement par l'examineur. La CMV de chaque muscle a été définie comme la plus haute intensité d'activité EMG obtenue au cours des trois essais.

Le détail de réalisation du test maximal pour chaque muscle est repris dans le Tableau 27 ci-dessous.

Tableau 27 : Conditions de passation du test évaluant la contraction maximale volontaire des muscles paravertébraux lombaires, abdominaux et quadriceps.

Paravertébraux lombaires	
Position :	Décubitus ventral avec les bras tendus vers l'avant
Consigne :	Forcer au maximum contre la résistance de l'expérimentateur pour essayer de décoller de la table les membres inférieurs, les bras, les épaules et le thorax
Résistance :	Entre les omoplates et sur la face postérieure des cuisses
	
Abdominaux	
Position :	Décubitus dorsal sur une table avec dossier incliné à 30°. Les bras sont tendus vers l'avant
Consigne :	Forcer au maximum contre la résistance de l'expérimentateur pour essayer de se redresser
Résistance :	Sur le thorax et sur les chevilles
	

Quadriceps

Position :	Assis en débord de table, jambe à la verticale. Saisir avec les mains l'avant de la table pour maintenir son équilibre
Consigne :	Forcer au maximum contre la résistance de l'expérimentateur pour essayer de tendre le genou
Résistance :	A l'extrémité inférieure du tibia et sur la cuisse



NB Membres inférieurs gauche et droit évalués successivement

Durant l'analyse de la position assise, la fréquence d'acquisition EMG était de 1000Hz. Les données brutes récoltées ont d'abord été filtrées numériquement à l'aide d'un filtre Butterworth d'ordre 4 à phase nulle avec des fréquences de coupure fixées à 10 et 500 Hz. La racine carrée moyenne des données a ensuite été calculée à l'aide d'une fenêtre temporelle de 100 ms. L'amplitude de l'activité des muscles a été exprimée en pourcentage de celle mesurée lors de la CMV ; celle-ci constituant la référence la plus fiable pour comparer l'activité musculaire de différentes personnes [211]. La durée d'activation du muscle a été définie comme la durée durant laquelle le muscle est actif à plus de 5% de la CMV [213].

Analyse dynamographique : La force exercée sur le sol par les pieds a été mesurée à l'aide d'une plateforme de force de 60 x 40 cm (Kisler™ type 9281 EA, Kisle AG, Suisse). La fréquence d'acquisition de la plateforme était de 1000Hz. La moyenne de la force réactionnelle verticale du sol acquise durant les 15 secondes d'enregistrement a ensuite été normalisée en fonction du poids respectif de chaque enfant.

I.1.c. Traitement des données

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel statistique R 3.3.2. Les différentes moyennes, les écarts-type, les extrêmes et les pourcentages ont été calculés via des statistiques descriptives et des tables de fréquence.

Après vérification de la normalité des données, une analyse de la variance (ANOVA) pour mesures répétées a permis d'analyser l'effet du temps et des tests T de Student ont été réalisés

afin de comparer la position assise des enfants des deux groupes dans les deux conditions (avec et sans le coussin).

L'ensemble des résultats obtenus ont été considérés comme significatifs lorsque la p-value était inférieure à 0,05 ($p < 0,05$).

I.2. **RESULTATS**

I.2.a. **Homogénéité des groupes**

Trente enfants de huit ans ont été inclus dans cette étude (15 sujets dans chaque groupe). Aucune différence significative entre les groupes n'a été observée en termes de caractéristiques biométriques (Tableau 28).

Tableau 28 : Caractéristiques biométriques ($m \pm ET$) des enfants des groupes contrôle ($n=15$) et expérimental ($n=15$).

Caractéristiques	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Âge (années)	7,8 \pm 0,4	7,7 \pm 0,6	0,97
Taille (cm)	128,8 \pm 5,8	129,7 \pm 6,4	0,94
Poids (kg)	26,9 \pm 5,2	29,6 \pm 8,8	0,67
IMC (kg/m ²)	16,2 \pm 2,5	17,4 \pm 3,9	0,61

La comparaison de nos deux groupes aux enfants participant au suivi longitudinal principal n'a en outre mis en évidence aucune différence.

I.2.b. **Influence du temps sur la position assise**

La position assise des 30 enfants a été enregistrée durant 7 périodes de 15 secondes sur chacun des deux types de mobilier.

- Analyse tridimensionnelle

Le tableau 29 résume l'évolution des angles mesurés en fonction du temps.

Tableau 29 : Evolution des angles mesurés (°) ($m \pm ET$) durant les 7 enregistrements (E1-7) dans les deux conditions (avec et sans coussin) (n=30).

Angle	Condition	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	p
Inclinaison de la tête	Avec coussin	6,6±6,3	8,5±7,1	5,2±5,0	8,6±9,1	9,3±7,9	7,7±8,1	7,2±8,2	0,99
	Sans coussin	7,4±6,6	6,8±6,9	7,9±7,4	7,6±6,7	8,8±8,7	8,8±8,2	6,4±5,9	0,97
Inclinaison du tronc	Avec coussin	4,4±5,2	3,7±4,6	3,3±4,5	3,8±3,4	3,7±3,7	5,8±9,4	3,6±4,8	0,89
	Sans coussin	4,3±3,9	3,5±3,1	4,5±3,0	3,9±3,9	4,8±4,4	4,7±4,1	4,4±4,3	0,92
Inclinaison du bassin	Avec coussin	3,8±3,9	3,7±4,5	3,4±3,3	3,9±3,6	3,9±3,8	4,9±8,3	2,5±2,8	0,84
	Sans coussin	3,9±2,8	3,4±3,1	3,3±3,1	3,9±4,0	4,0±3,8	3,7±2,9	3,3±3,7	0,87
Flexion de la tête	Avec coussin	20,1±11,8	21,6±11,8	19,8±12,2	20,1±13,1	20,4±13,6	20,6±11,7	19,2±11,4	0,99
	Sans coussin	17,0±10,9	18,0±11,2	18,7±11,5	18,9±12,0	16,2±10,8	18,3±10,5	17,5±10,9	0,93
Courbure cervicale	Avec coussin	146,4±66,5	140,3±66,7	143,9±63,9	149,1±40,4	155,4±30,2	147,5±62,2	139,2±66,3	0,63
	Sans coussin	134,1±65,1	138,5±64,2	133,4±62,1	133,9±65,9	127,9±67,4	135,8±69,3	128,8±67,7	0,69
Courbure dorsale	Avec coussin	158,2±8,0	157,9±8,4	158,7±8,8	156,5±7,2	157,9±7,3	158,2±7,52	158,4±9,9	0,89
	Sans coussin	160,0±7,8	160,1±8,4	160,7±7,9	161,2±8,8	163,0±9,1	161,8±8,12	162,2±9,4	0,93
Courbure lombaire	Avec coussin	178,1±10,7	178,9±11,6	177,2±11,6	179,7±10,4	179,6±9,7	178,1±9,5	180,0±12,3	0,96
	Sans coussin	184,7±17,0	183,9±15,4	184,0±14,3	184,9±11,8	185,3±12,2	186,3±11,0	184,7±11,2	0,97
Bascule du bassin	Avec coussin	1,2±36,9	-0,1±36,4	-2,9±35,7	0,6±34,9	-0,6±36,4	2,94±34,9	4,7±39,9	0,57
	Sans coussin	2,7±14,7	4,5±14,9	4,6±16,4	0,4±16,5	0,1±14,8	2,0±12,8	2,6±16,9	0,65
Angle troncs-cuisses	Avec coussin	118,3±15,9	119,9±16,9	129,1±17,9	116,3±14,6	119,7±16,4	117,9±17,6	127,4±18,7	0,37
	Sans coussin	105,3±17,6	107,2±17,9	103,5±16,5	107,0±16,9	107,5±17,9	102,6±13,9	107,6±18,6	0,47

L'analyse statistique n'a mis en évidence aucune influence significative du temps sur les différents paramètres mesurés et ce, quelle que soit la condition d'assise.

- Analyse électromyographique

Le tableau 30 résume l'évolution de l'activité musculaire mesurée en fonction du temps.

Tableau 30 : Evolution de l'activité EMG : intensité (m±ET) et durée (m±ET), durant les 7 enregistrements (E1-7) dans les deux conditions (avec et sans coussin) (n=30).

EMG	Muscle	Condition	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	p
Intensité moyenne (%CMV)	Para vertébraux lombaires	Avec coussin	3,7±2,5	4,4±4,1	4,5±3,2	4,4±3,8	4,3±3,2	4,9±3,9	4,2±2,6	0,99
		Sans coussin	5,4±4,7	5,4±4,3	4,7±3,7	6,3±5,1	6,3±5,5	5,6±3,6	5,7±3,9	0,97
	Abdo	Avec coussin	2,7±2,3	2,7±2,2	2,9±2,6	2,9±2,4	2,9±2,4	2,9±2,3	2,9±2,3	0,89
		Sans coussin	2,8±2,3	2,9±2,4	2,8±2,3	2,8±2,4	2,5±2,3	2,7±2,3	2,7±2,3	0,92
	Quadri	Avec coussin	3,1±3,6	2,5±1,6	2,7±2,1	2,6±1,7	2,6±1,8	2,3±1,3	2,9±1,9	0,84
		Sans coussin	2,4±1,7	2,4±1,2	2,5±1,7	2,5±1,8	2,5±1,6	2,4±1,7	2,5±1,7	0,87
Durée de contraction >5%CMV (%temps)	Para vertébraux lombaires	Avec coussin	28,7±35,4	26,6±37,6	34,1±37,8	30,6±39,7	29,9±37,4	31,2±38,0	32,5±38,1	0,99
		Sans coussin	37,8±40,6	38,8±38,8	34,7±40,4	42,8±38,0	43,4±40,9	39,7±37,6	43,5±39,1	0,93
	Abdo	Avec coussin	13,0±30,4	14,8±30,1	16,2±33,8	14,8±30,6	15,0±30,3	14,4±29,7	14,6±29,3	0,63
		Sans coussin	12,2±26,7	11,8±27,1	10,8±26,1	11,8±26,5	9,2±25,8	10,8±25,8	11,1±26,1	0,69
	Quadri	Avec coussin	12,4±30,2	8,3±23,1	12,6±30,1	9,0±25,0	8,4±25,3	7,4±18,4	13,2±27,9	0,89
		Sans coussin	9,1 ±24,8	5,7±18,5	9,2±27,4	9,8±26,1	9,1±26,1	9,3±25,0	9,6±25,8	0,93

L'analyse statistique révèle qu'il n'y a aucune influence significative du temps sur l'activité musculaire et ce, quelle que soit la condition d'assise.

- Analyse dynamométrique

Le tableau 31 résume l'évolution de l'appui des pieds au sol en fonction du temps.

Tableau 31 : Evolution de la force exercée par les pieds sur le sol (m±ET) durant les 7 enregistrements (E1-7) dans les deux conditions (avec et sans coussin) (n=30),

Paramètre	Condition	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	p
Force au sol (% poids du corps)	Avec coussin	17,0±10,2	17,3±11,1	20,2±8,7	18,2±7,9	15,8±10,2	20,3±8,7	18,6±10,7	0,99
	Sans coussin	17,4 ±9,8	11,1±7,6	10,5±9,3	13,1±8,5	11,9±8,6	12,9±7,4	12,5±8,2	0,97

L'analyse statistique révèle qu'il n'y a aucune influence significative du temps sur la force exercée par les pieds sur le sol et ce, quelle que soit la condition d'assise.

I.2.c. Influence du groupe sur la position assise

Le facteur temps n'influençant aucun des paramètres analysés, nous pouvons globaliser les sept périodes d'enregistrement et calculer pour chaque paramètre, une moyenne reflétant l'entièreté de la période d'enregistrement (105 secondes).

- Analyse tridimensionnelle

Le tableau 32 compare les angles mesurés en fonction du groupe.

Tableau 32 : Angles mesurés (m±ET) dans les deux conditions (avec et sans coussin) par les groupe contrôle (n=15) et expérimental (n=15).

Angle	Condition	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Inclinaison de la tête	Avec coussin	10,1±6,9	7,8±2,7	0,27
	Sans coussin	8,6±4,2	8,3±5,2	0,87
Inclinaison du tronc	Avec coussin	4,9±5,5	6,0±3,8	0,52
	Sans coussin	4,8±2,8	4,9±3,1	0,89
Inclinaison du bassin	Avec coussin	3,4±1,6	5,4±2,9	0,21
	Sans coussin	3,2±1,2	5,0±3,1	0,11
Flexion de la tête	Avec coussin	22,3±8,4	23,3±9,5	0,78
	Sans coussin	19,4±7,7	19,6±10,1	0,96
Courbure cervicale	Avec coussin	149,1±40,4	146,4±66,5	0,52
	Sans coussin	133,9±65,9	134,1±65,1	0,63
Courbure dorsale	Avec coussin	157,9±4,5	156,3±6,4	0,47
	Sans coussin	162,1±6,7	158,7±5,6	0,15
Courbure lombaire	Avec coussin	178,0±11,2	181,6±9,9	0,37
	Sans coussin	182,36±11,5	187,3±9,5	0,21
Bascule du bassin	Avec coussin	0,6±34,9	-0,6±36,4	0,74
	Sans coussin	0,4±16,5	0,1±14,8	0,24
Angle tronc-cuisses	Avec coussin	118,3±15,9	119,9±16,9	0,37
	Sans coussin	105,3±17,6	107,2±17,9	0,41

L'analyse statistique révèle qu'il n'y a aucune influence significative du groupe sur les différents angles mesurés et ce, quelle que soit la condition d'assise.

- Analyse électromyographique

Le tableau 33 résume l'évolution de l'activité musculaire mesurée en fonction du groupe.

Tableau 33 : Activité musculaire : intensité (m±ET) et durée (m±ET), dans les deux conditions (avec et sans coussin) par les groupes contrôle (n=15) et expérimental (n=15)

Activité	Muscle	Condition	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Intensité moyenne (%CMV)	Paravertébraux lombaires	Avec coussin	4,5±2,9	4,7±2,9	0,80
		Sans coussin	6,1±4,7	4,9±2,5	0,40
	Abdominaux	Avec coussin	2,5±1,8	3,3±2,8	0,35
		Sans coussin	2,2±1,4	3,4±2,9	0,18
	Quadriceps	Avec coussin	2,4±1,9	3,0±1,6	0,39
		Sans coussin	2,4±2,0	2,7±1,3	0,68
Durée de contraction >5%CMV	Paravertébraux lombaires	Avec coussin	29,7±29,0	37,8±35,8	0,52
		Sans coussin	39,2±32,1	37,8±31,6	0,91
	Abdominaux	Avec coussin	12,7±24,2	16,7±35,3	0,72
		Sans coussin	5,9±11,8	16,9±35,2	0,28
	Quadriceps	Avec coussin	9,9±25,7	11,2±24,7	0,89
		Sans coussin	11,8±27,9	7,6±23,1	0,66

L'analyse statistique ne révèle aucune différence entre les groupes en terme d'activité musculaire et ce, que les mesures soient réalisées avec ou sans coussin d'assise.

- Analyse dynamométrique

Le tableau 34 résume l'évolution de l'appui des pieds au sol en fonction du groupe.

Tableau 34 : Force des pieds exercée sur le sol (m±ET) dans les deux conditions (avec et sans coussin) par les groupes contrôle (n=15) et expérimental (n=15).

Paramètre	Condition	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Force sur le sol (% poids du corps)	Avec coussin	18,6±7,8	16,5±8,6	0,48
	Sans coussin	13,7±4,9	12,26±7,5	0,54

Aucune différence significative n'apparaît entre les deux groupes concernant l'appui des pieds au sol et ce, quelle que soit la condition d'assise.

I.2.d. Influence du mobilier sur la position assise

Les résultats étant similaires dans les groupes contrôle et expérimental, leurs résultats ont été globalisés pour analyser l'influence de l'utilisation du coussin.

- Analyse tridimensionnelle

Nos résultats indiquent que l'angle tronc-cuisses et l'antéversion du bassin sont significativement plus grands quand les enfants utilisent le coussin ($p < 0,0001$). Alors qu'une cyphose lombaire (angle $> 180^\circ$) est observée sans le coussin, la lordose lombaire (angle $< 180^\circ$) est présente lorsque ce dernier est utilisé ($p < 0,0001$). Nos résultats montrent également que la lordose cervicale diminue (augmentation de l'angle postérieur) ($p = 0,02$) et que la cyphose dorsale augmente (diminution de l'angle antérieur) ($p = 0,01$) lorsque les enfants sont assis sur le coussin (Tableau 35).

Tableau 35 : Angles mesurés ($m \pm ET$) dans les deux conditions (avec et sans coussin) ($n=30$) (* $p < 0,05$).

Angle (°)	Avec coussin	Sans coussin	p
Inclinaison de la tête	7,6±6,9	7,7±2,7	0,27
Inclinaison du tronc	4,1±5,5	4,3±3,8	0,52
Inclinaison du bassin	3,7±1,6	3,6±2,9	0,21
Flexion de la tête	20,3±8,4	17,8±9,5	0,08
Courbure cervicale	146,7±40,4	137,3±66,5	0,02*
Courbure dorsale	157,9±4,5	161,3±6,4	0,01*
Courbure lombaire	178,8±11,2	184,8±9,9	<0,0001*
Bascule du bassin	-0,8±34,9	-2,4±36,4	<0,0001*
Angle tronc-cuisses	121,3±15,9	105,8±16,9	<0,0001*

Par ailleurs, le dynamisme induit par le coussin a pu être analysé grâce aux écarts-type obtenus au sein de chacune des 7 périodes d'enregistrement (Figure 50).

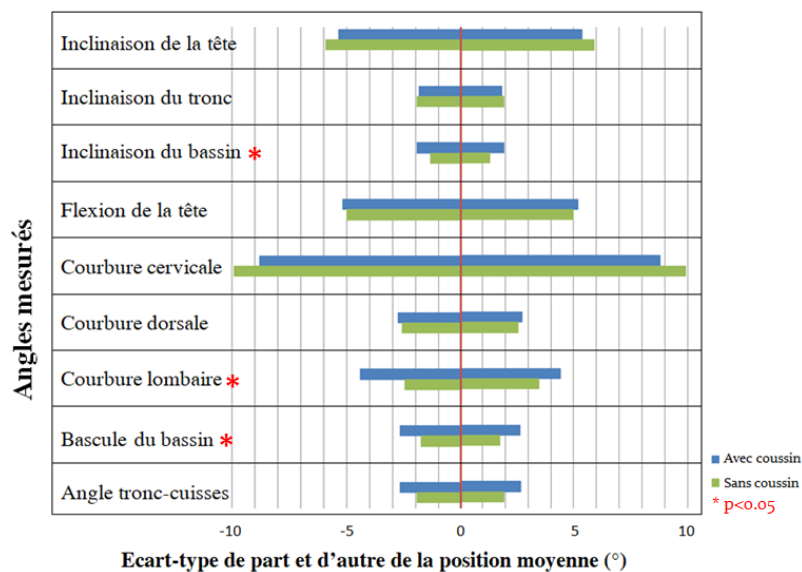


Figure 50 : Moyenne des écarts-types des angles obtenus par les enfants dans les deux conditions (avec et sans coussin) ($n=30$) (* $p < 0,05$).

Globalement, l'inclinaison du bassin est l'angle le plus stable (ET=2°) et la courbure cervicale, le moins stable (ET>8°). La comparaison des positions avec et sans coussin indique davantage de mouvement de part et d'autre de la position moyenne pour l'inclinaison (p=0,04) et la bascule (p=0,01) du bassin ainsi que pour la lordose lombaire (p=0,03) lorsque les enfants sont assis sur le coussin.

- Analyse électromyographique

L'analyse électromyographique montre un faible recrutement des différents muscles étudiés (<5% de la CMV). L'analyse EMG suggère également une diminution de l'activité des paravertébraux lombaires en terme d'intensité (p=0,002) et de durée d'activation (supérieure à 5% de la CMV) (p=0,006) lors de l'utilisation du coussin (Tableau 36).

Tableau 36 : Intensité moyenne (m±ET) et durée d'activation moyenne (m±ET) des muscles paravertébraux lombaires, abdominaux et quadriceps dans les deux conditions (avec et sans cousin) (n=30) (*p<0,05).

Activité	Muscle	Avec coussin	Sans coussin	p
Intensité moyenne (%CMV)	Paravertébraux lombaires	4,3±0,3	5,1±0,7	0,002*
	Abdominaux	2,8±0,1	2,7±0,5	0,32
	Quadriceps	2,5±0,7	2,3±0,4	0,12
Durée de contraction >5%CMV (%temps)	Paravertébraux lombaires	30,2±2,4	36,5±4,5	0,006*
	Abdominaux	15,2±3,1	12,6±1,9	0,09
	Quadriceps	7,9±0,6	7,4±1,7	0,43

- Analyse dynamométrique

Le Tableau 37 illustre la force réactionnelle du sol par rapport à la force exercée par les pieds au sol, avec et sans utilisation du cousin.

Tableau 37 : Force des pieds exercée sur le sol (m±ET) dans les deux conditions (avec et sans cousin)(n=30)(*p<0,05).

Paramètre	Avec coussin	Sans coussin	p
Force au sol (% poids du corps)	18,1±2,7	12,3±3,1	<0,0001*

Tous les enfants sont capables de toucher le sol avec les pieds sur les deux types de mobilier. L'appui des pieds au sol est supérieur lorsque les enfants sont assis sur le coussin (p<0,0001).

I.3. DISCUSSION

Plusieurs méthodes existent pour évaluer la position assise. Les premières études utilisaient l'enregistrement vidéographique [7] ou photographique [69,113]. Cependant, ces méthodes n'offrent qu'une analyse en deux dimensions relativement inexacte de la position réelle des enfants. La méthode d'observation ergonomique portable (PEO) [7,28,104] constitue un matériel pertinent pour enregistrer les changements de position. Toutefois, cette technique d'enregistrement pêche par un manque de précision car elle est incapable de détecter des mouvements segmentaires inférieurs à 20°. Ainsi, l'évaluation tridimensionnelle, utilisée dans la présente étude, est très précise avec une capacité de détection de mouvement de ~1° et peut être couplée à diverses autres techniques d'analyse telle que l'analyse électromyographique et dynamométrique.

Malgré un an et demi d'utilisation du coussin triangulaire, les résultats du groupe expérimental n'ont pas différencié des résultats du groupe contrôle. Cette étude de laboratoire suggère donc un effet instantané du coussin. De tels résultats concordent avec ceux obtenus lors de notre étude de terrain qui montre, chez des enfants ayant bénéficié du coussin au début de la deuxième primaire, un effet rapide en terme de qualité de la position assise mais également de plaintes musculo-squelettiques et de capacités d'attention.

La position assise de nos jeunes sujets sans le coussin est en accord avec les études antérieures conduites sur des sujets adultes et/ou adolescents [103,113]. La position assise sur mobilier traditionnel induit un angle tronc-cuisses d'environ 100° associé à une rétroversion du bassin et une délordose lombaire. Conformément à nos attentes, l'utilisation du coussin triangulaire a induit une ouverture de l'angle tronc-cuisses (120°) qui se rapproche de la position idéale (130°) décrite dans la littérature [53,65]. Son utilisation permet également une moindre rétroversion du bassin et la réapparition d'une lordose lombaire. Ces améliorations pourraient réduire les pressions intra-discales qui constituent un facteur de risque important de lombalgie [82]. Cependant, une position plus adéquate du segment lombo-pelvien n'est pas toujours associée à une position cervico-dorsale idéale [113]. En effet, dans notre étude, la lordose cervicale est diminuée et la cyphose dorsale augmentée lors de l'utilisation du coussin ; augmentant potentiellement les contraintes à ces deux niveaux. Cette posture résulte probablement du fait qu'avec le coussin, les participants étaient assis plus haut et devaient donc fléchir davantage la partie supérieure du tronc pour réaliser leurs tâches ; la hauteur du mobilier n'ayant pas été modifiée entre les deux conditions. En conséquence, l'utilisation du coussin en conditions

réelles devrait idéalement être associée avec une augmentation de la hauteur et/ou de l'inclinaison de la table [53,214].

Nos résultats démontrent que les enfants bougent significativement plus lorsqu'ils sont assis sur le coussin. Ce dynamisme lié à la position assise est souvent recommandé [89,90]. Chez nos élèves, l'augmentation de la mobilité sur coussin est observée spécifiquement au niveau du bassin et de la colonne lombaire. Au-delà des liens entre la mobilité du bassin et de la colonne lombaire qui sont évidents et démontrés [79,103,113], ces résultats semblent logiques vu que ces structures sont au contact direct du coussin, gonflé à l'air, induisant l'instabilité de l'assise.

La littérature suggère que maintenir les courbures vertébrales physiologiques en position assise statique sur le mobilier scolaire traditionnel nécessite une activité musculaire lombaire importante [62,63], pouvant être à l'origine de fatigue. Comme attendu, notre analyse électromyographique démontre une diminution de l'activité des muscles paravertébraux lombaires sur le coussin. Ces résultats sont en accord avec la littérature qui décrit une diminution de l'activité de ces muscles sur une assise inclinée comparable [79,80,198,215]. De plus, maintenir une posture dynamique est moins fatiguant que maintenir une posture statique [80]. En accord avec la littérature, être assis sur le coussin ne modifie par contre pas l'activité musculaire des abdominaux [63,65,80,89]. Les muscles paravertébraux lombaires étant les muscles principaux responsables de l'érection du rachis [27,62], il semble logique que l'activité de ces derniers ait été influencée et non celle de leurs antagonistes. Concernant l'activité des quadriceps, nous avons initialement émis l'hypothèse que ces derniers seraient recrutés de manière plus intense sur le coussin suite à l'établissement d'un plan incliné vers l'avant induisant l'ouverture de l'angle tronc-cuisses [215]. Cette hypothèse n'a pas pu être confirmée dans nos conditions expérimentales, qui ont évalué le droit antérieur alors que les travaux antérieurs exploraient les deux vastes du quadriceps [215].

Enfin, notre étude indique une augmentation de la force exercée par les pieds sur le sol lors de l'utilisation du coussin ce qui induirait une position assise plus confortable que celle adoptée sur un mobilier traditionnel.

I.3.a. Limites et perspectives

Il est généralement admis que deux tests différents sont nécessaires pour mesurer l'activité électromyographique maximale [211]. Afin de ne pas soumettre les enfants à une phase expérimentale de durée excessive, nous avons opté pour une seule épreuve maximale par

groupe musculaire. Cette procédure a pu induire une légère sous-estimation de l'activité maximale. Enfin, nous ne pouvons pas affirmer que la position assise adoptée par les enfants au laboratoire reflète exactement celle adoptée en classe et notre période d'investigation étant limitée à 15 minutes, nous ne pouvons pas tirer de conclusions relatives à la position assise des participants pendant une période plus longue telle que vécue en classe lors de laquelle les enfants alternent entre position assise de travail, position assise d'écoute et déplacement.

I.4. CONCLUSION

La présente étude confirme qu'un coussin combinant une assise inclinée et dynamique a un impact bénéfique immédiat sur la qualité de la position assise des enfants principalement au niveau de la région lombo-pelvienne qui se positionne de manière plus appropriée et est plus mobile. Le coussin tend également à diminuer le niveau d'activité musculaire des paravertébraux lombaires et à augmenter l'appui des pieds au sol, ce qui peut contribuer à implémenter le confort.

II. Influence de la prise en charge sur le contrôle moteur lombaire : test de repositionnement au sein du LAMH

Une mauvaise position assise pouvant entraîner des troubles du contrôle moteur du tronc [10,21], il nous semblait pertinent d'évaluer l'impact de notre prise en charge avec le coussin dynamique sur le contrôle moteur des enfants. Pour ce faire, un test de repositionnement a été proposé aux enfants à la suite de l'analyse tridimensionnelle réalisée en laboratoire (Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain de l'Université de Liège). L'hypothèse de travail était que les enfants utilisant quotidiennement le coussin depuis un an et demi possèdent un meilleur contrôle moteur lombaire grâce au dynamisme induit par le coussin.

Cette étude a fait l'objet de la publication suivante :

*

*T. Fettweis, M.N. Onkelinx, C. Schwartz, C. Demoulin, J.L. Croisier, M. Vanderthommen.
Effect of dynamic seating on lumbar spine repositioning error in a trunk forward bending task.
Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, in press.*

*

II.1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

II.1.a. Présentation de la population

Cette étude a porté sur les mêmes enfants (un sous-groupe du groupe expérimental de l'étude principale et un groupe contrôle) que ceux ayant participé à l'analyse biomécanique de la position assise au sein du LAMH (cf. point I. *Influence de la prise en charge sur la position assise : analyse biomécanique au sein du LAMH*, page 115). Leurs données anthropométriques ont été décrites antérieurement (Tableau 28, page 122).

II.1.b. Description du protocole expérimental

Le protocole expérimental s'est déroulé à la suite de l'évaluation biomécanique de la position assise au sein de Laboratoire d'Analyse du Mouvement Humain (LAMH) (février-mars 2016). Celui-ci a consisté à mesurer l'erreur de repositionnement lors d'une tâche de flexion-extension du tronc dans deux conditions : sur un siège traditionnel (condition stable) et sur un coussin circulaire gonflé d'air placé sur le siège traditionnel (condition instable).

- Déroulement du test de repositionnement

La taille du siège a été ajustée pour chaque enfant et dans chaque condition de sorte à créer un angle de 130° entre le tronc et les cuisses pour favoriser le maintien de la courbure lombaire physiologique grâce à une antéversion du bassin dans la position de départ (position érigée) [214]. Les participants ont été placés dans une position standardisée : les deux pieds sont placés sur une marque au sol et les deux membres supérieurs sont croisés sur la poitrine avec chaque main posée sur l'épaule controlatérale. Notre épreuve s'est inspirée du test décrit par Hidalgo et al. [216] : après une période de cinq secondes dans la position érigée de départ (mesure 1), il a été demandé aux participants de réaliser une flexion antérieure du tronc de 30° (mesuré à l'aide d'un goniomètre et objectivé par le contact de la poitrine contre le dossier d'une chaise) en maintenant leur courbure physiologique et de tenir cette position cible (mesure 2) pendant cinq secondes afin de la mémoriser avant de revenir à la position de départ (Figure 52).

Après cette première phase, la chaise a été enlevée et les participants ont reçu l'instruction de se pencher en avant jusqu'à la position cible aussi précisément que possible tout en maintenant leur dos droit (mesure 3) puis de retourner à la position de départ et de répéter ce mouvement à 10 reprises à leur propre rythme (vitesse spontanée). L'entièreté de la procédure a été réalisée les yeux bandés dans deux conditions (sur surface stable et instable). Pour éviter des biais dus à un effet d'entraînement [217], l'ordre des évaluations dans les deux conditions a été randomisé et une période de cinq minutes de mouvements libres a été octroyée aux enfants entre les deux conditions.

- Acquisition et exploitation des données

Le même système optoélectronique tridimensionnel (*Codamotion*TM, Charnwood Dynamics, Rothley, UK) que celui décrit pour l'analyse de la position assise (cf. point 1. *Influence de la prise en charge sur la position assise : analyse biomécanique au sein du LAMH*, page 115) a été utilisé pour mesurer l'erreur de repositionnement durant la tâche de flexion antérieure du tronc. La position tridimensionnelle du tronc, du bassin et des jambes des enfants a été analysée à l'aide de 13 marqueurs et de quatre unités *Cadamotion CX1*. La fréquence d'acquisition était de 100Hz. Pour les mesures, nous avons utilisé les cinq marqueurs le long de la colonne vertébrale, les quatre marqueurs sur le bassin et deux des quatre marqueurs de chaque membre inférieur (Figure 51).

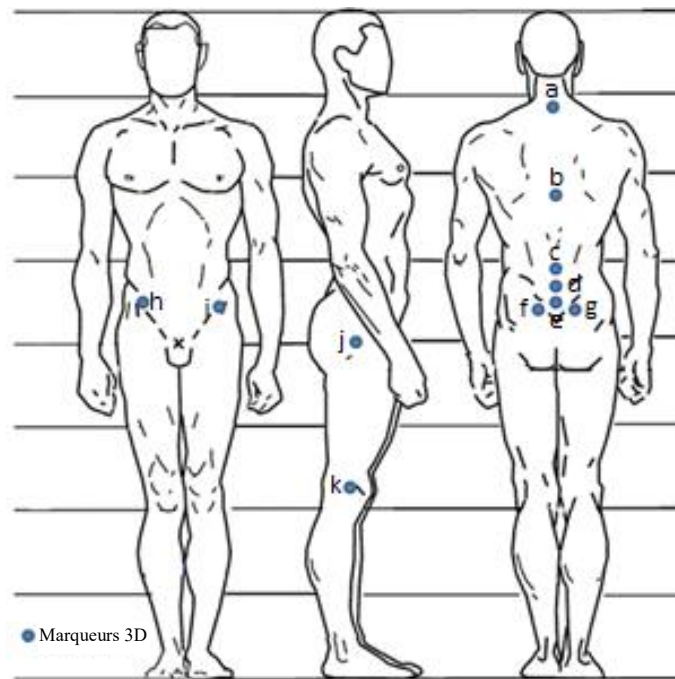


Figure 51 : Placement des capteurs de mouvement 3D (a=C7/D1; b=sommet de la courbure dorsale; c=D12/L1; d= sommet de la courbure lombaire; e=L5/S1; f-g=EIPS; h-i=EIAS; j=trochanter; k= interligne articulaire du genou; l=malléole; m=5^{ème} métacarpien).

Le placement des capteurs de mouvement ont permis de mesurer différents angles ($^{\circ}$) (Figure 52) :

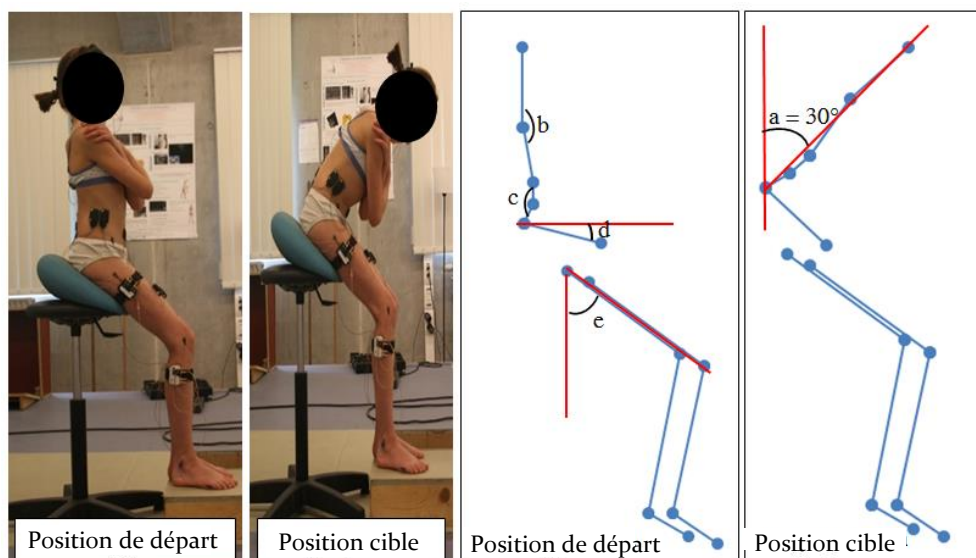


Figure 52 : Illustration chez un sujet de la position de départ (mesure 1) et la position cible à 30° de flexion antérieure du tronc (mesure 2) dans la condition instable et des différents angles mesurés (a=flexion antérieure globale du tronc; b=cyphose dorsale; c=lordose lombaire; d=bascule du bassin; e=flexion de hanche).

- a) Angle de flexion antérieure globale du tronc : angle entre la ligne joignant C7/D1 et L5 et la verticale.
- b) Angle de courbure dorsale : angle dessiné grâce aux capteurs C7/D1, sommet de la courbure dorsale et D12/L1.
- c) Angle de courbure lombaire : angle dessiné grâce au capteur D12/L1, sommet de la courbure lombaire et L5.
- d) Angle de bascule du bassin : angle entre l'horizontale et la ligne joignant l'EIAS et l'EIPS; il est considéré positif lorsque l'EIAS est inférieur à l'EIPS.
- e) Angle de flexion de hanche : angle entre la normale au plan du bassin déterminé par les 4 épines iliaques et la ligne joignant le grand trochanter et l'interligne articulaire du genou.

Ces angles ont été mesurés à différents moments : la position de départ érigée (mesure 1), la position cible en flexion antérieure (mesure 2) et durant la tâche de repositionnement à la fin de chacune des 10 flexions antérieures du tronc (mesures 3). L'erreur de repositionnement a été définie comme la valeur absolue de la valeur algébrique obtenue en calculant la différence entre la moyenne des valeurs obtenues lors des 10 essais (mesures 3) et la position cible en flexion antérieure (mesure 2).

II.1.c. Traitement des données

La taille minimale de l'échantillon a été estimée pour l'erreur de repositionnement du tronc. Basé sur une étude préliminaire qui définit le seuil clinique d'une erreur de repositionnement du tronc à 10 ± 4 degrés, la taille minimale de l'échantillon a été estimée à 13 participants par groupe pour détecter une différence de 50% dans le groupe expérimental quand $\alpha < 0,05$ et la puissance est 95%.

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel statistique R 3.3.2. Les différentes moyennes, les écarts-type, les extrêmes et les pourcentages ont été calculés via des statistiques descriptives et des tables de fréquence.

Après vérification de la normalité des données, les tests T de Student pour échantillons indépendants et appariés ont été utilisés respectivement pour comparer la position de départ érigée (mesure 1) et celle cible en flexion antérieure (mesure 2) dans les deux groupes. Ce

même test a également été utilisé pour analyser le mouvement effectué lors du passage entre ces deux positions.

Enfin, une analyse de la variance (ANOVA) pour mesures répétées a permis de comparer l'erreur de repositionnement des enfants des deux groupes dans les deux conditions (stable et non stable).

L'ensemble des résultats obtenus ont été considérés comme significatifs lorsque la p-value était inférieure à 0,05 ($p < 0,05$).

II.2. RESULTATS

IV.2.a. Analyse biomécanique lors de la flexion antérieure du tronc

Le Tableau 38 illustre la posture prise par les enfants des deux groupes dans la position de départ (mesure 1) et la position cible (mesure 2). Aucune différence significative entre les deux groupes n'est observée dans ces deux positions statiques. En outre, lorsque les enfants réalisent la flexion antérieure de 30°, il apparaît que le mouvement correspond principalement à une antéversion du bassin ($p=0,03$) et une flexion de hanche ($p=0,04$), tandis que les courbures lombaire et dorsale sont peu modifiées ($p > 0,1$).

Tableau 38: Angles ($m \pm ET$) mesurés en position de départ (mesure 1) et en position cible (mesure 2) dans les groupes contrôle et expérimental ($*p < 0,05$).

Angle	Position de départ (mesure 1)			Position cible (mesure 2)			p inter positions
	Groupe contrôle (n=15)	Groupe expérimental (n=15)	p	Groupe contrôle (n=15)	Groupe expérimental (n=15)	p	
Flexion du tronc (°)	-1,8±3,1	0,9±1,5	0,33	30,4±2,2	30,5±2,7	0,38	0,01*
Cyphose dorsale (°)	165,1±5,9	161,7±8,6	0,09	166,2±7,8	162,5±12,1	0,63	0,54
Lordose lombaire (°)	174,5±13,3	179,5±9,5	0,09	175,3±11,4	180,1±11,6	0,12	0,49
Bascule du bassin (°)	-1,7±0,6	1,2±7,9	0,47	24,5±10,4	23,5±8,2	0,71	0,03*
Flexion de hanche (°)	54,3±16,2	53,5±11,6	0,85	65,1±9,91	61,9±11,9	0,2	0,04*

II.2.b. Influence de la prise en charge sur le contrôle moteur lombaire

La figure 53 illustre les dix essais de flexion antérieure du tronc du test de repositionnement d'un enfant de chaque groupe.

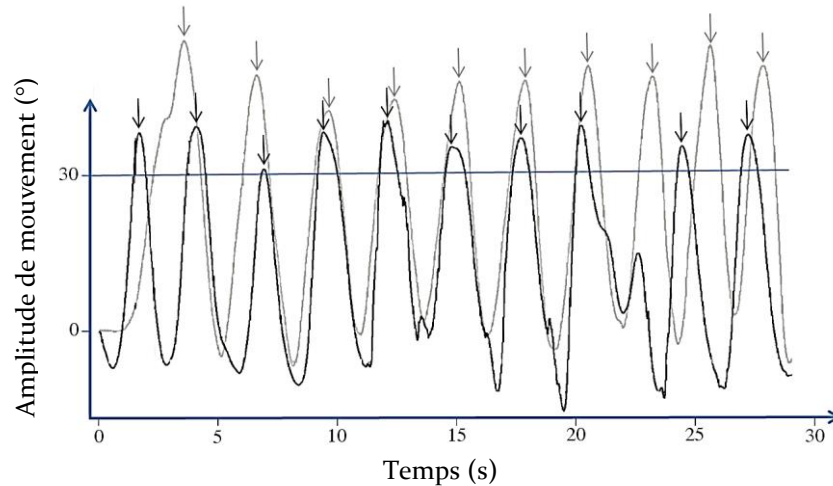


Figure 53 : Illustration de la flexion antérieure du tronc (°) au cours du temps (s) entre la position de départ (0°) et la position cible (30°) d'un enfant du GC (en gris) et d'un enfant du GE (en noir). (Les flèches indiquent le moment où l'erreur de repositionnement a été calculée).

De manière générale, pour 67% des mesures, les enfants ont eu tendance à surévaluer le mouvement et ont réalisé ainsi une flexion antérieure du tronc dont l'amplitude dépasse celle de la position cible.

La comparaison des deux groupes indique que globalement, le groupe expérimental exécute significativement mieux la tâche que le groupe contrôle, et ce, quelle que soit la condition (Tableaux 39). En effet, les enfants du groupe expérimental obtiennent des erreurs de repositionnement moindre pour la flexion antérieure globale du tronc ($p < 0,02$) dans les deux conditions. En outre, ils arrivent à maintenir davantage leur lordose lombaire que les autres ($p = 0,03$). Aucune différence significative n'est par contre apparue pour les autres paramètres.

Tableau 39.a : Comparaison intergroupes des scores (m±ET) d'erreur de repositionnement (mesure 3 - mesure 2) obtenus dans les deux conditions (stable et non stable) : valeur globale de flexion du tronc. (*p<0,05).

Erreur de repositionnement	Condition	Groupe contrôle (n=15)	Groupe expérimental (n=15)	p inter groupes	p inter conditions	p groupe x conditions
Flexion du tronc (°)	Stable	15,9±5,9	7,3±2,9	0,02*	0,83	0,79
	Non stable	12,7±5,5	7,0±5,2			

Tableau 39.b : Comparaison intergroupes des scores (m±ET) d'erreur de repositionnement (mesure 3 - mesure 2) obtenus dans les deux conditions (stable et non stable) : valeurs analytiques (*p<0,05).

Erreur de repositionnement	Condition	Groupe contrôle (n=15)	Groupe expérimental (n=15)	p inter groupes	p inter conditions	p groupe x conditions
Cyphose dorsale (°)	Stable	5,5±1,6	6,4±0,8	0,96	0,77	0,93
	Non stable	6,1±7,9	7,3±9,7			
Lordose lombaire (°)	Stable	10,8±3,1	5,4±1,1	0,03*	0,43	0,23
	Non stable	11,8±3,1	5,7±3,6			
Bascule du bassin (°)	Stable	10,2±2,8	8,3±2,5	0,36	0,67	0,23
	Non stable	9,5±10,0	9,5±9,2			
Flexion de hanche (°)	Stable	7,2±1,9	8,9±1,6	0,06	0,87	0,28
	Non stable	5,1±8,2	7,6±8,3			

II.3. DISCUSSION

Les stratégies du contrôle moteur constituent des processus complexes. En effet, il faut sélectionner les muscles appropriés à activer, choisir le degré d'activation et de contrôle et réajuster ses mouvements en permanence [81]. Cette fonction relève des systèmes visuel et vestibulaire ainsi que des récepteurs proprioceptifs musculaires et articulaires et de l'intégration des différentes afférences au niveau du cervelet [95,218]. Spécifiquement, les fuseaux neuromusculaires jouent un rôle majeur dans le contrôle moteur en fournissant de nombreux inputs statiques et dynamiques au système proprioceptif [81,95,219]. Le contrôle moteur dépendant de l'intégration des nombreuses afférences en provenance des récepteurs proprioceptifs situés au niveau des différentes articulations et des muscles, il est évident que les différentes postures adoptées influencent cette capacité notamment en position assise [95]. En effet, une position assise avachie semble affecter l'activité réflexe des structures proprioceptives et les propriétés visco-élastiques des tissus de sorte que le contrôle moteur lombaire peut se dégrader à long terme [64]. De plus, dans une telle posture, la perte de la lordose physiologique entraîne une augmentation des contraintes ainsi qu'une diminution des performances des fuseaux neuromusculaires [79,81].

Les écoliers passant de très nombreuses heures par an assis en classe et une mauvaise position assise peut entraîner des troubles du contrôle moteur du tronc [10,21], il est pertinent d'évaluer l'influence de la position assise sur le contrôle moteur d'enfants en début de scolarité, d'autant que cette période est critique sur le plan du développement sensori-moteur [47].

Plusieurs méthodes existent pour évaluer le contrôle moteur lombaire et la proprioception [220]. La plus utilisée consiste à mesurer l'erreur de repositionnement (c'est-à-dire : la différence entre une position cible et la position atteinte par le participant) en passif et/ou en actif [66,217,220-222]. L'analyse tridimensionnelle utilisée dans cette étude permet de mesurer très précisément l'erreur de repositionnement de la flexion antérieure globale du tronc, et également, d'identifier clairement les segments corporels impliqués dans ce mouvement global. A ce titre, notre étude se démarque clairement des travaux antérieurs qui évaluent uniquement des mouvements globaux du rachis en le considérant comme rigide et homogène [216].

En accord avec Stillman [218], qui décrit 5 entrées proprioceptives (les afférences provenant des tissus cutanés, des articulations, des muscles, des tendons et des yeux), plusieurs instructions ont dû être respectées durant la tâche. Pour minimiser les feedbacks proprioceptifs dans les membres et les afférences visuelles [223], les sujets ont été positionnés dans une position standardisée (bras croisés) et la tâche a été réalisée les yeux bandés.

La comparaison entre la position de départ (mesure 1) et celle d'arrivée (mesure 2) confirme que le mouvement de flexion antérieure du tronc résulte principalement de la flexion de hanche et de la bascule du bassin et que les enfants des deux groupes sont capables de maintenir leurs courbures vertébrales lors d'un mouvement isolé de flexion antérieure du tronc [113]. En ce qui concerne l'erreur de repositionnement (mesure 3), il apparaît que le groupe expérimental de cette étude présente une erreur de repositionnement moindre pour l'angle de flexion antérieure globale du tronc dans les deux conditions (stable et instable). Ils contrôlent également mieux leur lordose lombaire que les sujets contrôles. Cette meilleure performance du groupe expérimental pourrait résulter du fait qu'être assis quotidiennement sur le coussin constitue une sorte d'entraînement proprioceptif. Dans la position érigée et dynamique induite par la coussin, les structures proprioceptives et les propriétés visco-élastiques des fuseaux neuromusculaires sont à la fois plus sollicitées et à la fois plus performantes [64,81].

La seconde hypothèse était que les capacités de repositionnement des enfants pouvaient être détériorées sur une surface instable. Bien que la littérature décrive que diverses perturbations proprioceptives artificielles (telles qu'une surface instable) peuvent affecter le sens de

repositionnement lombaire chez un individu sain [216], aucune différence significative n'a été observée entre nos conditions stable et instable. Cette discordance peut être expliquée par le fait que les surfaces instables ont été créées différemment : avec un coussin d'air posé sur un siège fixe dans nos conditions expérimentales contrairement à un ballon d'assise dans l'étude d'Hidalgo et al. [216].

II.3.a. Limites et perspectives

La performance des enfants a été évaluée à une seule reprise (18 mois après l'introduction du coussin dans le groupe expérimental). Un prétest, avant de fournir le coussin aux enfants, aurait pu se justifier pour s'assurer que les deux groupes obtenaient initialement un score identique au test de repositionnement. Par ailleurs, le schéma corporel du tronc s'améliorant avec l'âge et particulièrement après 9 ans [224,225], réévaluer les enfants un an après notre épreuve aurait pu apporter de précieux renseignements complémentaires. Enfin, il serait pertinent de réaliser un suivi à très long-terme afin d'investiguer si la position assise et la proprioception lombaire des enfants d'âge scolaire sont prédictifs des risques de lombalgie à l'âge adulte.

II.4. CONCLUSION

Cette étude préliminaire indique qu'utiliser quotidiennement en classe un coussin combinant inclinaison de l'assise et dynamisme induit une réduction de l'erreur de repositionnement lors d'un mouvement de flexion du tronc, suggérant un impact bénéfique du coussin sur le contrôle moteur lombaire de l'enfant.

DISCUSSION GÉNÉRALE

I. Choix de la prise en charge sur coussin

La sédentarité ne cesse de croître dans notre société et les jeunes belges font partie des enfants les moins actifs au monde. Un rapport récent révèle que seuls 6.5% des enfants belges âgés de 6 à 9 ans prennent part aux 30 minutes minimales d'activité physique quotidienne recommandées par l'OMS [226]. Selon un autre rapport, la Belgique (et encore plus spécifiquement la Wallonie), fait partie des pays européens mettant le moins d'actions en place pour favoriser le sport à l'école alors que 80% des enfants européens ne prennent part à une activité physique que si celle-ci est proposée à l'école [227]. D'un autre côté, l'organisation des journées d'école stimule peu les enfants à bouger. En effet, dès le début de leur scolarité, les enfants passent plus de mille heures par an en position assise, le plus souvent sur du mobilier inapproprié [27-30]. Cette position assise inadéquate et prolongée a un impact sur la santé physique (plaintes musculo-squelettiques, obésité, diabète [1,228]) et mentale (troubles des apprentissages et du comportement [1,150]) des enfants. Afin de lutter contre cet état de fait, de nombreuses études préconisent d'offrir aux élèves un maximum d'opportunités pour bouger. Des « pauses-mouvement » ou la réorganisation de la classe afin de pouvoir se déplacer d'un endroit à l'autre de celle-ci en fonction de l'activité en cours ont ainsi été adoptées dans certains établissements scolaires. Ces méthodes ont entraîné de nombreux bienfaits aussi bien pour la prévention de troubles musculo-squelettiques [20,28,35,37,40] que pour l'optimisation des performances scolaires [28,33,34,41-46]. Malgré ces bienfaits avérés, de nombreux enseignants demeurent réticents à ce genre de préceptes de peur de perdre le contrôle de la classe et de porter préjudice aux apprentissages scolaires. Au vu de ces réserves, une approche complémentaire consiste à s'intéresser à la position assise des enfants en classe et tenter d'optimiser le mobilier scolaire afin qu'il réponde davantage aux besoins anthropométriques et anthropologiques des enfants. Pour ce faire, trois points clés sont à prendre en considération :

- a) l'utilisation d'un mobilier adapté à la taille de l'enfant, qui permet d'améliorer la qualité de sa position assise en favorisant notamment l'appui des pieds au sol contrairement à un mobilier trop grand souvent rencontré dans les écoles. Toutefois, elle demeure insuffisante pour une position optimale [82,86].
- b) l'inclinaison vers l'avant de l'assise de la chaise comme le préconise Mandal, qui favorise le maintien de la lordose physiologique [53].
- c) l'utilisation d'une assise dynamique, qui permet d'augmenter la mobilité des enfants de manière détournée tout en les gardant assis [92,98].

Notre intervention avait donc pour objectif d'adapter la position assise en combinant des adaptations « statiques » et « dynamiques ». A l'heure actuelle, de nombreux types de mobilier, répondant à ces critères, existent et sont préconisés au sein des écoles [89,99,100]. Le Back-App®, tabouret à assise inclinée monté sur une petite balle déséquilibrante, permet d'obtenir une assise inclinée tout en favorisant le mouvement [100] (figure 11, page 36). Toutefois, celui-ci est vendu à un prix incompatible avec les budgets scolaires et ne possède pas de dossier alors que ce dernier montrerait un intérêt pour la prévention des lombalgies notamment en diminuant les pressions intra-discales [58,87]. Le ballon d'assise, qui combine les deux propriétés recherchées et est régulièrement utilisé dans les classes [91,92,98,229,230], constitue une alternative financièrement accessible. Cependant, son efficacité dans l'amélioration de la position assise demeure controversée. Il semble en effet constituer davantage un accessoire gymnique qu'un siège adapté à une station assise prolongée d'autant plus qu'il n'offre pas la possibilité de prendre contact avec un dossier [229-231]. La possibilité d'utiliser ce dernier augmente pourtant le confort par diminution des contraintes vertébrales [51,82] et offre une source supplémentaire de stimulation sensorielle [86]. De plus, l'encombrement lié à l'utilisation de ballons et le besoin de chaises lorsqu'ils ne sont pas utilisés contribuent souvent à créer un environnement surchargé dans la classe. Compte tenu des inconvénients liés au matériel décrit ci-dessus, notre intervention s'est tournée vers l'utilisation du coussin *Movin'Sit*®. Posé sur le mobilier traditionnel, ce coussin triangulaire gonflé à l'air permet d'offrir une assise inclinée vers l'avant et qui est dynamique, et ce pour un coût modéré. Il permet en outre de conserver le dossier de la chaise et d'alterner entre une position de travail (en déséquilibre antérieur sans contact avec le dossier) et une position d'écoute (en déséquilibre postérieur avec contact du dossier) favorisant davantage le caractère dynamique de la position assise. Enfin contrairement au ballon, il peut être facilement stocké au sol ou dans la cassette ou se placer derrière le dos contre le dossier lorsqu'il n'est pas utilisé.

II. Effets du coussin

Afin d'évaluer de manière multifactorielle les effets induits par le coussin *Movin'Sit*®, une batterie de tests a été développée par nos soins. Après avoir vérifié les qualités métrologiques de cette batterie, le projet principal a consisté en un suivi de deux ans de 70 enfants tout-venants de premier cycle du primaire afin d'évaluer l'effet à long terme de l'utilisation du coussin dynamique. En parallèle à ce projet principal, quatre études complémentaires ont été réalisées afin de préciser les effets du coussin dynamique.

II.1. EFFETS BIOMECANIQUES

La fiche d'observation de la position assise des enfants, élaborée dans le cadre de notre étude, a permis d'examiner les modifications biomécaniques induites lors de l'utilisation du coussin. En effet, sur mobilier traditionnel (même adapté), la position assise de la plupart des enfants est non-optimale principalement en raison de l'angle droit formé entre l'assise et le dossier de la chaise qui ne permet pas un maintien aisé de la lordose lombaire physiologique. Notre étude a mis en évidence que le coussin triangulaire permettait de générer un angle de 10-15° entre les cuisses et l'horizontale, conforme aux recommandations de Wu et al. [101] et a favorisé une plus grande abduction des cuisses ; ces deux éléments facilitent la bascule du bassin en antéversion et donc le redressement naturel de la colonne vertébrale [102,109]. Ces résultats confirment ceux d'études précédentes qui attestent que la position adoptée sur une assise inclinée [83,194] se rapproche de la position « idéale » décrite dans la littérature [53,65]. Enfin, si l'appui des pieds au sol se voit amélioré au fur et à mesure que les enfants grandissent, celui-ci est majoré avec l'utilisation du coussin de sorte que l'assise est plus stable et le maintien d'une position adéquate est donc plus aisé.

L'analyse tridimensionnelle de la position assise réalisée au sein du LAMH a permis de confirmer que l'utilisation du coussin triangulaire induit une ouverture de l'angle tronc-cuisses (120°) qui se rapproche de l'angle recommandé dans la littérature (130°) [53,65]. Une légère antéversion du bassin et une courbure lombaire se rapprochant de la courbure lombaire physiologique ont également été mises en évidence. Ces résultats rejoignent ceux d'études similaires réalisées chez l'adulte [93]. A contrario, la lordose cervicale s'est vue diminuée et la cyphose dorsale augmentée lors de l'utilisation du coussin. Ces deux dernières observations pourraient résulter du fait que le même mobilier a été utilisé pour l'évaluation avec et sans le

coussin. Elever et/ou incliner la table devraient pallier à cet effet en conditions réelles [53,214]. Par ailleurs, cette étude de laboratoire a également démontré que les enfants sont significativement plus mobiles lorsqu'ils sont assis sur le coussin et ce principalement au niveau du bassin et de la colonne lombaire. Gonflé à l'air le coussin offre en effet un certain dynamisme à l'assise. Utiliser un mobilier qui permet aux enfants de bouger librement lorsqu'ils sont assis, est souvent recommandé dans les campagnes préventives [89,90]. Enfin, peu d'études se sont intéressées à l'évaluation de la position naturelle des pieds sur le sol en position assise [100,103,113]. Pourtant, un appui adéquat des pieds au sol semble essentiel pour une position assise idéale. La plateforme de force utilisée dans cette étude a confirmé une augmentation de la force exercée par les pieds sur le sol lors de l'utilisation du coussin.

II.2. EFFETS MUSCULO-SQUELETTIQUES ET PROPRIOCEPTIFS

Si le coussin permet d'améliorer la position assise adoptée en classe, il restait à préciser ses bienfaits potentiels sur la santé de l'enfant et sur sa proprioception.

A l'heure actuelle, l'influence du mobilier scolaire sur la prévalence des troubles musculo-squelettiques et principalement des rachialgies reste controversée [1,3]. Notre étude de terrain suggère que ces dernières tendent à diminuer dans les classes utilisant le coussin et ce principalement au niveau de la nuque et du dos.

Les avantages biomécaniques du coussin, évoqués plus haut, peuvent expliquer en partie cette diminution des plaintes. Le respect des courbures vertébrales physiologiques favorisé par le coussin limiterait ainsi les contraintes et ce, sans nécessiter une activation musculaire excessive. Des études précédentes suggèrent en effet une activité musculaire lombaire plus importante pour maintenir ses courbures vertébrales physiologiques en position assise statique sur le mobilier scolaire traditionnel [62,63]. Notre analyse électromyographique a démontré une diminution de l'activité des muscles paravertébraux lombaires lorsque le coussin est utilisé. Nos résultats sont en accord avec la littérature qui décrit une diminution de l'activité de ces muscles lorsqu'une assise inclinée et/ou dynamique comparable au coussin est utilisée [79,80,198,215].

En outre, en majorant l'appui des pieds au sol, le coussin diminue la compression des cuisses sur l'assise ce qui améliore de la circulation sanguine et par conséquent l'oxygénation tissulaire et le confort de la position [51,82,86].

D'autre part, de plus en plus de preuves suggèrent que ce n'est pas tant une mauvaise posture qui est à l'origine des plaintes mais le fait de maintenir n'importe quelle posture durant une période prolongée. Cela résulterait entre autres d'une accumulation intramusculaire d'acide lactique suite à une diminution du flux sanguin [200]. Le dynamisme offert à l'assise grâce au coussin permet de reproduire une alternance de tension-relâchement des muscles engagés dans la position assise et d'ainsi diminuer l'inconfort et/ou fatigue musculo-squelettique pouvant apparaître suite au maintien prolongé d'une position statique. Enfin, il a été démontré qu'une position assise prolongée est à l'origine d'une diminution de l'épaisseur des disques intervertébraux lombaires et d'une diminution de leur nutrition qui est essentiellement assurée par la diffusion des nutriments à travers les plateaux vertébraux en raison de leur pauvre vascularisation [59,82]. L'alternance de mouvements de compression et décompression induite grâce au coussin pourrait prévenir ces états de fait et ainsi l'apparition de potentielles douleurs.

Par ailleurs, une épreuve originale de repositionnement réalisée en laboratoire a permis d'étudier l'influence du coussin sur la proprioception lombaire des enfants. En effet, une proprioception lombo-pelvienne inappropriée a été suggérée comme constituant un facteur de risque des lombalgies ou autres rachialgies [64-66]. Toutefois, très peu d'études portent sur la proprioception lombaire des enfants. Les erreurs de repositionnement ($\pm 13^\circ$) observées chez les enfants de notre étude étaient supérieures à celles rapportées généralement dans la littérature chez des adultes ($\pm 4^\circ$) [216] lors d'une épreuve identique, indiquant une moins bonne proprioception chez les élèves. Le fait que les enfants n'aient pas achevé leur développement sensori-moteur constitue une hypothèse explicative. En effet, les capacités de repositionnement du tronc augmentent significativement avec l'âge et particulièrement après 9 ans [224,225]. En outre, notre étude a mis en évidence que les enfants utilisant quotidiennement le coussin réalisent de meilleures performances au test de repositionnement ; leurs performances ($\pm 7^\circ$) se rapprochant de la sorte de celles rapportées chez les adultes. Ce meilleur contrôle moteur se focaliserait par ailleurs au niveau lombo-pelvien. A nouveau, les différents avantages biomécaniques offerts par le coussin peuvent être avancés pour expliquer cette meilleure proprioception lombo-pelvienne. En effet, en position érigée, les muscles spinaux se retrouvent en piste intermédiaire de sorte que les structures proprioceptives et les propriétés visco-élastiques des fuseaux neuromusculaires sont optimisées offrant un meilleur contrôle moteur au sujet [64,81]. Par ailleurs, le mouvement régulier suscité par le coussin favorise une importante sollicitation sensori-motrice qui améliore la capacités des fuseaux neuromusculaires des muscles spinaux à détecter les changements de tension/longueur [64,95]. Ainsi, être assis quotidiennement sur le coussin semble constituer une sorte

d'entraînement proprioceptif. Nos résultats suggèrent donc que si le coussin entraîne des effets biomécaniques immédiats, les effets proprioceptifs n'apparaissent qu'après un certain délai d'utilisation (un an et demi dans notre étude). Des études ultérieures pourraient préciser le délai nécessaire pour observer l'apparition d'effets neuro-moteurs liés à l'utilisation du coussin.

II.3. EFFETS COGNITIFS ET COMPORTEMENTAUX

A côté de l'aspect « santé », la composante « apprentissages » constitue un second aspect crucial dans le monde scolaire. Certaines études ayant suggéré qu'ils pouvaient être influencés par la posture adoptée en classe [1,67,91], un suivi de différents apprentissages a été mené dans le cadre de ce travail. Notre étude suggère que les enfants utilisant le coussin passent davantage de temps concentré sur la tâche et améliorent leur score attentionnel davantage que les enfants du groupe contrôle. De pareilles améliorations associées en outre à une diminution des signes d'hyperactivité (changements fréquents de position, bavardage) ont également été observées dans notre groupe d'enfants présentant des troubles de l'attention. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer l'influence bénéfique de l'utilisation du coussin. Premièrement, comme évoqué ci-dessus (cf. *Point II.2*), l'inclinaison et le dynamisme de l'assise induisent une amélioration du confort général et de l'état de fatigue des enfants qui seraient dès lors plus productifs [32,68,69,232]. Cette réduction des contraintes biomécaniques favorise aussi la circulation sanguine et les échanges respiratoires et digestifs. Elle minimise ainsi la dépense énergétique de l'organisme et procure davantage d'énergie pour le maintien des activités cognitives [32,68,71,84]. Ce niveau d'énergie est d'ailleurs d'autant plus important qu'une posture érigée favorise des émotions positives et donne donc de l'entrain pour la tâche en cours [85]. En outre, l'appui des pieds confère des informations proprioceptives et tactiles supplémentaires favorisant l'intégration sensorielle et donc les capacités de concentration [86]. D'un autre côté, le dynamisme induit par le coussin répond aux besoins sensoriels, tactiles, proprioceptifs et vestibulaires de l'élève au fur et à mesure de la journée en favorisant sa liberté de mouvement. Favoriser la modulation sensorielle en stimulant les systèmes vestibulaire et proprioceptif via un mouvement constant et régulier amène ainsi un meilleur état d'éveil, d'attention et de concentration sur les tâches à réaliser [28,67,74]. Au vu des différents bienfaits de la prise en charge sur la concentration des enfants en classe, leurs performances scolaires pourraient se voir améliorées. Si les enfants du groupe expérimental ont montré de meilleurs résultats en mathématique lors de l'épreuve intégrée, aucune différence significative n'a été observée dans les autres matières. Ces résultats restent évidemment à confirmer car

cette évaluation n'a été réalisée que sur un petit échantillon et n'a pas fait l'objet d'un suivi à long terme. De plus, se pencher sur les apprentissages nécessite de tenir compte de nombreux facteurs intrinsèques et extrinsèques à l'enfant [232].

II.4. MODÈLE INTÉGRATIF

Les différentes études menées dans le cadre de notre projet « *Sit'n Learn* » ont permis de mettre en évidence une influence de l'utilisation du coussin dynamique sur la qualité de la position assise, le temps passé assis, les plaintes musculo-squelettiques, les capacités d'attention et le comportement en classe. A notre connaissance, très peu d'études multifactorielles portant sur l'influence du mobilier scolaire ont combiné l'étude des troubles musculo-squelettiques et d'apprentissage, tout en tenant compte de l'ensemble des facteurs personnels liés aux enfants [1,232]. L'ensemble des corrélations positives obtenues dans notre étude confirme le lien entre ces deux éléments. Sans que nous ayons tenu compte de l'ensemble des facteurs relatifs à l'école (organisation, environnement), notre modèle statistique tenait compte, outre de la prise en charge, de l'ensemble des facteurs sociodémographiques que nous avons collectés concernant les enfants. La mise en corrélation de ces différentes variables indique une interrelation entre ces dernières rejoignant le modèle de Castellucci [1]. Les différentes relations entre nos données sont schématisées dans la Figure 54.

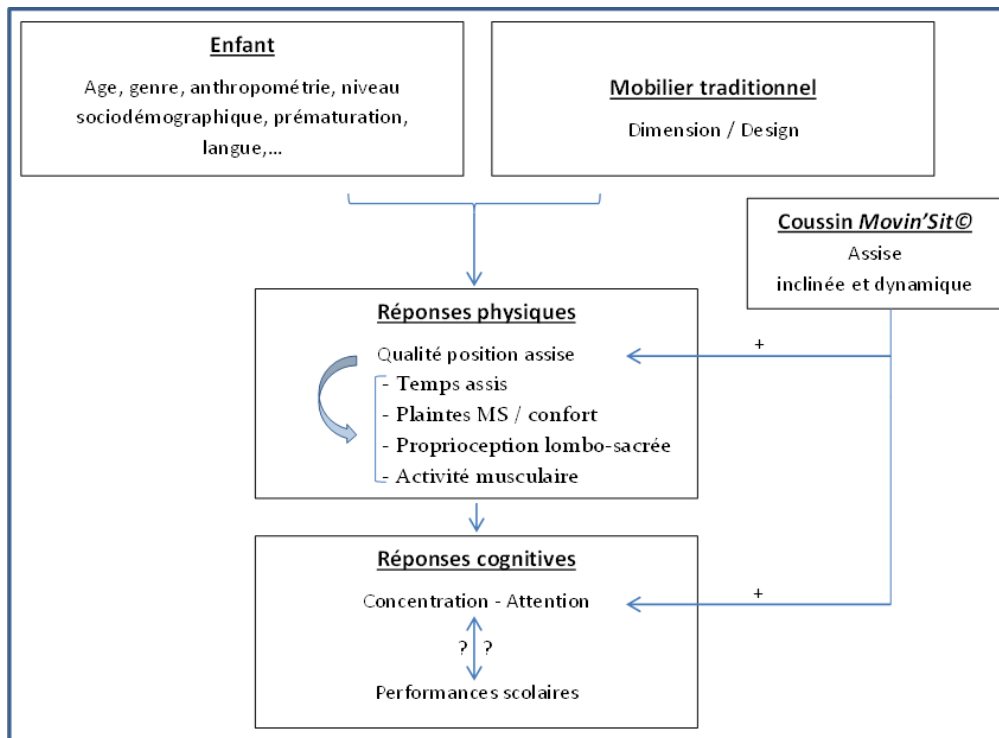


Figure 54 : Diagramme représentant l'influence de notre prise en charge sur coussin sur les troubles musculo-squelettiques et d'apprentissage.

Ce modèle considère chaque enfant dans sa globalité en tenant compte de tous les facteurs propres à l'enfant (âge, genre, anthropométrie, socio-démographie...). Arrivé à l'école primaire, celui-ci se voit confronté à un mobilier scolaire qui, selon les cas, se trouvera être adapté ou non à l'enfant. De cette (in)adéquation découleront ainsi des réponses physiques, cognitives et comportementales. Tant l'amélioration de la position assise en elle-même (ouverture de l'angle tronc-cuisse, meilleur encrage des pieds au sol, diminution de l'activité musculaire) que l'augmentation de son dynamisme sont susceptibles d'induire une amélioration de la proprioception lombaire et une diminution des plaintes musculo-squelettiques. Ce surcroît de confort pourrait expliquer l'amélioration de la concentration et des capacités d'attention. Les effets sur les performances scolaires restent pour leurs parts à confirmer. Toutefois, une étude très récente publiée dans *Pain* a démontré que, de manière générale, la présence de douleurs influence négativement les performances de lecture à l'école primaire et ce, d'autant plus si l'évènement douloureux est considéré comme chronique et associé à des émotions négatives [232]. Ces résultats confirment qu'agir afin de prévenir la survenue de douleur est primordial pour la bonne réussite scolaire des enfants.

III. Mise en place d'une prise en charge préventive sur coussin

Au vu des différents bénéfices apportés par notre prise en charge, mettre en place une campagne préventive sur coussin prend tout son sens.

III.1. INFLUENCE SPÉCIFIQUE DE L'ÉDUCATION POSTURALE

Plusieurs études préconisent qu'une modification du mobilier scolaire est plus efficace si celle-ci est associée à une éducation posturale intensive [87,177]. Afin de répondre à ce critère, nous avons mis en place un programme de 12 séances d'éducation posturale basé non seulement sur l'apprentissage de la bonne utilisation du coussin mais également sur une stimulation de l'équilibre et de la proprioception. Cette éducation posturale réalisée en classe, prenait par ailleurs tout son sens vu que les élèves sont plus réceptifs aux informations qu'ils apprennent à l'école [22,49,178]. Néanmoins, plusieurs de nos résultats indiquent que la nécessité de toutes ces séances peut être questionnée. Ainsi, notre étude de terrain a montré que l'introduction des coussins en deuxième année primaire induit immédiatement un angle tronc-cuisses plus ouvert, un meilleur maintien de la lordose lombaire et un écartement des cuisses. Notre étude de laboratoire a également confirmé ces effets biomécaniques instantanés chez des enfants novices par rapport à l'utilisation du coussin. Il en va de même pour les capacités attentionnelles de nos enfants qui s'améliorent instantanément suite à l'utilisation du coussin en confirmant ainsi les données de la littérature [67,68,86,96,204].

En conséquence, une utilisation adéquate et bénéfique d'un coussin dynamique semble compatible avec une brève éducation posturale (une séance explicative). Ainsi, réaliser une campagne préventive à grande échelle basée sur l'utilisation du coussin dynamique semble tout à fait envisageable sans toutefois être trop chronophage tant pour les instructeurs que pour le personnel enseignant.

III.2. CHOIX DE LA POPULATION

Aucun consensus n'existe vraiment quant au moment idéal pour entamer une campagne préventive en école primaire. Au vu des effets instantanés discutés ci-dessus, il est aisé de penser qu'une telle campagne sur coussin dynamique est susceptible d'être entamée à n'importe quel âge. Toutefois, bien que la majorité des études dans ce domaine porte sur des

populations âgées de plus de 8 ans [1,33,83], plusieurs éléments semblent suggérer la pertinence d'introduire le coussin dès l'entrée en école primaire. Il s'agit en effet d'une période décisive dans leur développement sensori-moteur. Au cours des deux premières années du primaire, les enfants passent de la moyenne à la grande enfance, entrant ainsi dans l'âge d'or des habilités motrices [183]. Réaliser notre campagne préventive tout au long de cette phase de transition importante du développement se justifie dès lors parfaitement. Par ailleurs, les enfants se plaignent déjà de douleurs chroniques (qui influencent négativement leurs apprentissages) dès 7-8 ans [232] et, dans notre étude, le bénéfice de la prise en charge sur les plaintes musculo-squelettiques tend à augmenter en fonction du nombre de mois depuis lequel le coussin est utilisé. Ainsi, privilégier une prévention à l'entrée du premier cycle du primaire semble être pertinent.

IV. Perspectives de recherche

Poursuivre cette recherche à plus long terme (au-delà de la deuxième primaire) paraît essentiel compte tenu du caractère continu du développement physique et sensori-moteur de l'enfant. En outre, la mise en place d'une prévention à plus grande échelle apparaît indispensable pour confirmer nos résultats. Bien que notre prise en charge suggère des effets prometteurs, rien ne permet d'affirmer que celle-ci soit optimale. Comparer le coussin avec d'autres mobiliers permettrait d'affiner nos résultats et d'appréhender plus spécifiquement les impacts « statiques » et « dynamiques » du coussin. Ainsi, une adaptation de mobilier individualisée pourrait être proposée en fonction des besoins de chacun. De même, associer une modification du mobilier à des pauses-mouvement permettrait d'additionner voir de multiplier leurs effets respectifs et d'ainsi obtenir des résultats plus probants encore. Quoi qu'il en soit, tout comme pour l'adulte sur son lieu de travail, si notre prise en charge sur le mobilier a porté ses fruits, elle ne peut évidemment être optimale que si elle est accompagnée de modifications de l'organisation du travail. Mettre en place une approche globale tenant aussi bien compte des facteurs micro-ergonomiques (mobilier scolaire, activités, mallette, bruits sonores) que macro-ergonomiques (environnement, organisation) permettrait vraisemblablement de majorer les effets observés tant sur la prévalence et l'importance des plaintes musculo-squelettiques que sur la productivité.

L'évaluation de l'effet du modèle de l'institutrice sur l'utilisation du coussin semble également nécessaire. En effet, en première et deuxième primaire les institutrices ne passent que très peu de temps assises à leur bureau de sorte qu'il n'a pas été possible d'évaluer si le fait qu'elles utilisent également le coussin a eu un impact auprès des enfants.

Enfin, compte tenu des résultats prometteurs sur notre petit échantillon d'enfants présentant des troubles de l'attention, il serait intéressant de dupliquer cette étude sur un nombre plus important d'enfants présentant de tels troubles et d'y inclure également des enfants présentant d'autres troubles des apprentissages afin de confirmer l'intérêt du coussin dans la prise en charge de ces enfants.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Si l'enfant est le travailleur de demain, il est avant tout l'écolier d'aujourd'hui. Soumis durant de longues heures à un mobilier scolaire inadapté à ses besoins, il est contraint à une certaine passivité physique et mentale. Au vu de l'importance de la position assise adoptée à l'école sur la santé et l'apprentissage, des démarches préventives sont pertinentes dès l'entrée en école primaire.

Afin de mettre en place une telle démarche, cette thèse a comporté plusieurs étapes.

Après avoir mis en évidence dans la partie initiale, le rôle de l'école et plus spécifiquement du mobilier scolaire pour la santé et les apprentissages des élèves, la deuxième partie a permis de mettre en place et de valider une batterie de test permettant d'évaluer la position assise, les capacités posturales, le comportement en classe et les capacités cognitives d'enfants du premier cycle du primaire.

La partie principale a permis d'évaluer l'influence d'un coussin dynamique tant directement en milieu scolaire que de manière plus expérimentale en laboratoire. Ces études ont montré une influence positive de la prise en charge sur la qualité de la position assise, les plaintes musculo-squelettiques, la proprioception, les capacités cognitives et le comportement des enfants en classe.

Des effets similaires ont également été observés dans une population d'enfants avec des troubles de l'attention.

En conclusion, bien que cette recherche n'ait porté que sur quelques facteurs entrant en ligne de compte dans l'épanouissement de l'enfant, les différentes analyses et perspectives développées dans ce travail sont susceptibles de contribuer à la mise en place de campagnes préventives ou rééducatives pour le bien-être des élèves en classe ainsi que pour leur réussite scolaire.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. Castellucci, P. Arezes, J. Molenbroek, R. de Bruin, C. Viviani, The influence of school furniture on students' performance and physical responses: Results of a systematic review, *Ergonomics*. 139 (2016) 1-51.
- [2] OMS, Recommandation mondiales sur l'activité physique pour la santé, 2010.
- [3] Z. Michaleff, S. Kamper, C. Maher, R. Evans, C. Broderick, N. Henschke, Low back pain in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis evaluating the effectiveness of conservative interventions, *Eur. Spine J.* (2014).
- [4] T. Smith, The ergonomics of learning: educational design and learning performance, *Ergonomics*. 50 (2007) 1530-46.
- [5] R. Bedyk, A. Woodcock, A. Harder, The Hexagon-Spindle Model for educational ergonomics, *Work*. 32 (2009) 237-48.
- [6] S. Legg, K. Jacobs, *Ergonomics for schools*, 31 (2008) 1-5.
- [7] S. Murphy, P. Buckle, D. Stubbs, The use of the portable ergonomic observation method (PEO) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom, *Appl. Ergon.* 33 (2002) 365-370.
- [8] F. Pellisé, F. Balagué, L. Rajmil, et al., Prevalence of low back pain and its effect on health-related quality of life in adolescents, *Arch. Pediatr. Adolesc. Med.*, 163 (2009) 65-71.
- [9] F. Trevelyan, S. Legg, The prevalence and characteristics of back pain among school children in New Zealand., *Ergonomics*. 53 (2010) 1455-60.
- [10] F. Balagué, B. Troussier, J. Salminen, Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors, *Eur. Spine J.* 8 (1999) 429-438.
- [11] S. Kamper, T. Yamato, C. Williams, The prevalence, risk factors, prognosis and treatment for back pain in children and adolescents: An overview of systematic reviews, *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* In press (2017).
- [12] J. McDonald, E. Stuart, R. Rodenberg, Musculoskeletal Low Back Pain in School-aged Children: A Review, *JAMA Pediatr.* 171 (2017) 280-287.
- [13] B. Skoffler, Low back pain in 15- to 16-year-old children in relation to school furniture and carrying of the school bag, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 32 (2007) 713-717.
- [14] B. Skoffler, A. Foldspang, Physical activity and low-back pain in schoolchildren, *Eur. Spine J.* 17 (2008) 373-379.
- [15] M. Harreby, B. Nygaard, T. Jessen, E. Larsen, A. Storr-Paulsen, A. Lindahl, I. Fisker, E. Lægaard, Risk factors for low back pain in a cohort of 1389 Danish school children: an epidemiologic study, *Eur. Spine J.* 8 (1999) 444-450.
- [16] K. Watson, A. Papageorgiou, G. Jones, S. Taylor, D. Symmons, A. Silman, G. McFarlane, Low back pain in schoolchildren: occurrence and characteristics, *Pain*. 97 (2002) 87-92.
- [17] G. Jones, G. McFarlane, Epidemiology of low back pain in children and adolescents, *Arch. Dis. Child*. 90 (2005) 312-6.
- [18] J. Salminen, M. Erkintalo, J. Pentti, A. Oksanen, M. Kormanen, Recurrent Low Back Pain and Early Disc Degeneration in the Young., *Spine* 24 (1999) 1316-1321.
- [19] G. Jones, K. Watson, A. Silman, D. Symmons, J. McFarlane, Predictors of Low Back Pain in British Schoolchildren : A Population-Based Prospective Cohort Study, *Pediatrics* 111 (2003) 822-828.
- [20] S. Murphy, P. Buckle, D. Stubbs, Classroom posture and self-reported back and neck pain in schoolchildren, *Appl. Ergon.* 35 (2004) 113-20.
- [21] A. Burton, H. Eriksen, Chapter 2. European guidelines for prevention in low back pain : November 2004, *Eur. Spine J.* 15 (2004) S136-168.
- [22] G. Cardon, F. Balagué, Low back pain prevention's effects in schoolchildren. What is the evidence?, *Eur. Spine J.* 13 (2004) 663-79.
- [23] A. Roth-Isigkeit, J. Scharzenberger, W. Baumeier, T. Meier, M. Lindig, P. Schmucker, Risk factors for back pain in children and adolescents, *Schmerz* 19 (2005) 535-543.
- [24] F. Trevelyan, S. Legg, Risk factors associated with back pain in New Zealand school children, *Ergonomics*. 54 (2011) 257-62.

- [25] Y. Henrotin, S. Rozenberg, F. Balagu, A. Leclerc, E. Rouxo, C. Cedraschi, D. Marc, *Recommandations européennes (COST B 13) en matière de prévention et de prise en charge de la lombalgie non spécifique European guidelines (COST B 13) for the management of low back pain*, (2006).
- [26] G. Cardon, D. De Clercq, I. De Bourdeaudhuij, *Back Education Efficacy in Elementary Schoolchildren*, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 27 (2002) 299–305.
- [27] D. Hey, G. Wong, E. Lau, K. Tan, L. Lau, G. Liu, H. Wong, *Differences in erect sitting and natural sitting spinal alignment – insights into a new paradigm and implications in deformity correction*, *Spine J.* (2016) 1–7.
- [28] G. Cardon, D. De Clercq, I. De Bourdeaudhuij, D. Breithecker, *Sitting habits in elementary schoolchildren: a traditional versus a “Moving school”*, *Patient Educ. Couns.* 54 (2004) 133–42.
- [29] B. Troussier, *Comparative study of two different kinds of school furniture among children*, *Ergonomics*. 42 (1999) 516–526.
- [30] E. Geldhof, D. De Clercq, I. De Bourdeaudhuij, G. Cardon, *Classroom postures of 8-12 year old children*, *Ergonomics*. 50 (2007) 1571–81.
- [31] N. Wedderkopp, C. Leboeuf-yde, L. Andersen, M. Sci, K. Froberg, H. Hansen, *Back Pain in Children: No Association with Objectively Measured Level of Physical Activity*, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 28 (2003) 2019–2024.
- [32] P. Grimes, S. Legg, *Musculoskeletal Disorders (MSD) in School Students as a Risk Factor for Adult MSD: A Review of the Multiple Factors Affecting Posture, Comfort and Health in Classroom Environments*, *J. Human-Environment Syst.* 7 (2004) 1–9.
- [33] D. Breithecker, *L'école, lieu de travail*, (2007).
- [34] A. Bergouignan, K. Legget, N. De Jong, J. Kealey, E. Nikolovski, J. Groppel, C. Jordan, R. O'Day, J. Hill, D. Bessesen, *Effect of frequent interruptions of prolonged sitting on self-perceived levels of energy, mood, food cravings and cognitive function*, *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 13 (2016) 1–12.
- [35] G. Kar, A. Hedge, *Effects of sitting and standing work postures on short-term typing performance and discomfort*, *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.* (2016) 460–464.
- [36] F. Benatti, M. Ried-Larsen, *The Effects of Breaking up Prolonged Sitting Time: A Review of Experimental Studies*, *Med. Sci. Sports Exerc.* 47 (2015) 2053–2061.
- [37] B. Schwartz, J. Kapellusch, A. Schrempf, K. Probst, M. Haller, A. Baca, *Effect of a novel two-desk sit-to-stand workplace (ACTIVE OFFICE) on sitting time, performance and physiological parameters: protocol for a randomized control trial*, *BMC Public Health*. 16 (2016) 578–588.
- [38] P. Wennberg, C. Boraxbekk, M. Wheeler, B. Howard, P. Dempsey, G. Lambert, N. Eikelis, R. Larsen, P. Sethi, J. Occleston, J. Hernestål-Boman, K. Ellis, N. Owen, D. Dunstan, *Acute effects of breaking up prolonged sitting on fatigue and cognition: a pilot study*, *BMJ Open*. 6 (2016) e009630.
- [39] J. Garcia, M. Trowbridge, T. Huang, A. Weltman, J. Sirard, *Comparison of Static and Dynamic School Furniture on Physical Activity and Learning in Children*, *Med. Sci. Sports Exerc.* 46 (2014) 513–514.
- [40] L. Britten, K. Shire, R. Coats, S. Astill, *The effect of standing desks on manual control in children and young adults*, *Gait Posture*. 48 (2016) 42–46.
- [41] A. Pellegrini, C. Bohn, *The Role of Recess in Children's Cognitive Performance and School Adjustment*, *Educ. Res.* 34 (2005) 13–19.
- [42] M. Mahar, S. Murphy, D. Rowe, J. Golden, A. Shields, T. Raedeke, *Effects of a classroom-based program on physical activity and on-task behavior*, *Med. Sci. Sports Exerc.* 38 (2006) 2086–2094.
- [43] M. Mahar, *Impact of short bouts of physical activity on attention-to-task in elementary school children*, *Prev. Med. (Baltim)*. 52 (2011) S60–S64.
- [44] J. Maeda, L. Randall, *Can Academic Success Come from Five Minutes of Physical Activity?*, *Brock Educ. J.* 13 (2003) 14–22.
- [45] J. Maeda, N. Murata, *Collaborating with classroom teachers to increase daily physical activity: The GEAR program*, *JOPERD*. 75 (2004) 42–46.
- [46] S. Smith, H. Prapavessis, *The effects of sitting, dynamic sitting and standing desks on classroom performance of university students*, *Journal of Exercise, Movement and Sport*. 48 (2016).
- [47] G. Cardon, I. De Bourdeaudhuij, D. De Clercq, *Knowledge and perceptions about back education among elementary school students, teachers, and parents in Belgium*, *J. Sch. Health*. 72 (2002) 100–106.
- [48] X. Phélip, *Why the back of the child?*, *Eur. Spine J.* 8 (1999) 426–428.

- [49] R. Hamimi, Inadaptation du mobilier scolaire et port du cartable, *Kinésithérapie, La Rev.* 8 (2008) 12–15.
- [50] H. Hey, A. Teo, K. Tan, L. Ng, L. Lau, K. Liu, H. Wong, How the spine differs in standing and in sitting-important considerations for correction of spinal deformity, *Spine J.* (2015) 1–8.
- [51] D. Harrison, S. Harrison, A. Croft, D. Harrison, S. Troyanovich, Sitting biomechanics Part I: Review of the Literature, *J. Manipulative Physiol. Ther.* 22 (1999) 594–609.
- [52] K. Endo, H. Suzuki, H. Nishimura, H. Tanaka, T. Shishido, K. Yamamoto, Sagittal lumbar and pelvic alignment in the standing and sitting positions., *J. Orthop. Sci.* 17 (2012) 682–6.
- [53] A. Mandal, The seated man (Homo Sedens) the seated work position. Theory and practice, *Appl. Ergon.* 12 (1981) 19–26.
- [54] R. Hamimi, Enquête auprès des jeunes sur « le dos », *Kinésithérapie, La Rev.* 8 (2008) 19–25.
- [55] L. Saarni, C. Nygård, A. Kaukiainen, A. Rimpelä, Are the desks and chairs at school appropriate?, *Ergonomics.* 50 (2007) 1561–70.
- [56] R. Lord, M. Small, J. Dinsay, J. Watkins, Lumbar lordosis. Effects of sitting and standing, *Spine (Phila. Pa. 1976).* 22 (1997) 2571–2574.
- [57] T. Kamegaya, Influence of sacral sitting in a wheelchair on the distribution of contact pressure on the buttocks and back and shear force on the ischial region, *J. Phys. Ther. Sci.* 28 (2016) 2830–2833.
- [58] L. Wilke, H. Neef, P. Hinz, B. Seidel, H. Claes, Intradiscal pressure together with anthropometric data--a data set for the validation of models, *Clin Biomech.* 16 (2001) 111–126.
- [59] G. Billy, S. Lemieux, M. Chow, Lumbar disc changes associated with prolonged sitting, *PM&R.* 6 (2014) 790–795.
- [60] G. da S. Bertolaccini, R. Nakajima, I. de Carvalho Filho, L. Paschoarelli, F. Medola, The influence of seat height, trunk inclination and hip posture on the activity of the superior trapezius and longissimus, *J. Phys. Ther. Sci.* 28 (2016) 1602–1606.
- [61] H. Woo, J. Oh, S. Won, Effects of asymmetric sitting on spinal balance, *J. Phys. Ther. Sci.* 28 (2016) 355–359.
- [62] J. Caneiro, P. O’Sullivan, A. Burnett, A. Barach, D. O’Neil, O. Tveit, K. Olafsdottir, The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity, *Man. Ther.* 15 (2010) 54–60.
- [63] P. Waongenngarm, B. Rajaratnam, P. Janwantanakul, Internal Oblique and Transversus Abdominis Muscle Fatigue Induced by Slumped Sitting Posture after 1 Hour of Sitting in Office Workers, *Saf Heal. Work.* 7 (2016) 49–54.
- [64] K. Dolan, A. Green, Lumbar spine reposition sense: the effect of a “slouched” posture, *Man. Ther.* 11 (2006) 202–207.
- [65] M. O’Keeffe, W. Dankaerts, P. O’Sullivan, L. O’Sullivan, K. O’Sullivan, Specific flexion-related low back pain and sitting: comparison of seated discomfort on two different chairs, *Ergonomics.* 56 (2013) 650–8.
- [66] P. O’Sullivan, A. Burnett, A. Floyd, K. Gadsdon, J. Logiudice, D. Miller, H. Quirke, Lumbar Repositioning Deficit in a Specific Low Back Pain Population, *Spine (Phila. Pa. 1976).* 28 (2003) 1074–1079.
- [67] B. Pfeiffer, A. Henry, S. Miller, S. Witherell, Effectiveness of Disc “O” Sit cushions on attention to task in second-grade students with attention difficulties, *Am. J. Occup. Ther.* 62 (2008) 274–81.
- [68] P. Bourgeois, G. Lecoq, L’effet visuo-postural sur l’attention et la concentration est différent suivant le genre. in *La posture au service d’une scolarité.* (2009) 175–176.
- [69] R. Koskelo, K. Vuorikari, O. Hänninen, Sitting and standing postures are corrected by adjustable furniture with lowered muscle tension in high-school students, *Ergonomics.* 50 (2007) 1643–56.
- [70] F. Taillefer, J. Boucher, A. Comtois, M. Zummo, R. Savard, Réponses physiologiques et biomécaniques à divers types de bancs assis-debout chez les femmes avec et sans problèmes veineux, *Trav. Hum.* 74 (2011) 31.
- [71] Y. Aramaki, Y. Homma, A. Mohara, T. Hirayama, Y. Ishida, F. Kakizaki, Aramaki 2016, *Respir. Care.* 61 (2016) 1–4.
- [72] P. Quercia, R. Fourage, L. Guillaume, A. Marino, M. Quercia, S. Saltarelli, Traitement proprioceptif et dyslexie, *AF3dys, Beaune,* 2008.
- [73] L. Fautrelle, C. Pichat, F. Ricolfi, C. Peyrin, F. Bonnetblanc, Catching falling objects: The role of the cerebellum in processing sensory-motor errors that may influence updating of feedforward commands. An fMRI study, *Neuroscience.* 190 (2011) 135–144.

- [74] N. Sadr, H. Haghgoo, S. Samadi, M. Rassafiani, E. Bakhshi, Impact of Air Seat Cushions and Ball Chairs on Classroom Behavior of Students with Autism Spectrum Disorder, *J. Rehabil.* 17 (2016) 136-147.
- [75] G. Panagiotopoulou, K. Christoulas, A. Papanckolaou, K. Mandroukas, Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school, *Appl. Ergon.* 35 (2004) 121-8.
- [76] J. Chung, T. Wong, Anthropometric evaluation for primary school furniture design, *Ergonomics.* 50 (2007) 323-34.
- [77] OMS, Normes OMS de croissance de l'enfant, (2017).
- [78] L. Saarni, C. Nygård, A. Rimpelä, T. Nummi, A. Kaukiainen, The working postures among schoolchildren--a controlled intervention study on the effects of newly designed workstations, *J. Sch. Health.* 77 (2007) 240-7.
- [79] K. O'Sullivan, P. O'Dea, W. Dankaerts, P. O'Sullivan, A. Clifford, L. O'Sullivan, Neutral lumbar spine sitting posture in pain-free subjects, *Man. Ther.* 15 (2010) 557-61.
- [80] K. O'Sullivan, R. McCarthy, A. White, L. O'Sullivan, W. Dankaerts, Can we reduce the effort of maintaining a neutral sitting posture? A pilot study, *Man. Ther.* 17 (2012) 566-71.
- [81] S. Brumagne, P. Cordo, R. Lysens, S. Verschueren, S. Swinnen, The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back pain, *Spine (Phila. Pa. 1976).* 25 (2000) 989-94.
- [82] A. Claus, J. Hides, G. Moseley, P. Hodges, Is "ideal" sitting posture real? Measurement of spinal curves in four sitting postures, *Man. Ther.* 14 (2009) 404-8.
- [83] P. Bourgeois, P. Sup, C. Pontoise, N. Bourgeois, Difficultés de posture et difficultés scolaires, (2002) 41-50.
- [84] K. Swamy, C. Isroff, M. Mhanna, A. Chouksey, Effect of sitting vs standing posture on spirometry in children, *Ann. Allergy, Asthma Immunol.* 117 (2016) 94-96.
- [85] E. Peper, I. Lin, Increase or Decrease Depression: How Body Postures Influence Your Energy Level, *Biofeedback.* 40 (2012) 125-130.
- [86] J. Wingrat, C. Exner, The impact of school furniture on fourth grade children's on-task and sitting behavior in the classroom : A pilot study, *Work.* 25 (2005) 263-272.
- [87] G. Knight, J. Noyes, Children's behaviour and the design of school furniture, *Ergonomics.* 42 (1999) 747-60.
- [88] T. Fettweis, C. Demoulin, M. Vanderthommen, Influence de la position assise d'enfants sur leurs capacités cognitives, *Kinesithérapie.* 13 (2013) 20-25.
- [89] K. O'Sullivan, M. O'Keeffe, L. O'Sullivan, P. O'Sullivan, W. Dankaerts, The effect of dynamic sitting on the prevention and management of low back pain and low back discomfort: a systematic review, *Ergonomics.* 55 (2012) 898-908.
- [90] P. O'Sullivan, W. Dankaerts, A. Burnett, L. Straker, G. Bargon, N. Moloney, M. Perry, S. Tsang, Lumbopelvic Kinematics and Trunk Muscle Activity on Stable and Unstable Surfaces, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 36 (2006) 19-25.
- [91] A. Fedewa, H. Erwin, Stability Balls and Students With Attention and Hyperactivity Concerns: Implications for On-Task and In-Seat Behavior, *Am. J. Occup. Ther.* 65 (2011) 393-399.
- [92] H. Erwin, A. Fedewa, S. Ahn, M. Thornton, Elementary Students' Physical Activity Levels and Behavior When Using Stability Balls, *Am. J. Occup. Ther.* 70 (2016) 1-7.
- [93] D. Baumgartner, R. Zemp, M. Stoop, J. Naxera, J. Elsig, S. Lorenzetti, The spinal curvature of three different sitting positions analysed in an open MRI scanner, *ScientificWorldJournal.* 19 (2012) 400-406.
- [94] H. Tanoue, T. Mitsuhashi, S. Sako, R. Goto, T. Nakai, R. Inaba, Effects of a dynamic chair on pelvic mobility, fatigue, and work efficiency during work performed while sitting: a comparison of dynamic sitting and static sitting, *J. Phys. Ther. Sci.* 28 (2016) 1759-63.
- [95] A. Alghadir, H. Zafar, Z. Iqbal, E. Al-Eisa, Effect of sitting postures and shoulder position on the cervicocephalic kinesthesia in healthy young males, *Somatosens. Mot. Res.* 33 (2016) 93-98.
- [96] D. Schilling, K. Washington, F. Billingsley, J. Deitz, Classroom seating for children with attention deficit hyperactivity disorder: therapy balls versus chairs, *Am. J. Occup. Ther.* 57 (2003) 534-541.
- [97] A. Gaston, S. Moore, L. Butler, Sitting on a stability ball improves attention span and reduces anxious/depressive symptomatology among grade 2 students: A prospective case-control field experiment, *Int. J. Educ. Res.* 77 (2016) 136-142.

- [98] A. Fedewa, M. Davis, S. Ahn, Effects of Stability Balls on Children's On-Task Behavior, Academic Achievement, and Discipline Referrals: A Randomized Controlled Trial, *Am. J. Occup. Ther.* 69 (2015) 1–9.
- [99] A. Truszczynska, J. Drzal-grabiec, P. Cichosz, Z. Trzaskoma, Measurement of spinal curvatures during sitting on a rehabilitation ball versus stool, *Turk J Phys Med Rehab.* 62 (2016) 148–155.
- [100] K. O'Sullivan, R. McCarthy, A. White, L. O'Sullivan, W. Dankaerts, Lumbar posture and trunk muscle activation during a typing task when sitting on a novel dynamic ergonomic chair, *Ergonomics.* 55 (2012) 1586–1595.
- [101] C. Wu, H. Miyamoto, K. Noro, Research on pelvic angle variation when using a pelvic support, *Ergonomics.* 41 (1998) 317–327.
- [102] M. Frères, M. Mairlot, *Maitres et Clés de la Posture*, Frison-Roc, Paris, 2002.
- [103] R. Ellegast, K. Kraft, L. Groenesteijn, F. Krause, H. Berger, P. Vink, Comparison of four specific dynamic office chairs with a conventional office chair: impact upon muscle activation, physical activity and posture, *Appl. Ergon.* 43 (2012) 296–307.
- [104] E. Geldhof, G. Cardon, I. De Bourdeaudhuij, D. De Clercq, Effects of a two-school-year multifactorial back education program in elementary schoolchildren, *Spine (Phila. Pa. 1976).* 31 (2006) 1965–1973.
- [105] S. Murphy, P. Buckle, The occurrence of back pain in school children and the risk factors in schools: Can they be measured?, *Trienn. Congr. Int. Ergon. Assoc.* 44th Hum. Factors Ergon. Soc. 5 (2000) 549–552.
- [106] M. Vanderthommen, A. Boulanger, M. Defaweux, M. Tomasella, J. Crielaard, Validation d'un test d'évaluation du comportement gestuel du patient lombalgique chronique, *Ann. Réadaptation Médecine Phys.* 44 (2001) 281–290.
- [107] L. McAtamney, E. Corlett, RULA: a survey method for the investigation of workrelated upper limb disorders, *Appl. Ergon.* 24 (1993) 91–99.
- [108] S. Hignett, L. McAtamney, Rapid Entire Body Assessment (REBA), *Appl. Ergon.* 31 (2000) 201–205.
- [109] K. O'Sullivan, P. O'Dea, W. Dankaerts, P. O'Sullivan, A. Clifford, L. O'Sullivan, Neutral lumbar spine sitting posture in pain-free subjects, *Man. Ther.* 15 (2010) 557–561.
- [110] T. Leskinen, C. Hall, S. Rauas, S. Uliq, M. Tsnmes, E.V. P, E. Takala, Validation of Portable Ergonomic Observation (PEO) method using optoelectronic and video recordings, *Appl. Ergon.* 28 (1997) 75–83.
- [111] W. Keyserling, Postural analysis of the trunk and shoulders in stimulated real time, *Ergonomics.* 29 (1986) 569–583.
- [112] J. Ridd, A. Nicholson, A. Montan, A portable microcomputer based system for "on site" activity and posture recording, *Contemp. Ergon.* (1989) 366–377.
- [113] S. Annetts, P. Coales, R. Colville, D. Mistry, K. Moles, B. Thomas, R. van Deursen, A pilot investigation into the effects of different office chairs on spinal angles, *Eur. Spine J.* 21 Suppl 2 (2012) S165–S170.
- [114] C. Fransson-Hall, R. Gloria, A. Kilbom, J. Winkel, L. Karlqvist, C. Wiktorin, A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling, *Appl. Ergon.* 26 (1995) 93–100.
- [115] P. Somville, *Évaluation de l'exposition professionnelle aux facteurs de risque mécaniques de la lombalgie dans un contexte épidémiologique*, Université de Liège, 2007.
- [116] M. Dolphens, S. Vansteelandt, B. Cagnie, A. Vleeming, J. Nijs, G. Vanderstraeten, L. Danneels, Multivariable modeling of factors associated with spinal pain in young adolescence, *Eur. Spine J.* 25 (2016) 2809–2821.
- [117] M. Dolphens, B. Cagnie, A. Vleeming, G. Vanderstraeten, P. Coorevits, L. Danneels, A clinical postural model of sagittal alignment in young adolescents before age at peak height velocity., *Eur. Spine J.* 21 (2012) 2188–2197.
- [118] S. Sherafat, M. Salavati, I. Takamjani, B. Akhbari, S. Mohammadirad, M. Mazaheri, H. Negahban, Intrasession and intersession reliability of postural control in participants with and without nonspecific low back pain using the biodex balance system., *J. Manip. Physiol. Ther.* 36 (2013) 111–118.
- [119] P. Quercia, L. Demougeot, M. Dos Santos, F. Bonnetblanc, Integration of proprioceptive signals and attentional capacity during postural control are impaired but subject to improvement in dyslexic children, *Exp. Brain Res.* 209 (2011) 599–608.

- [120] S. Vieira, P. Quercia, C. Michel, T. Pozzo, F. Bonnetblanc, Cognitive demands impair postural control in developmental dyslexia: a negative effect that can be compensated, *Neurosci. Lett.* 462 (2009) 125–129.
- [121] C. Assaiante, Development of locomotor balance control in healthy children, *Neurosci. Biobehav. Rev.* 22 (1998) 527–532.
- [122] C. Assaiante, S. Mallau, S. Viel, M. Jover, C. Schmitz, Development of postural control in healthy children: a functional approach, *Neural Plast.* 12 (2005) 109–118.
- [123] A. Pollock, B. Durward, P. Rowe, J. Paul, What is balance?, *Clin. Rehabil.* 14 (2000) 402–406.
- [124] E. Berthonnaud, J. Dimnet, P. Roussouly, H. Labelle, Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters, *J. Spinal Disord. Tech.* 18 (2005) 40–47.
- [125] V. Lafage, F. Schwab, W. Skalli, N. Hawkinson, P. Gagey, S. Ondra, J. Farcy, Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 33 (2008) 1572–1578.
- [126] E. Geldhof, G. Cardon, I. De Bourdeaudhuij, L. Danneels, P. Coorevits, G. Vanderstraeten, D. De Clercq, Static and dynamic standing balance: test-retest reliability and reference values in 9 to 10 year old children, *Eur. J. Pediatr.* 165 (2006) 779–786.
- [127] D. Felten, *Atlas de neuroscience humaine de Neter*, Elsevier M, 2006.
- [128] O. Sasaki, S. Usami, P. Gagey, J. Martinerie, M. Le Van Quyen, P. Arranz, Role of visual input in nonlinear postural control system, *Exp. Brain Res.* 147 (2002) 1–7.
- [129] M. Dolphens, B. Cagnie, P. Coorevits, A. Vleeming, L. Danneels, Classification system of the normal variation in sagittal standing plane alignment: a study among young adolescent boys, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 38 (2013) E1003–E1012.
- [130] T. Pozzo, P. Vernet, C. Creuzot-Garcher, F. Robichon, A. Bron, P. Quercia, Static postural control in children with developmental dyslexia, *Neurosci. Lett.* 403 (2006) 211–215.
- [131] D. Wolff, J. Rose, V. Jones, D. Bloch, J. Oehlert, J. Gamble, Postural balance measurements for children and adolescents, *J. Orthop. Res.* 16 (1998) 271–275.
- [132] S. Mallau, M. Vaugoyeau, C. Assaiante, Postural strategies and sensory integration: No turning point between childhood and adolescence, *PLoS One.* 5 (2010) e13078.
- [133] H. Forssberg, L. Nashner, Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance, *J. Neurosci.* 2 (1982) 545–552.
- [134] S. Barozzi, M. Socci, D. Soi, D. Di Bernardino, G. Fabio, S. Forti, A. Gasbarre, D. Brambilla, A. Cesarani, Reliability of postural control measures in children and young adolescents, *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 271 (2014) 2069–2077.
- [135] L. Nolan, A. Grigorenko, A. Thorstensson, Balance control: sex and age differences in 9- to 16-year-olds, *Dev. Med. Child Neurol.* 47 (2005) 449–454.
- [136] M. Lebedowska, M. Syczewska, Invariant sway properties in children, *Gait Posture.* 12 (2000) 200–204.
- [137] M. Schmid, S. Conforto, L. Lopez, P. Renzi, T. D'Alessio, The development of postural strategies in children: a factorial design study, *J. Neuroengineering Rehabil.* 2 (2005) 29.
- [138] Y. Hsu, C. Kuan, Y. Young, Assessing the development of balance function in children using stabilometry, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.* 73 (2009) 737–740.
- [139] M. Dolphens, B. Cagnie, P. Coorevits, A. Vleeming, G. Vanderstraeten, L. Danneels, Classification system of the sagittal standing alignment in young adolescent girls, *Eur. Spine J.* 23 (2014) 216–225.
- [140] J. McThiong, H. Labelle, E. Berthonnaud, R. Betz, P. Roussouly, Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents, *Eur. Spine J.* 16 (2007) 227–234.
- [141] R. Vedantam, L. Lenke, J. Keeney, K. Bridwell, Comparaison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 23 (1998) 211–215.
- [142] C. Baker, A. Newstead, K. Mossberg, C. Nicodemus, Reliability of static standing balance in nondisabled children: Comparison of two methods of measurement, *Pediatr. Rehabil.* 2 (1998) 15–20.
- [143] *Medicapturs, Manuel d'installation et d'utilisation Winposturo.*, Les espace, 2009.
- [144] J. Pitz, *Validation d'une plate-forme de stabilométrie et de rééducation posturale Winposturo*, Université de Liège, 2012.
- [145] G. Bizzo, N. Guillet, A. Patat, P. Gagey, Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry, *Med. Biol. Eng. Comput.* 23 (1985) 474–476.

- [146] P. Gagey, B. Weber, *Posturologie, Régulation et dérèglement de la station debout*, Masson, Paris, 2005.
- [147] L. Gabriel, K. Mu, Computerized platform posturography for children: test-retest reliability of the sensory test of the VSR System, *Phys. Occup. Ther. Pediatr.* 22 (2002) 101–117.
- [148] J. Piaget, *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, Delachaux, 1977.
- [149] D. Lafond, H. Corriveau, R. Hébert, F. Prince, Intrasection reliability of center of pressure measures of postural steadiness, *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 85 (2004) 896–901.
- [150] S. Mangeot, L. Miller, D. McIntosh, J. McGrath-Carke, J. Simon, R. Hagerman, E. Goldson, Sensory modulation dysfunction in children with attention deficit hyperactivity disorder, *Dev. Med. Child Neurol.* 43 (2001) 399–406.
- [151] J. Rapp, A. Colby, T. Vollmer, H. Roane, J. Lomaas, L. Britton, Interval recording for duration events: an extensive re-evaluation, *Behav. Interv.* 22 (2007) 319–345.
- [152] J. Rapp, A. Colby, D. Michalski, R. Carroll, A. Lindenberg, Detecting changes in simulated events using partial-interval recording and momentary time sampling, *Behav. Interv.* 23 (2008) 237–269.
- [153] N. Bagatell, G. Mirigliani, C. Patterson, Y. Reyes, L. Test, Effectiveness of therapy ball chairs on classroom participation in children with autism spectrum disorders, *Am. J. Occup. Ther.* 64 (2010) 895–903.
- [154] G. Cardon, I. De Bourdeaudhuij, D. De Clercq, Back care education in elementary school: a pilot study investigating the complementary role of the class teacher, *Patient Educ. Couns.* 45 (2001) 219–226.
- [155] G. Lyon, *Learning disabilities*, *Future Child.* 6 (1996) 54–76.
- [156] C. Tourette, *Evaluer les enfants avec déficiences ou troubles du développement*, Dumod, Paris, 2006.
- [157] P. Boyer, J. Guelfi, *DSM-5 : Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux*, Elsevier-M, Paris, 2015.
- [158] C. Billard, B. Ducot, F. Pinton, D. Coste-Zeitoun, S. Picard, J. Warszawski, BREV, une batterie d'évaluation des fonctions cognitives: Validation dans les troubles des apprentissages, *Arch. Pediatr.* 13 (2006) 23–31.
- [159] M. Korkman, U. Kirk, S. Kemp, *Tests d'évaluation de l'attention chez l'enfant (NEPSY) - Classeur d'administration*, ECPA, Paris, 2003.
- [160] D. Weschler, *Echelle d'intelligence de Wechsler pour la période préscolaire et primaire : 4ème édition (WPPSI-IV)*, ECPA, Paris, 2014.
- [161] D. Weschler, *Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfant : 4ème édition (WISC-IV)*, ECPA, Paris, 2005.
- [162] G. Gioia, P. Isquith, S. Guy, L. Kenworthy, Behavior Rating Inventory of Executive Function Behavior Rating Inventory of Executive Function, *Child Neuropsychol.* 6 (2000) 235–238.
- [163] P. Avenati, *Test de collation*, 1964.
- [164] S. Della Sala, C. Gray, A. Baddeley, N. Allamano, L. Wilson, Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory, *Neuropsychologia.* 37 (1999) 1189–1199.
- [165] D. Weschler, *Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfant : 3ème édition (WISC-III)*, ECPA, Paris, 1991.
- [166] R. Brickenkamp, E. Zillmer, *d2 Test of Attention.*, Hogrefe Pu, Göttingen, Germany, 2002.
- [167] P. Wilhelm, M. Van Klink, Validity of the Rey Visual Design Learning Test in primary and secondary school children, *Child Neuropsychol.* 13 (2007) 86–98.
- [168] J. Raven, *Les Progressive Matrices Couleur.*, EAP, Paris, 1981.
- [169] J. Bland, D. Altman, Multiple significance tests: the Bonferroni method, *Bmj.* 310 (1995) 170.
- [170] T. Keith, M. Reynolds, Cattell-Horn-Carroll abilities and cognitive tests: what we've learned from 20 years of research, *Psychol. Sch.* 47 (2010) 635–650.
- [171] J. Camus, *La psychologie cognitive de l'attention*, Masson et, Paris, 1996.
- [172] K. Koenig, S.G. Rudney, Performance challenges for children and adolescents with difficulty processing and integrating sensory information: A systematic review, *Am. J. Occup. Ther.* 64 (2010) 430–442.
- [173] B. De Lière, L. Staes, *La psychomotricité au service de l'enfant*, De Boeck, Bruxelles, 1993.
- [174] M. Vernier, *Bouger en classe et à la maison : mouvements et respirations pour un corps et un esprit dynamiques*, Loisirs et Pédagogie, Lausanne, 2011.
- [175] A. Sébire, C. Pierotti, *Pratiques corporelles de bien-être : mieux apprendre à l'école, mieux gérer sa classe*, EP&S, Paris, 2014.

- [176] F. Mendez, A. Gomez-Conesa, Postural hygiene program to prevent low back pain, *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 26 (2001) 1280-1286.
- [177] I. Calvo-Muñoz, A. Gómez-Conesa, J. Sánchez-Meca, Preventive physiotherapy interventions for back care in children and adolescents: a meta-analysis, *BMC Musculoskelet. Disord.* 13 (2012) 152-171.
- [178] E. Geldhof, G. Cardon, I. De Bourdeaudhuij, D. De Clercq, Back posture education in elementary schoolchildren: a 2-year follow-up study, *Eur. Spine J.* 16 (2007) 841-850.
- [179] J. Lagarde, O. Hantkie, A. Hajjioui, A. Yelnik, Neuropsychological disorders induced by cerebellar damage, *Ann. Phys. Rehabil. Med.* 52 (2009) 360-370.
- [180] S. Ray-kaeser, Les concepts théoriques et l'approche thérapeutique d'Intégration Sensorielle, *Ergothérapie*. 49 (2013) 13-20.
- [181] A. Bastian, Learning to predict the future: the cerebellum adapts feedforward movement control, *Curr. Opin. Neurobiol.* 16 (2006) 645-649.
- [182] ONE, Carnet de l'enfant : 0-12 ans, Bruxelles, 2017.
- [183] J. Lacombe, Le développement de l'enfant de la naissance à 7 ans. Approche théorique et activités corporelles, De Boeck, Bruxelles, 2008.
- [184] C. Assaiante, B. Amblard, An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans, *Hum. Mov. Sci.* 14 (1995) 13-43.
- [185] N. Gouleme, M. Ezane, S. Wiener-Vacher, M. Bucci, Spatial and temporal postural analysis: a developmental study in healthy children, *Int. J. Dev. Neurosci.* (2014) 1-9.
- [186] M. Woollacott, A. Shumway-Cook, Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research, *Gait Posture*. 16 (2002) 1-14.
- [187] A. Legrand, K. Doré Mazars, C. Lemoine, V. Nougier, I. Olivier, Interference between oculomotor and postural tasks in 7-8-year-old children and adults, *Exp. Brain Res.* 234 (2016) 1667-1677.
- [188] I. Olivier, R. Cuisinier, M. Vaugoyeau, V. Nougier, C. Assaiante, Age-related differences in cognitive and postural dual-task performance, *Gait Posture*. 32 (2010) 494-499.
- [189] Y. Blanchard, S. Carey, J. Coffey, A. Cohen, T. Harris, S. Michlik, G. Pellicchia, The influence of concurrent cognitive tasks on postural sway in children, *Pediatr Phys Ther.* 17 (2005) 189-193.
- [190] I. Olivier, R. Cuisinier, M. Vaugoyeau, V. Nougier, C. Assaiante, Dual-task study of cognitive and postural interference in 7-year-olds and adults, *Neuroreport*. 18 (2007) 817-821.
- [191] I. Olivier, E. Palluel, V. Nougier, Effects of attentional focus on postural sway in children and adults, *Exp. Brain Res.* 185 (2008) 341-345.
- [192] S. Iivonen, A. Saakslanti, J. Liukkonen, Time spent practicing fundamental motor skills during an eight-month preschool PE programme, in: *Child. Exerc. XXIV Proceeding 24th Pediatr. Work Physiol. Meet.*, 2009.
- [193] R. Pate, J. O'Neill, W. Byun, K. McIver, M. Dowda, W. Brown, Physical activity in preschool children: comparison between Montessori and traditional preschools, *J. Sch. Health.* 84 (2015) 716-721.
- [194] U. Hiroshi, F. Masahiko, F. Yoshinagai, The Effect of a Tilting Seat on Back, Lower back and legs during Sitting Work, *Ind. Health.* 37 (1999) 369-381.
- [195] J. Noda, W. Tanaka-Matsumi, Effect of a classroom-based behavioral intervention package on the improvement of children's sitting posture in Japan, *Behav. Modif.* 33 (2009) 263-273.
- [196] S. Linton, A. Hellsing, T. Halme, K. Akerstedt, The effects of ergonomically designed school furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour, *Appl. Ergon.* 25 (1994) 299-304.
- [197] M. de Wall, M. van Riel, C. Snijders, J. van Wingerden, The effect on sitting posture of a desk with a 10 degree inclination for reading and writing, *Ergonomics*. 34 (1991) 575-584.
- [198] M. Marschall, A. Harrington, J. Steele, Effect of work station design on sitting posture in young children, *Ergonomics*. 38 (1995) 1932-1940.
- [199] A. Kaspiris, T. Grivas, C. Zafiropoulou, E. Vasiliadis, O. Tsadira, Nonspecific low back pain during childhood: a retrospective epidemiological study of risk factors, *J. Clin. Rheumatol.* 16 (2010) 55-60.
- [200] J. Wemmie, R. Taugher, C. Kreple, Acid-sensing ion channels in pain and disease, *Nat Rev Neurosci.* 14 (2013) 461-471.
- [201] S. Lee, J. Park, B. Jung, S. Lee, Effects of different seat cushions on interface pressure distribution: a pilot study, *J. Phys. Ther. Sci.* 28 (2016) 227-30.
- [202] T. Rajotte, J. Giroux, D. Voyer, Les difficultés des élèves du primaire en mathématiques, quelle perspective d'interprétation privilégiée? *J. Educ. Des Sci.* 49 (2014) 67-88.

- [203] R. Rosenthal, L. Jacobson, *Pygmalion à l'école*, Casterman, Paris, 1971.
- [204] N. Smith-Zuzovsky, C. Exner, The Effect of Seated Positioning Quality on Typical 6- and 7-Year-Old Children's Object Manipulation Skills, *Am. J. Occup. Ther.* 58 (2004) 380-388.
- [205] D. Schilling, I. Schwartz, Alternative seating for young children with autism spectrum disorder: Effects on classroom behavior, *J. Autism Dev. Disord.* 34 (2004) 423-432.
- [206] G. Gaastra, Y. Groen, L. Tucha, O. Tucha, The effects of classroom interventions on off-task and disruptive classroom behavior in children with symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review, *PLoS One.* 11 (2016) 1-19.
- [207] T. May-Benson, J. Koomar, Systematic review of the research evidence examining the effectiveness of interventions using a sensory integrative approach for children, *Am. J. Occup. Ther.* 64 (2010) 403-414.
- [208] L. Miller, M. Anzalone, S. Lane, S. Cermak, E. Osten, Concept Evolution In Sensory Integration : A proposed nosology for diagnosis, *Am. J. Occup. Ther.* 61 (2007) 136-140.
- [209] Z. Shorer, B. Becker, T. Jacobi-Polishook, L. Oddsson, I. Melzer, Postural control among children with and without attention deficit hyperactivity disorder in single and dual conditions., *Eur. J. Pediatr.* 171 (2012) 1087-94.
- [210] A. Legrand, E. Bui-Quoc, K. Doré-Mazars, C. Lemoine, C. Gérard, M. Bucci, Effect of a dual task on postural control in dyslexic children, *PLoS One.* 7 (2012) e35301.
- [211] M. Halaki, K. Ginn, Normalization of EMG Signals : To Normalize or Not to Normalize and What to Normalize to ? (2012).
- [212] S. Mathiassen, J. Winkel, G. Hagg, Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review, *J. Electromyogr. Kinesiol.* 5 (1995) 197-226.
- [213] M. Okada, An electromyographic estimation of the relative muscular load in different human postures, *J. Hum. Ergol. (Tokyo).* 1 (1972) 75-93.
- [214] A. Mandal, The correct height of school furniture, *Physiotherapy.* 70 (1984) 48-53.
- [215] P. Sabatier, *Mobilier ergonomique et contraintes biomécaniques subies par le système musculo-squelettique en posture assise*, Toulouse, 2014.
- [216] B. Hidalgo, F. Gobert, D. Bragard, C. Detrembleur, Effects of proprioceptive disruption on lumbar spine repositioning error in a trunk forward bending task, *J. Back Musculoskeletal Rehabil.* 26 (2013) 381-387.
- [217] C. Petersen, C. Zimmermann, S. Cope, M. Bulow, E. Ewers-Panveno, A new measurement method for spine reposition sense, *J. Neuroengineering Rehabil.* 5 (2008) 1-9.
- [218] B. Stillman, Making sense of proprioception: The meaning of proprioception, kinaesthesia and related terms, *Physiotherapy.* 88 (2002) 646-667.
- [219] J. Winter, T. Allen, U. Proske, Muscle spindle signals combine with the sense of effort to indicate limb position, *J. Physiol.* 568 (2005) 1035-1046.
- [220] G. Lehman, Biomechanical assessment of lumbar spinal function. How low back pain sufferers differ from normal. Implication for outcomes measures research. Part I: kinematic assessment of lumbar function, *J. Manipulative Physiol. Ther.* 27 (2004) 57-62.
- [221] V. Feipel, C. Parent, P. Dugailly, E. Brassine, P. Salvia, M. Rooze, Development of kinematics tests for the evaluation of lumbar proprioception and equilibration, *Clin. Biomech.* 18 (2003) 612-618.
- [222] K. Gill, M. Callaghan, The measurement of lumbar proprioception in individuals with and without low back pain, *Spine (Phila. Pa. 1976).* 23 (1998) 371-377.
- [223] P. Pal, S. Milosavljevic, G. Sole, E. Al., Hip and lumbar continuous motion characteristics during flexion and return in young healthy males, *Eur. Spine J.* 16 (2007) 741-747.
- [224] F. Kagerer, J. Clark, Development of interactions between sensorimotor representations in school-aged children, *Hum. Mov.* 34 (2014) 164-177.
- [225] J. Ashton-Miller, K. McGlashen, A. Schultz, Trunk positioning accuracy in children 7-18 years old, *J. Orthop. Res.* 10 (1992) 217-225.
- [226] RTBInfo, *Les petits belges parmi les enfants les plus sédentaires au monde*, (2016).
- [227] E. Commission/EACEA/Eurydice, *Physical Education*, Publicatio, Luxembourg, 2013.
- [228] P. Dempsey, N. Owen, T. Yates, B. Kingwell, D. Dunstan, Sitting Less and Moving More: Improved Glycaemic Control for Type 2 Diabetes Prevention and Management, *Curr. Diab. Rep.* 16 (2016) 114.
- [229] D. Gregory, N.M. Dunk, J.P. Callaghan, Stability Ball Versus Office Chair: Comparison of Muscle Activation and Lumbar Spine Posture During Prolonged Sitting, *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.* 48 (2006) 142-153.

- [230] J. Jackson, P. Banerjee-Guenette, D. Gregory, J. Callaghan, Should we be more on the ball? The efficacy of accommodation training on lumbar spine posture, muscle activity, and perceived discomfort during stability ball sitting, *Hum. Factors*. 55 (2013) 1064–1076.
- [231] S. Mc Gill, N. Kavcic, E. Harvey, Sitting on a chair or an exercise ball : Various perspectives to guide decision making, *Clin. Biomech*. 21 (2006) 353–360.
- [232] S. Kosola, L. Mundy, S. Sawyer, L. Canterford MBiostat, D. van der Windt, K. Dunn, G. Patton, Pain and learning in primary school, *Pain*. 158 (2017) 1825–1830.

ANNEXES

I. Mise en place de la batterie de tests

I.1. GRILLE D'OBSERVATION DE LA POSITION ASSISE : VERSION 1

- Grille d'observation de la position assise : version 1

DATE :	SUJET :	LATERALITE :	EVALUATEUR :	TÂCHE :
POSITION GLOBALE	Avant		Arrière	
	<input type="radio"/> Neutre <input type="radio"/> Assis sur un talon <input type="radio"/> Assis sur 2 talons <input type="radio"/> Assis en débord de chaise <input type="radio"/> Assis jambes croisées <input type="radio"/> Balancement	<input type="radio"/> Neutre <input type="radio"/> Assis sur un talon <input type="radio"/> Assis sur 2 talons <input type="radio"/> Assis en débord de chaise <input type="radio"/> Assis jambes croisées <input type="radio"/> Balancement	Autres <input type="radio"/> Debout <input type="radio"/> 4 pattes <input type="radio"/> Déplacements	
TETE				
APPUI	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non		
ROTATION	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Gauche	<input type="radio"/> Droite	
INCLINAISON	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Gauche	<input type="radio"/> Droite	
COLONNE CERVICALE	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Flexion	<input type="radio"/> Extension	<input type="radio"/> Antéprojection
TRONC				
APPUI DOSSIER	<input type="radio"/> Complet	<input type="radio"/> Partiel	<input type="radio"/> Aucun	
APPUI TABLE/ACCOUDOIRS	<input type="radio"/> Oui	<input type="radio"/> Non		
ROTATION	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Gauche	<input type="radio"/> Droite	
INCLINAISON	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Gauche	<input type="radio"/> Droite	
TRANSLATION	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Gauche	<input type="radio"/> Droite	
COLONNE LOMBAIRE	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Flexion	<input type="radio"/> Extension	
MEMBRES SUPERIEURS - ZONE DE TRAVAIL				
SAGITTALEMENT	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Eloigné		
TRANSVERSALEMENT	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Décalé côté homolatéral	<input type="radio"/> Décalé côté hétérolatéral	
FRONTALEMENT	<input type="radio"/> Neutre	<input type="radio"/> Abduction MSG	<input type="radio"/> Abduction MSD	
MEMBRES INFERIEURS				
APPUI	<input type="radio"/> Total	<input type="radio"/> Partiel	<input type="radio"/> Aucun	
CUISSES	<input type="radio"/> Ecartées	<input type="radio"/> Parallèle	<input type="radio"/> Croisées	
ANGLE TRONC-CUISSES	<input type="radio"/> Ouvert	<input type="radio"/> Droit	<input type="radio"/> Fermé	

- Notice d'utilisation de la grille d'observation de la position assise : version 1

TACHE	
ECOUTE	Enfant en train d'écouter l'institutrice et/ou un de ses camarades
TRAVAIL	Enfant appliqué à une tâche

POSITION GLOBALE	
AVANT <ul style="list-style-type: none"> - NEUTRE - ASSIS SUR 1 TALON - ASSIS SUR 2 TALONS - ASSIS EN DEBORD - ASSIS JAMBES CROISEES - BALANCEMENT 	Tronc porté vers l'avant par rapport à la verticale <ul style="list-style-type: none"> - Contact entre les deux fesses et l'assise de la chaise (jambes non croisées) - Assis avec une jambe repliée sous les fesses - Assis avec les deux jambes repliées sous les fesses - Contact entre 1 fesse et l'assise de la chaise, l'autre jambe étant dans le vide - Assis avec les cuisses croisées l'une sur l'autre NB : un croisement des jambes au niveau des chevilles ne compte pas - Contact de seulement les 2 pieds avant de la chaise au sol
ARRIERE <ul style="list-style-type: none"> - NEUTRE - ASSIS SUR 1 TALON - ASSIS SUR 2 TALONS - ASSIS EN DEBORD - ASSIS JAMBES CROISEES - BALANCEMENT 	Tronc porté vers l'arrière par rapport à la verticale <ul style="list-style-type: none"> - Contact entre les deux fesses et l'assise de la chaise (jambes non croisées) - Assis avec une jambe repliée sous les fesses - Assis avec les deux jambes repliées sous les fesses - Contact entre 1 fesse et l'assise de la chaise, l'autre jambe étant dans le vide - Assis avec les cuisses croisées l'une sur l'autre NB : un croisement des jambes au niveau des chevilles ne compte pas - Contact de seulement les 2 pieds arrière de la chaise au sol
AUTRE <ul style="list-style-type: none"> - DEBOUT - 4 PATTES - DEPLACEMENT 	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de contact entre les membres inférieurs et l'assise de la chaise - A genoux redressé sur la chaise (--> aucun contact talons-fesses) - Enfant debout et se déplaçant dans la classe

NUQUE	
APPUI - OUI - NON	<ul style="list-style-type: none"> - Soutien de la tête par une ou deux mains accompagné d'un appui des avant-bras sur la table - Sans soutien de la tête N'est pas considéré comme un appui la simple prise de contact
ROTATION	La rotation est dite positive à gauche ou à droite si celle-ci est supérieure à 20° c'est-à-dire quand le plan du nez forme un angle de plus de 20° avec le plan sagittal
INCLINAISON	L'inclinaison est dite positive à gauche ou à droite si celle-ci est supérieure à 20° c'est à dire quand le plan des yeux forme un angle de plus de 20° avec celui des épaules
COLONNE CERVICALE - NEUTRE - FLEXION - EXTENSION - ANTEPROJECTION	<ul style="list-style-type: none"> - La position est dite neutre lorsque l'angle formé par l'axe du tronc et celui du regard est compris entre 85° et 95° - La flexion est dite positive lorsque l'angle formé par l'axe du tronc et celui du regard est inférieur à 85° - L'extension est dite positive lorsque l'angle formé par l'axe du tronc et celui du regard est supérieur à 95° - La tête est dite antéprojetée lorsque la verticale abaissée à partir du tragus tombe en avant de la partie supérieure du thorax (regard horizontal)

TRONC	
APPUI DOSSIER - COMPLET - PARTIEL - AUCUN	<ul style="list-style-type: none"> - Appui du dos sur toute la surface du dossier de la chaise - Appui du dos sur moins de la moitié du dossier de la chaise - Sans appui du dos sur le dossier
APPUI TABLE/ACCOUDOIRS - OUI - NON	<ul style="list-style-type: none"> - Appui d'un ou 2 avant-bras sur le plan de travail et/ou les accoudoirs - Sans appui des avant-bras sur le plan de travail et/ou les accoudoirs NB : n'est pas considéré comme un appui la simple prise de contact
ROTATION	La rotation est dite positive à gauche ou à droite si celle-ci est supérieure à 20° c'est-à-dire quand le plan des épaules forme un angle de plus de 20° avec celui du bassin
INCLINAISON	L'inclinaison est dite positive à gauche ou à droite si celle-ci est supérieure à 20° c'est-à-dire quand le plan des épaules forme un angle de plus de 20° avec celui du bassin
TRANSLATION	La translation est dite positive à gauche ou à droite si la verticale abaissée à partir de C7 tombe plus loin que la moitié de la fesse homolatérale (ceintures scapulaire et pelvienne parallèles)

<p>COLONNE LOMBAIRE</p> <ul style="list-style-type: none"> - NEUTRE - FLEXION - EXTENSION 	<ul style="list-style-type: none"> - La colonne lombaire est dite en position neutre lorsque le dos se trouve en rectitude (lordose physiologique) (0-4 cm de flèche lombaire) - La colonne lombaire est dite en flexion lorsqu'on est en présence d'une convexité postérieure (dos rond) (< 0 cm de flèche lombaire) - La colonne lombaire est dite en extension lorsqu'on est en présence d'une concavité supérieure à la courbure lombaire physiologique (hyperlordose) (> 4 cm de flèche lombaire)
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MEMBRES SUPERIEURS – ZONE DE TRAVAIL	
<p>SAGITALEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> - NEUTRE - ELOIGNE 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel manipulé et/ou focalisé positionné par rapport au corps à une distance inférieure ou égale à 30 cm (A4) - Matériel manipulé et/ou focalisé éloigné du corps de plus de 30 cm (A4)
<p>TRANSVERSALEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> - NEUTRE - DECALE HOMOLAT - DECALE HETEROLAT 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel manipulé et/ou focalisé centré par rapport au tronc - Matériel manipulé et/ou focalisé désaxé par rapport au tronc du côté de la main dominante de telle sorte que le matériel est en dehors de l'espace délimité par la largeur du tronc - Matériel manipulé et/ou focalisé désaxé par rapport au tronc du côté opposé à la main dominante de telle sorte que le matériel se trouve au-delà du plan sagittal
<p>FRONTALEMENT</p>	<p>L'abduction du membre supérieur gauche ou droit est dite positive si celle-ci est supérieure à 30° c'est-à-dire quand l'axe de l'avant-bras forme un angle de plus de 30° avec celui du tronc</p>

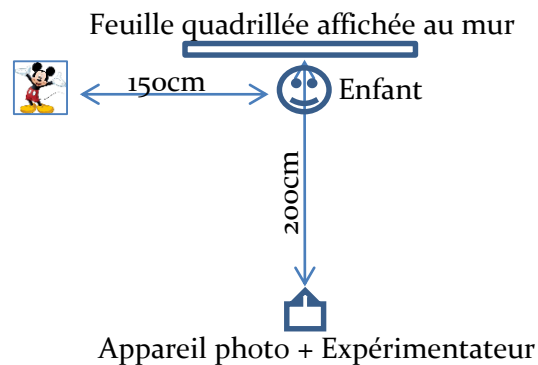
I.2. TESTS POSTURAUX

- Évaluation du maintien dans le plan sagittal et frontal par photographies

Matériel :

- 13 marqueurs rouges + collant double face ;
- 1 feuille quadrillée (affichée au mur afin de créer un repère orthonormé nécessaire à l'analyse des photographies a posteriori) ;
- 1 fil à plomb (afin de pouvoir afficher de manière exacte la feuille quadrillée en se basant sur la verticale donnée par le fil à plomb) ;
- 1 appareil photo + pied (avec pied placé à 2m du mur)
- 1 cible mickey (afin d'offrir un support visuel à l'enfant lors de la prise de la photographie de profil et qu'il sache plus facilement vers où se tourner) ;
- 1 panneau « indicateur » (sur lequel sont notées les initiales de l'enfant ainsi que le numéro de l'évaluation en cours afin de pouvoir facilement reconnaître la photo lors de l'analyse à postériori) ;
- Ruban adhésif (afin de créer une marque au sol en forme de croix devant la feuille quadrillée de sorte que l'enfant comprenne facilement où placer ses pieds lors de la prise des photographies, à savoir de part et d'autre de la branche perpendiculaire au mur pour les photos de face et de dos et de la branche horizontale au mur pour les photos de profil) ;
- Elastique (pour attacher les cheveux longs).

Disposition :



Administration : Placer les marqueurs rouges sur l'enfant déshabillé au niveau de :

- C7
- Acromion gauche et droit
- EIPS gauche et droite
- EIAS gauche et droite
- Grand trochanter gauche
- Interligne articulaire genou gauche
- Pointe de la rotule gauche et droite
- Malléole externe gauche

Lui demander de se tenir normalement, les mains posées sur le nombril, les pieds placés de part et d'autre de la branche verticale de la croix tracée au sol devant la feuille quadrillée et le poids réparti de manière équitable sur chacun des deux pieds. Son regard doit être posé sur la cible placée à 1m50 devant à hauteur des yeux. Pour cela, lui dire :

Place-toi devant la feuille quadrillée que tu vois ici (lui montrer) en regardant vers la gauche comme ceci (l'aider à se placer au bon endroit). Place tes pieds de part et d'autre de la ligne qui est au sol légèrement écartés. Tiens-toi normalement (correctement), les bras sur le ventre, bien relâchés et regarde bien Mickey droit devant toi. Ok super, reste bien comme ça je vais maintenant prendre une photo.

Prendre une première photo puis dire à l'enfant :

Ok super, maintenant on va marcher 10 pas sur place comme un soldat (faire 10 pas de soldat avec lui) Ok très bien, maintenant mets-toi face à moi, les pieds de part et d'autre de la ligne et les bras bien relâchés le long du corps. Regarde bien droit devant toi vers moi. Ok super, je vais reprendre une photo.

Prendre la photo puis prendre encore une photo de dos ainsi qu'une dernière de profil exactement pareille à la première fois.

Traitement des données : Analyser uniquement les trois dernières photos prises ; la première pouvant ne pas spécialement refléter la posture exacte des enfants qui serait mal à l'aise et ne se tiendrait donc pas naturellement.

Sur ces photos, mesurer respectivement les angles suivants à l'aide du logiciel *Meazure*[®] :

1/ Photographie de face

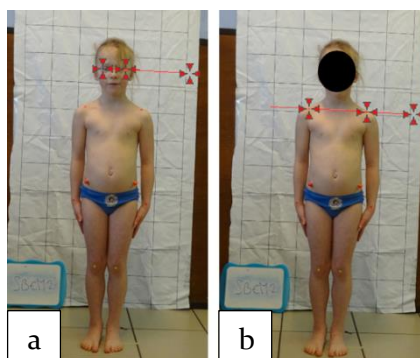


Figure 9 : Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan frontal de face

- a. Angle d'inclinaison du regard : angle entre le plan du regard (ligne joignant les deux yeux) et l'horizontale.
- b. Angle d'inclinaison des épaules : angle entre le plan des épaules (ligne joignant les repères acromion gauche et droit) et l'horizontale.

2/ Photographie de dos

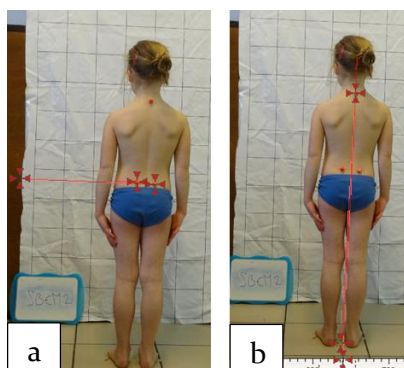
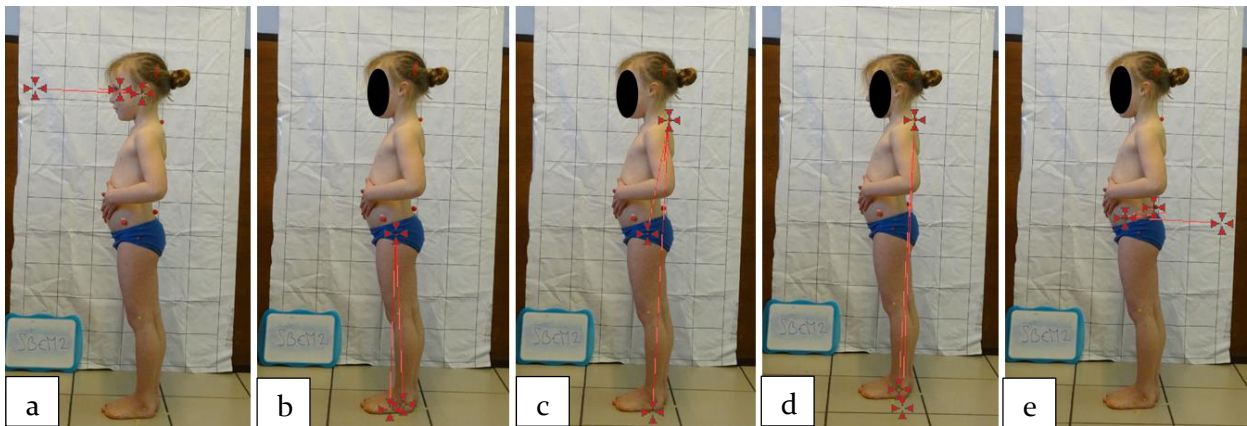


Figure 10 : Illustration de la méthode d'analyse des angles étudiés lors de l'évaluation de la statique dans le plan frontal de dos

- a. Angle d'inclinaison du bassin : angle entre le plan du bassin (ligne joignant les repères EIPS gauche et droit) et l'horizontale.
- b. Verticale de barré : angle entre la verticale passant par C7 et la ligne joignant C7 et le milieu de la distance entre les deux pieds.

3/ Photographie de profil (latérale gauche)



- a. Angle d'inclinaison de la tête : angle entre l'horizontale et la ligne joignant l'œil et le tragus.
- b. Angle de déplacement du bassin : angle entre la verticale et la ligne joignant le grand trochanter à la malléole externe ; il est considéré positif lorsque le grand trochanter est positionné antérieurement à la malléole externe.
- c. Angle d'inclinaison du tronc : angle entre la verticale et la ligne joignant le processus épineux C7 au grand trochanter ; il est considéré positif lorsque C7 est situé antérieurement au grand trochanter.
- d. Angle d'inclinaison du corps : angle entre la verticale et la ligne joignant le processus épineux C7 à la malléole ; il est considéré positif lorsque C7 est situé antérieurement à la malléole externe.
- e. Angle de bascule du bassin : angle entre l'horizontale et la ligne joignant l'épine iliaque antéro-supérieure et l'épine iliaque postéro-supérieure; il est considéré positif lorsque l'EIAS est inférieur à l'EIPS.

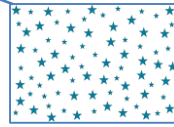
- Évaluation de l'équilibre sur plateforme de force :

Matériel :

- Plate-forme de force (placée à 1 mètre du mur)¹ ;
- Cales en plexiglass (pour standardiser la position de l'enfant sur la plateforme) ;
- Ordinateur + câble de raccordement ;
- Laser (référence verticale) ;
- Cache-yeux ;
- Feuille blanche (au cas où le mur ne serait pas blanc) ;
- Feuilles « étoiles » (2) (double tache);

¹ conçue selon les critères standards de l'Association Française de Posturologie et est certifiée CE Dekra selon la directive européenne 93/42 annexe VI [32]

Disposition :



Feuille « étoiles » affichée au mur blanc lors de l'évaluation en condition « double tâche »

Administration : Poser la plateforme dans un endroit avec le moins possible d'afférences visuelles et auditives, à 1 m d'un mur où est projetée une référence verticale (laser rouge) à hauteur des yeux.

Calibrer la plateforme.

Placer le sujet sur la plateforme de manière standardisée grâce à aux cales en plexiglas (angles de 30° entre les deux pieds) et lui demander de se tenir droit, de manière détendue les bras le long du corps et de fixer le repère au mur.

Retirer les cales et dire :

Je vais te demander de compter à voix haute le plus loin que tu peux le plus de fois possible jusqu'à ce que je te dise de t'arrêter tout en bougeant le moins possible et en regardant bien la ligne rouge verticale que tu vois sur le mur. Si tu te trompes ce n'est pas grave et si tu ne sais plus non plus, on reprendra à zéro. Attention tu es prêt ? C'est parti !

Lancer l'acquisition des données.

Une fois la première acquisition terminée dire à l'enfant :

Super ! Maintenant nous allons recommencer exactement la même chose mais en te cachant les yeux grâce à ce cache yeux. Tiens-toi bien normalement et compte à nouveau le plus loin que tu peux jusqu'à ce que je te dise d'arrêter. Attention tu es prêt ? C'est parti !

Une fois la deuxième acquisition terminée dire à l'enfant :

Super ! Maintenant nous allons recommencer exactement la même chose mais cette fois tu devras te concentrer pour essayer de me dire combien de petites étoiles tu vois sur la planche que je vais placer devant tes yeux. Tiens-toi bien normalement et compte le nombre de petites étoiles jusqu'à ce que je te dise d'arrêter. Attention tu es prêt ? C'est parti !

Réaliser chaque condition de test (YO, YF, double tâche) à deux reprises d'affilée.

Chaque enregistrement dure 52 sec et 15 sec de repos sont respectées entre les 2 répétitions d'une même condition. Entre chaque condition une période de « free-motion » est prévue pour que l'enfant puisse se défouler.

Paramètres d'acquisition :

- Transduction de la force appliquée en signal électrique via des jauges de contrainte ;
- Fréquence d'acquisition : 5 Hz ;
- Mode : Enfant ;
- Conversion analogique – numérique : 16 bits.

Traitement des données :

Traiter chaque acquisition à posteriori de sorte à ne garder que 30 secondes d'acquisition (de la 5^{ème} seconde à la 35^{ème}) afin de ne conserver que le temps durant lequel l'enfant est probablement pleinement concentré à son exercice.

Pour chaque acquisition, analyser le statokinésigramme (Figure ...) et mesurer les paramètres suivants :

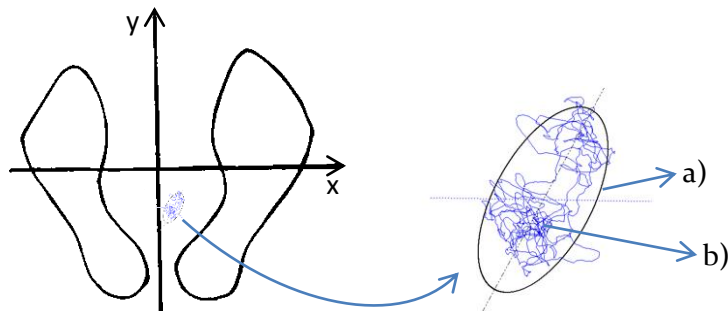


Figure ...: Statokinésigramme obtenu grâce à la plateforme Winposturo©

- a) Surface (mm²) = surface de l'ellipse reprenant 90% des positions du centre de pression
- b) Longueur xy (mm) = longueur totale parcourue par le centre de pression

Calculer ensuite la moyenne des deux valeurs obtenues pour une même condition.

I.3. TESTS COGNITIFS

- Consignes générales :

- Placer une farde entre les enfants d'un même banc
- Insister sur le fait qu'on ne peut pas tricher (ceci n'est pas un test), que ce n'est pas grave s'ils n'arrivent pas au bout de l'exercice (c'est même normal) et qu'il faut arrêter l'exercice dès qu'on le dit

- Évaluation de l'attention sélective visuelle par balayage visuel :

<u>Référence :</u>	Le subtest de base « <i>Attention visuelle</i> » du NEPSY ² [41].
<u>Description :</u>	Ce test est conçu pour évaluer la vitesse et la précision permettant le maintien de l'attention sélective sur les stimuli visuels contenus dans un cadre.
<u>Adaptations :</u>	<ul style="list-style-type: none">- Modification des pictogrammes (flammes/symboles VS chats/visages)- Détermination d'un temps limite de réponse (VS mesure du temps pour compléter toute la feuille)- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)- Pas de mesure qualitative concernant la méthode de travail
<u>Matériel :</u>	<ul style="list-style-type: none">- Feuille d'exemple A3 (2) ;- Carnet de réponses (2) ;- Chronomètre ;- Crayon rouge sans gomme ;- Calque de correction (2).
<u>Limite de temps :</u>	180 secondes par feuille de réponse
<u>Administration :</u>	a) EXEMPLE Poser le carnet de réponse à plat en face de chaque enfant. Montrer la cible et dire : <i>Voici un « O ». Là, en dessous (montrer la ligne du dessous), il y a d'autres « O ». Voyons si vous pouvez trouver tous les « O ». Quand vous trouvez un « O », faites un trait dessus comme ceci (tracer un trait sur le « O » cible). Vous avez compris ? Allez-y.</i>

² Bilan Neuropsychologique de l'Enfant.

b) LES FLAMMES

Poser la feuille « flamme » à plat en face de chaque enfant, l'image cible présentée en haut au centre de la page.

Montrer la cible en haut de la page et dire :

Voici une flamme. Là, en dessous (montrer les dessins en dessous), il y a d'autres flammes. Voyons si vous pouvez trouver toutes les flammes. Quand vous trouvez une flamme, faites un trait dessus comme ceci (tracer un trait sur la flamme cible en haut de la page).

Placer le crayon rouge en face de l'enfant et dire :

Faites un trait rouge sur toutes les flammes aussi vite que vous pouvez jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter.

Vous êtes prêts ? On y va !

Déclencher le chronomètre puis l'arrêter après 180 secondes.

c) LES SYMBOLES

Poser la feuille « symbole » à plat en face de chaque enfant, les images cibles présentées en haut au centre de la page.

Montrer les cibles en haut de la page et dire :

Voici deux symboles. Là, en dessous (montrer les dessins en dessous), il y a d'autres symboles. Voyons si vous pouvez trouver tous les symboles. Quand vous trouvez un de ces deux symboles, faites un trait dessus comme ceci (tracer un trait sur les symboles cibles en haut de la page). Ces deux symboles (montrer les symboles cibles) ne sont pas forcément l'un à côté de l'autre, ici (montrer les dessins en dessous).

Placer le crayon rouge en face de chaque enfant et dire :

Allez dans ce sens (indiquer à l'enfant d'aller de la gauche vers la droite) sans sauter aucun symbole et faites un trait sur tous les symboles que vous voyez. Quand vous avez fini cette ligne, passez à la ligne suivante (montrer aux enfants comment passer à la ligne suivante et reprendre le balayage de gauche à droite) jusqu'à ce que je dise d'arrêter.

Vous êtes prêts ? On y va !

Déclencher le chronomètre puis l'arrêter après 180 secondes. (! Ne pas laisser continuer les enfants à barrer les images après le délai de 180 secondes écoulé).

Cotation :

Se servir des calques de correction pour identifier le nombre de cibles correctement cochées et le nombre de non-cibles cochées (fausses

alarmes). Pour chaque item déterminer le nombre de cibles traitées (vitesse), le nombre de cibles correctement traitée (justesse) et le nombre de convenablement traitées par rapport au nombre total de cibles traitées (précision). La note totale pour chacune de ses variables correspond à la somme des deux notes obtenues pour chaque item.

- Évaluation de l'attention soutenue :

<u>Référence</u> :	Le « <i>test de collationnement</i> » d'Avenati [43]
<u>Description</u> :	Ce test est une épreuve de rapidité et d'exactitude conçu pour évaluer la capacité à maintenir son attention dans la longueur.
<u>Adaptations</u> :	<ul style="list-style-type: none">- Modification des pictogrammes (animaux VS chiffres/lettres)- Détermination d'un temps limite de réponse (VS mesure du temps pour compléter toute la feuille)- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)- Pas de mesures intermédiaires toutes les x minutes
<u>Matériel</u> :	<ul style="list-style-type: none">- Feuille d'exemple A3 ;- Carnet de réponses ;- Chronomètre ;- Crayon gris sans gomme ;- Calque de correction (2).
<u>Limite de temps</u> :	10 minutes
<u>Administration</u> :	<p>Poser le carnet de réponses en face de chaque enfant, leur donner un crayon gris et dire :</p> <p><i>Vous trouverez, à l'intérieur du carnet que l'on vient de vous distribuer un exercice qui se présente sous la forme d'images groupées ressemblant à ceci (montrer l'exemple aux enfants). A chaque fois que les deux groupes d'images sont exactement les mêmes, faites un « V » sur la ligne qui relie les deux (compléter les exemples sur la feuille d'exemple en même temps que les enfants sur la leur).</i></p> <p><i>Ce test est une épreuve de rapidité et d'exactitude. Quand je vous le dis, tournez la première feuille et répondez aux plus de lignes possible jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter.</i></p> <p><i>Vous êtes prêts ? On y va.</i></p> <p>Déclencher le chronomètre puis l'arrêter après 10 minutes.</p>
<u>Cotation</u> :	Se servir des calques de correction pour identifier le nombre total de groupes que l'enfant a traité dans le temps imparti (vitesse), le nombre de

groupes correctement traités (justesse) et le nombre de groupes semblables correctement traités par rapport au nombre total de groupes traités (précision).

- Évaluation de la mémoire de travail :

Référence : Le « *Visual Patterns Test* » [48].

Objectif : Ce test est conçu pour évaluer la capacité de l'enfant à restituer une visualisation spatiale à laquelle il vient d'être soumis.

Adaptations :

- Modification de l'emplacement des croix bleues (randomisée)
- Projection des représentations graphiques au tableau (VS sur ordinateur)
- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)

Matériel :

- Diaporama de 12 représentations graphiques ;
- Feuille de réponses ;
- Feuille d'exemple ;
- Crayon gris sans gomme.

Administration : Poser la feuille de réponses devant chaque enfant, lui donner un crayon gris et dire :

Je vais vous montrer un cadre avec des croix bleues comme celui-ci (montrer la feuille d'exemple), vous devez regarder très attentivement les croix et vous souvenir de l'endroit où elles sont placées dans le cadre car une fois que la grille disparaît, vous devrez la redessiner sur votre feuille.

Montrer chaque grille durant 5 secondes puis laisser à l'enfant le temps nécessaire pour qu'il recopie ce qu'il a vu avant de passer à la grille suivante.

Cotation : Noter le nombre de grille correctement restituées sur les 12 proposées au total, chaque réponse correcte valant 1 point.

- Évaluation des capacités de planification:

<u>Référence</u> :	Le test « <i>Labyrinthes</i> » de la WISC IV ³ [42].
<u>Objectif</u> :	Evaluer les capacités de l'enfant à planifier un parcours à réaliser.
<u>Adaptations</u> :	<ul style="list-style-type: none">- Détermination d'un temps limite de réponse (VS mesure du temps pour compléter toute la feuille)- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)
<u>Matériel</u> :	<ul style="list-style-type: none">- Feuilles d'exemple ;- Carnet de passation ;- Crayon sans gomme ;- Chronomètre.
<u>Limite de temps</u> :	6 minutes.
<u>Administration</u> :	Placer le carnet de passation devant chaque enfant, leur donner un crayon gris et dire : <i>Voici un livret contenant une série de 9 labyrinthes ressemblant à celui-ci (montrer l'exemple de labyrinthe aux enfants). Le but est de réussir à faire sortir le plus rapidement possible le personnage du labyrinthe sans se tromper et sans traverser les murs. Quand vous avez terminé le premier et pas avant, tournez la page et fais la même chose pour les autres labyrinthes jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter. Vous êtes prêts ? On y va.</i> Déclencher le chronomètre et arrêter les enfants après 6 minutes.
<u>Cotation</u> :	Attribuer un point pour chaque labyrinthe terminé sans erreur et sans avoir fait demi-tour, un demi-point pour chaque labyrinthe terminé en ayant dû faire demi-tour et zéro point en cas d'erreur tel qu'une traversée de mur.

- Évaluation des praxies visuo-motrices :

<u>Références</u> :	Le subtest de copie de la figure complexe de REY [49].
<u>Objectif</u> :	Ce test est conçu pour évaluer la vitesse de la motricité fine et la précision de la coordination oculomotrice.

³ 4^e édition de l'épreuve d'intelligence de Wechsler pour enfants.

Adaptations : - Réalisation uniquement de la partie « copie » du test (VS « copie » + « mémoire »)
- Projection de la figure au tableau (VS modèle sur papier à côté de soi)
- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)

Matériel : - Feuille de réponses ;
- Grand écran + projecteur + ordi
- Crayon gris, bleu et rouge sans gomme ;
- Chronomètre.

Administration : Poser la feuille de réponses face aux enfants et leur donner un crayon gris.

Leur montrer le dessin projeté au tableau et leur dire :

Vous voyez ce dessin. Recopiez celui-ci sur la feuille blanche. Quand je vous le dirai, vous continuerez de dessiner mais avec la couleur que je vous aurai indiqué.

Vous êtes prêts ? On y va !

Dès que les enfants se mettent à dessiner, déclencher discrètement le chronomètre afin d'éviter de leur faire croire que la rapidité est plus importante que la précision. Leur faire changer de couleur toutes les 3 minutes puis les arrêter après 9 minutes.

Cotation : Après subdivision de chaque figure globale en plusieurs sous-unités (U), coter la figure représentée en octroyant :

par sous-unité	correcte	bien placée : 2 points
		mal placée : 1 point
	déformée/incomplète mais reconnaissable	bien placée : 1 point
		mal placée : 0,5 point
méconnaissable ou absente : 0 point		

- Évaluation des capacités de raisonnement :

Références : - Les subtests « Matrices » et « Concepts en images » du WISC IV [42] ;
- Le subtest « Progressives matrices » de Raven [47].

Objectif : Ce test est conçu pour évaluer les capacités de l'enfant à exercer un effort d'analyse et de raisonnement analogique face à une situation particulière.

Adaptations : - Projection des matrices au tableau (VS modèle sur papier à côté de soi)
- Evaluation de 20 matrices (VS arrêt du test quand l'enfant a fait 3 fautes)

consécutives)

- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)

Matériel :

- Feuille de réponse ;
- Grand écran + projecteur + ordi
- Feuille d'exemple ;
- Crayon gris sans gomme ;
- Chronomètre.

Administration : Poser la feuille de réponse en face des enfants, leur donner un crayon gris et dire :

Vous allez voir apparaître sur l'écran des matrices ressemblant à celle-ci (montrer l'exemple de matrice à l'enfant). Pour chacune d'elles, il manque une image. Choisissez la bonne parmi les cinq qui sont proposées et écrivez la lettre correspondant en face du numéro de l'exercice. Chaque matrice va apparaître 30 secondes puis disparaître pour vous laisser le temps d'indiquer votre réponse. Je vous préviendrai quand on passera à la suivante. Vous êtes prêts ? On y va.

Cotation : Noter le nombre de matrices correctement résolues sur les 20 proposées au total, chaque réponse correcte valant 1 point.

- Évaluation de la vitesse de traitement :

Référence : Code de la WISC IV [42].

Description : Ce test est conçu pour évaluer la capacité à associer en les dessinant des symboles à des chiffres.

Adaptations :

- Modification des pictogrammes (symboles différents)
- Détermination d'un temps limite de réponse (VS mesure du temps pour compléter toute la feuille)
- Consignes adaptées à un grand groupe (« vous » VS « tu »)

Matériel :

- Feuille d'exemple ;
- Feuille de réponse ;
- Crayon sans gomme ;
- Chronomètre ;
- Grille de correction.

Limite de temps : 120 secondes.

Administration : Placer la feuille de réponse en face de chaque enfant. Balayer la ligne de code et dire :

Regardez ces cases. Chacune d'elles est divisée en deux. Regardez bien : dans la partie du haut, il y a un chiffre (balayer la rangée de chiffres de 1 à 9) et dans la partie du bas, il y a un signe (balayer la rangée de signes). A chaque chiffre correspond un signe différent (pointer le 1 et son signe, puis le 2 et son signe).

Pointer la ligne d'exemple et dire :

Ici, il y a des cases qui ont des chiffres dans la partie du haut mais qui sont vides dans la partie du bas. Vous devez les remplir avec les signes qui devraient y être, comme cela.

Pointer le premier item d'exemple puis la case correspondante dans la ligne de code pour montrer le symbole correspondant et dire :

Ici il y a un 3. Au 3 correspond ce signe-là, donc je dessine ce signe dans la case vide comme cela (dessiner le signe dans la case et dire à l'enfant de compléter sa ligne d'exemple en même temps).

Faire pareil avec les autres cases de la ligne d'exemple puis leur faire tourner la page et dire :

Quand je dirai « On y va », faites la même chose pour toutes les cases de la feuille. Commencez ici (pointer la première case après les items d'exemple), faites tout dans l'ordre, et n'en sautez pas. Quand vous avez terminé une ligne passée à la suivante comme ceci (montrer comment passer à la ligne suivante en repartant de gauche à droite). Travaillez aussi vite que possible, sans faire d'erreur, jusqu'à ce que je vous dise d'arrêter.

Vous êtes prêts ? On y va.

Démarrer le chronomètre et arrêter les enfants au bout des 120 secondes imparties.

Cotation :

Attribuer 1 point pour chaque signe correctement tracé dans le temps-limite (une réponse est considérée comme correcte si elle est clairement comparable au signe cible, même si le graphisme est imparfait. Les signes ne doivent pas être absolument identiques aux signes du code mais il faut qu'ils puissent être distingués clairement des autres signes) ainsi que si l'enfant a corrigé spontanément une erreur juste au-dessus ou à côté de la réponse incorrecte. Les items omis ou non complétés à cause de la limite de temps ne doivent pas être comptabilisés. Déterminer le nombre de cibles traitées (vitesse), le nombre de cibles correctement traitées (justesse) et le nombre de convenablement traitées par rapport au nombre total de cibles traitées (précision).

II. Suivi longitudinal

II.1. EDUCATION POSTURALE



- Détails des séances

EDUCATION POSTURALE : SEANCE I : le vaisseau spatial

a) Introduction

Nous sommes des petits martiens qui allons partir pour un long voyage intergalactique à la découverte des autres planètes de notre système.

Pour ce faire qu'avons-nous besoin ? (demander aux enfants ce qu'il nous faut)

b) Préparation du vaisseau : Mise en place des coussins

Vu que ça va être un long voyage il nous faut être bien installés → Donner un coussin à chacun. Cette première séance consistant en :

- une brève information sur la colonne vertébrale, ses différentes parties, ses courbures physiologiques
- une prise de conscience de la région lombaire et du bassin par auto-palpation ainsi que par la réalisation de petits massages circulaires de la colonne lombaire du voisin, celui-ci étant assis avec les bras en appui sur le coussin posé sur le banc
- une prise de conscience de l'aspect dynamique de la colonne vertébrale et du bassin grâce à la réalisation des différents mouvements de flexion, extension, inclinaison et rotation du dos ainsi que des exercices de bascule et de rotation du bassin sur le coussin
- des explications concernant l'utilisation correcte du coussin.

c) Décollage

- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements

EDUCATION POSTURALE : SEANCE II : la planète bleue

a) Echauffement (assis)

- Tête : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Tronc : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Jambes : extensions de genou, flexions de hanche, élévations pointes de pieds
- Mains : ouvertures-fermetures
- Épaules : élévations, circumductions (poule)
- Yeux : poursuites oculaires gauche, droite, devant

b) Atterrissage (assis)

- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? » (montrer l'image de la planète et demander aux enfants ce qu'ils voient)

c) Corps de séance

Aider les porteuses d'eau à aller chercher de l'eau à la rivière

- Apprentissage de l'autoagrandissement (montrer sur soi)
- Jeu : tous à la rivière : faire faire aux enfants 2 allers-retours à la rivière attention que s'ils font tomber leur bol, ils y retourner car ont perdu l'eau
- Retour à leur chaise et mise en application de l'autoagrandissement assis
- Exercice d'hétérocorrection : se placer très mal sur la chaise (cfr image garçon) et demander aux enfants de nous corriger jusqu'à être parfaitement bien installer (cfr image fille). Leur faire corriger l'un ou l'autre camarade.

d) Retour au calme (assis)

- Respirations associées à mouvement de bras et tronc
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE III : la planète brune

a) Echauffement (assis)

- Tête : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Tronc : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Jambes : extensions de genou, flexions de hanche, élévations pointes de pieds
- Mains : ouvertures-fermetures + roulement poignets
- Épaules : élévations, circumductions (poule)
- Yeux : poursuites oculaires gauche, droite, devant

b) Atterrissage (assis)

- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? » (montrer l'image de la planète et demander aux enfants ce qu'ils voient)

c) Corps de séance

Partir à la découverte des animaux de la planète. Pour ne pas les effrayer les imiter.

- Jeu : à la découverte des animaux de la planète : A tour de rôle faire lancer le dé aux enfants assis en cercle. Sur chaque face du dé, il y a un animal (cobra, cigogne, flamand rose, chat, éléphant, grenouille) à imiter.

d) Retour au calme (assis)

- A l'intérieur, animaux de la nuit (hibou, bourdon, tortue) → étirement
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE IV : la planète verte

a) Echauffement (assis)

- Tête : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Tronc : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Jambes : extensions de genou, flexions de hanche, élévations pointes de pieds
- Mains : ouvertures-fermetures
- Épaules : élévations, circumductions (poule)
- Yeux : poursuites oculaires gauche, droite, devant

b) Atterrissage (assis)

- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? » (montrer l'image de la planète et demander aux enfants ce qu'ils voient)

c) Corps de séance

Aller à la découverte de la forêt magique

- Jeu : Dans la forêt magique il y a 4 types d'arbres différents (baobab, sapin, palmier, buisson). Chaque enfant est un arbre qui à chaque claquement de main se transforme en une autre sorte. Malgré le vent (passer entre les enfants et leur souffler dessus) les arbres ne se déracinent pas pour autant (dire aux enfants de bien garder la position)
But : travail de l'équilibre avec différentes bases de sustentation

d) Retour au calme (assis)

- Exercice de relaxation/respiration sur la métaphore de l'arbre qui est bien enraciné et que rien ne vient perturber.
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE V : la planète rose

a) Echauffement (assis)

- Tête : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Tronc : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Jambes : extensions de genou, flexions de hanche, élévations pointes de pieds
- Mains : ouvertures-fermetures
- Épaules : élévations, circumductions (poule)
- Yeux : poursuites oculaires gauche, droite, devant

b) Atterrissage (assis)

- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? » (montrer l'image de la planète et demander aux enfants ce qu'ils voient)

c) Corps de séance

Rencontre avec le roi des robots qui aime chanter et que quand il fait/dit quelque chose tout le monde le fait

- Chanson gestuelle du robot :
 - « Sur cette planète il y a un robot, qui mange du fer et qui boit de l'eau (2x)
Quand le robot marche, tout le monde marche (2x)
Quand le robot court, tout le monde court (2x)
Sur cette planète il y a un robot, qui mange du fer et qui boit de l'eau (2x)
Quand le robot saute, tout le monde saute (2x)
Quand le robot tourne, tout le monde tourne (2x)
Sur cette planète, il y a un robot, qui mange du fer et qui boit de l'eau »
- Jeu « Le robot a dit » : les enfants doivent réaliser certains mouvements uniquement lorsque l'ordre est précédé de « le robot a dit sinon ils ne doivent pas changer de position → travail du schéma corporel et de l'équilibre
Exemples : main droite sur ventre et gauche sur tête, toucher son nez alternativement avec son doigt gauche et droit, main droite sur oreille gauche, main gauche sur pied droit, grenouille, cigogne, flamand rose, baobab, palmier, sapin, pomme de pin, ouvrir ses oreilles, s'étirer,...
- Chanson gestuelle du robot.

d) Retour au calme (assis)

- Terminer la chanson avec un couplet supplémentaire :
« Quand le robot baille, tout le monde baille (2x)
Quand le robot dort, tout le monde dort (2x)
- Une fois les enfants couchés au sol, lancer la musique de relaxation et leur raconter une histoire du qui s'endort et fait plein des rêves dont entre autres de tout ce que les martiens lui ont raconté sur leur voyage. Pour les remercier et leur laisser le temps de se reposer (+faire le plein,...), le roi des robots leur proposer de passer une semaine chez eux afin d'être en pleine forme pour la suite.
- Retour un par un à sa place
- Contacts croisés + sphère

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE VI : la planète rose

Introduction

Alors que les martiens en profitaient pour se reposer sur la planète des robots le vilain Professeur Doofenshmire en a profité pour prendre possession de notre planète et rendre toutes les planètes de la galaxie toutes molle avec son super laser « Rentoumounator ».

Les martiens reprennent leurs vaisseaux pour aller le combattre et aider les habitants des autres planètes à surmonter le problème.

a) Atterrissage (assis)

- Rappel bonne position avant d'atterrir
- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? »

b) Echauffement (assis)

- Jeu de la tremblote :
Virus qui est contracté par tous les habitants de la planète en même temps qu'est rendue la planète toute molle par le « Rentoumounator »

c) Corps de séance

Demander aux enfants de se déplacer dans la pièce tels des robots, à chaque fois que la musique s'arrête, ils doivent se placer deux par deux debout chacun sur un coussin qui ont été déposés dans la pièce en se touchant avec la partie du corps qui leur est citée

d) Retour au calme (assis)

- Respirations associées à mouvements de bras et tronc
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE VII : la planète verte

a) Atterrissage (assis)

- Rappel bonne position avant d'atterrir
- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? »

b) Echauffement (assis)

- Virus : « Le hoquet »

c) Corps de séance

La planète étant devenue toute molle, les arbres découvrent les joies de marcher de toute une série de manières différentes :

- Rappeler aux enfants les différents arbres de la planète et prendre les positions sur les coussins
- Faire faire aux enfants un parcours sur les coussins en leur imposant la manière dont ils doivent marcher (jet de dé) (4 tours)
(ATTENTION : les faire marcher lentement)

d) Retour au calme (assis)

- Exercice d'ancrage avec la métaphore de l'arbre qui prend racine de plus en plus loin associé à la respiration (contacts croisés debout sur le coussin)
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE VIII : la planète brune

a) Atterrissage (assis)

- Rappel bonne position avant d'atterrir
- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? »

b) Echauffement (assis)

- Virus : tremblote
= virus qui contamine progressivement tout le corps en commençant par le doigt puis la main etc puis repart doucement par où il est venu (cfr vidéo : virus du hoquet : même principe sauf qu'ici tout le corps se met à trembler)

c) Corps de séance

- Asseoir les enfants en deux lignes face à face assis en tailleur sur leur coussin (suffisamment écartés pour devoir se pencher pour passer quelque chose à son voisin).
- Jeu : désigner parmi les enfants 4-5 serpents en leur touchant la tête alors qu'ils ont les yeux fermés. Au départ tout le monde est « poule ». Les enfants doivent se passer (sans la lancer) une balle (œuf) sans la faire tomber (au voisin de gauche, de droite, de devant) faire régulièrement changer de sens. Lorsqu'un sifflement retentit les serpents redeviennent eux-mêmes (se dandiner sur le coussin les mains au-dessus de la tête comme le serpent d'un faquir) Si l'œuf est dans les mains d'un serpent à ce moment-là, il le mange.

d) Retour au calme (assis)

- Exercice de respiration sur la métaphore de l'œuf qui doucement éclot
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE IX : la planète bleue

a) Atterrissage (assis)

- Rappel bonne position avant d'atterrir
- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? »

b) Echauffement

- Virus : « Jean-Petit aigue » (sur la chanson de « Jean Petit3)

c) Corps de séance

Aider les porteuses d'eau à traverser la rivière en marchant sur les pierres qui sont devenue toutes molles et sans tomber dans l'eau

- Rappel de l'autoagrandissement (montrer sur soi)
- Jeu : faire faire aux enfants 2 traversées de la rivière avec le bol sur la tête en marchant sur les coussins. S'ils tombent ils recommencent soit au début soit au niveau de la grosse pierre magique s'ils y étaient déjà parvenus (gros coussin bleu)
- Retour à leur chaise et mise en application de l'autoagrandissement assis
- Exercice d'hétérocorrection : se placer très mal sur la chaise (cf. image garçon) et demander aux enfants de nous corriger jusqu'à être parfaitement bien installer (cf. image fille). Leur faire corriger l'un ou l'autre camarade.

d) Retour au calme (couché)

- Exercice de relaxation couché sur le dos et de respiration abdominale (le bol placé sur le ventre afin de faire voguer le bateau sur l'eau de la planète)
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage

e) Fin de séance

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

EDUCATION POSTURALE : SEANCE X : le retour à la maison

a) Echauffement (assis)

- Tête : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Tronc : inclinaisons, flexions latérales, rotations, circumductions
- Jambes : extensions de genou, flexions de hanche, élévations pointes de pieds
- Mains : ouvertures-fermetures
- Épaules : élévations, circumductions (poule)
- Yeux : poursuites oculaires gauche, droite, devant
- ➔ Préparation à affronter le Professeur Doofenschmire

b) Atterrissage (assis)

- Mouvements lents du bassin : rotations, anté-et rétroversions, balancements
- Indien : « Que voit-on ? »

c) **Corps de séance**

Réussir à capturer le Professeur Doofenschmire pour sauver le système planétaire

- Placer les enfants debout sur les coussins les uns à côté des autres en formation
- marcher sur place pour se rapprocher de l'autre du professeur
- Eviter les tirs de son « Rentoumounator » → se pencher à gauche, à droite, sur un pied, accroupi,... → stimulation équilibre
- Sauter de manière simultanée pour créer un tsunami de lave et engloutir le professeur.
- Chant du petit martien pour proclamer à tout le système planétaire que « tout va bien chez les petits martiens »

d) **Retour au calme (décubitus dorsal)**

- Exercice de relaxation couché sur le dos
- Contacts croisés + sphère → téléportation dans le vaisseau → poursuite du voyage
- ➔ Départ pour un nouveau voyage de 3 mois à la découverte d'autres planètes encore plus lointaines

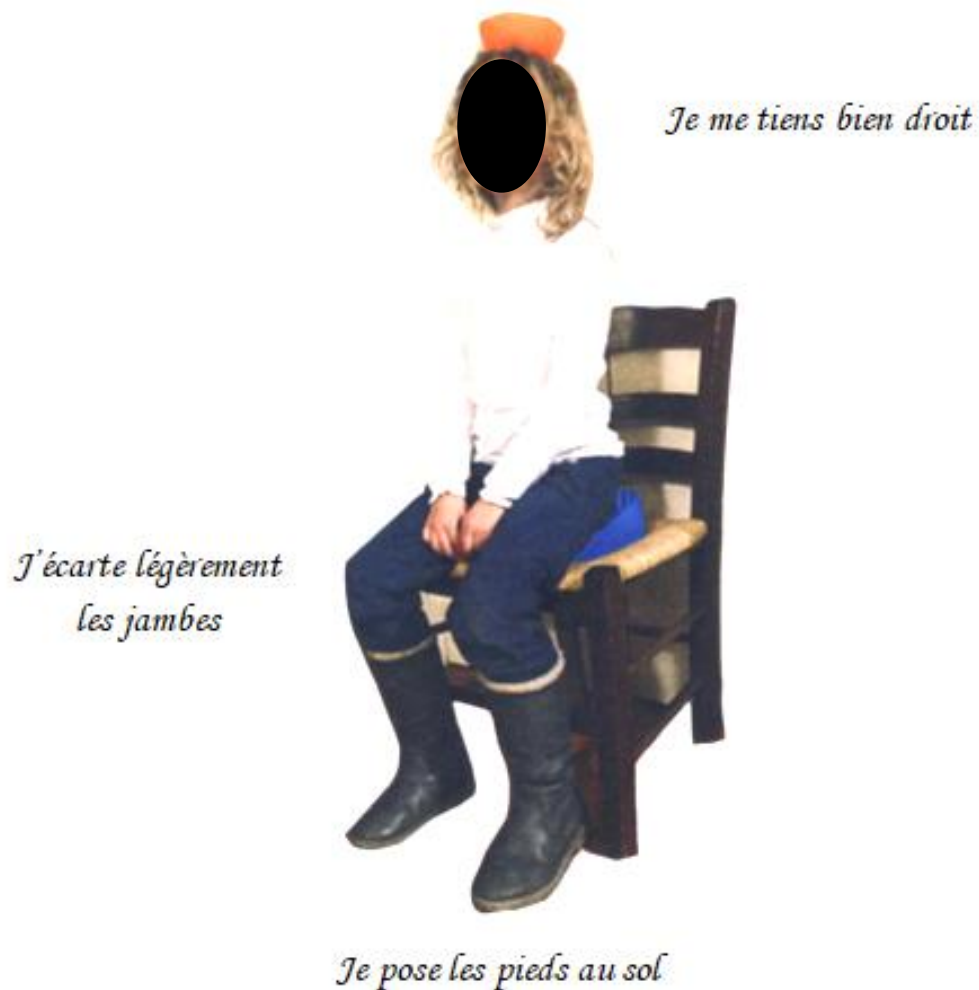
e) **Fin de séance**

Reprise des activités d'apprentissage

- Correction individuelle des enfants pendant une demi-heure

- Poster

Je m'assieds correctement sur ma chaise



II.2. QUESTIONNAIRES

- Questionnaire de satisfaction des élèves

-
1. Trouves-tu l'assise confortable ?*
 2. Aimes-tu être assis(e) sur ce mobilier ?*
 3. Arrives-tu à bouger facilement quand tu es assis(e) à ton banc ?*
 4. Penses-tu être assis(e) correctement en classe?*
 5. Es-tu facilement attentif(ve) quand tu es assis(e) à ton banc ?*
 6. Sais-tu lire facilement quand tu es assis(e) à ton banc ?*
 7. Sais-tu calculer facilement quand tu es assis(e) à ton banc ?*
 8. Après être resté longtemps assis(e), te sens-tu fatigué(e) ?*
 9. Aimerais-tu garder le coussin / avoir un coussin comme celui que tes camarades ont dans l'autre classe ?*
-

*sous-entendu « avec le coussin » pour les enfants du groupe expérimental.

- Questionnaire de satisfaction des institutrices

-
1. Les enfants vous ont-ils posé des questions sur le projet ? Si oui, lesquelles ?
 2. Les enfants se sont-ils vite habitués aux coussins ? Si non, pourquoi ?
 3. Les enfants se sont-ils plaints du coussin ? Si oui, combien, quand, pourquoi ?
 4. Les enfants se sont-ils plaints d'avoir mal quelque part depuis l'introduction du coussin ?
 5. Arrivent-ils souvent que les enfants enlèvent leur coussin ? Si oui, quand, pourquoi et combien de temps ?
 6. Devez-vous souvent rappeler aux enfants de s'asseoir correctement ? Si oui, à quelle fréquence ? Est-ce toujours aux mêmes ?
 7. Avez-vous remarqué une amélioration du maintien des enfants depuis la mise en place des coussins ? A quel niveau ?
 8. Avez-vous remarqué un changement de comportement ou de l'attention/concentration des enfants depuis qu'ils sont assis sur le coussin ?
 9. Trouvez-vous l'utilisation du coussin pratique ?
 10. Vous-même ayant été assise sur un coussin et ayant assisté aux différents exercices proposés aux enfants, avez-vous l'impression de prendre une meilleure position assise ?
 11. Avez-vous déjà ressenti des douleurs à cause du coussin ? Si oui, où étaient-elles localisées ?
 12. Vous sentez-vous plus fatiguée après être restée assise sur le coussin ?
 13. Pensez-vous personnellement continuer à utiliser le coussin par la suite ?
 14. Pensez-vous qu'il serait pertinent d'introduire, dans le programme scolaire, cette prévention pour le bon maintien des élèves en classe ?
 15. Avez-vous trouvé ce projet intéressant ?
 16. Pensez-vous qu'une telle mise en place (sans toute la partie évaluation) devrait faire partie intégrante du programme scolaire ?
 17. Ce projet a-t-il suscité la curiosité de vos collègues qui auraient marqué leur envie de faire un projet similaire ? Le leur conseillerez-vous ?
 18. Ce projet a-t-il soulevé des questions, réactions et/ou commentaires de la part des parents des élèves ? Et de la part des élèves (de la classe et des autres classes) ?
 19. D'un point de vue pratique la présence de l'expérimentatrice a-t-elle perturbé le bon déroulement de vos leçons et/ou du planning journalier ? Vous a-t-elle dérangée ? Précisez.
 20. Avez-vous d'autres commentaires à ajouter ?
-

II.2. HOMOGENÉITÉ DES GROUPES À E1

- Position assise en classe

Tableau a : Score (/7) caractérisant la qualité de la position assise ($m \pm ET$) de l'ensemble de la population ($n=70$) et des enfants des groupes contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) respectivement à E1 ($*p < 0.05$).

Paramètre	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	P
Qualité position assise (/7)	4.06±0.9	3.95±1.1	4.13±0.9	0.59

- Capacités posturales

- a) Maintien statique dans le plan frontal et sagittal

Tableau b : Angles ($m \pm ET$) caractérisant le maintien dans les plans sagittal et frontal de l'ensemble de la population ($n=70$) et des enfants des groupes contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) respectivement à E1 ($*p < 0.05$).

Angles (°)	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	P
Flexion tête	16.9±7.2	16.5±8.9	17.1±6.1	0.81
Inclinaison regard	2.3±2.4	1.8±1.7	2.6±2.7	0.19
Inclinaison épaule	1.7±1.2	1.7±1.3	1.7±1.2	0.89
Flexion antérieure tronc	-9.6±3.2	-9.3±3.1	-9.8±3.3	0.57
Bascule bassin	15.9±4.9	15.4±5.2	16.2±4.8	0.57
Inclinaison bassin	1.8±1.1	1.9±1.4	1.7±0.9	0.65
Déplacement bassin	3.3±1.9	3.0±2.1	3.6±2.1	0.29
Inclinaison corps	-1.9±1.2	-1.9±0.9	-1.9±1.3	0.97
Verticale de Barré	0.7±0.7	0.6±0.8	0.7±0.6	0.49

- b) Equilibre sur plateforme de force

Tableau c : Paramètres ($m \pm ET$) obtenus sur plateforme de force dans 3 conditions (yeux ouverts, yeux fermés, double tâche) par l'ensemble de la population ($n=70$) et les enfants des groupes contrôle ($n=26$) et expérimental ($n=44$) respectivement à E1 ($*p < 0.05$).

Conditions	Paramètres	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	P
Yeux ouverts	Surface (mm ²)	887±469	935±410	859±504	0.54
	Longueur xy (mm)	804±295	802±253	806±321	0.96
Yeux fermés	Surface (mm ²)	1057±542	1290±741	983±505	0.10
	Longueur xy (mm)	983±303	1028±312	956±298	0.39
Double tâche	Surface (mm ²)	1401±721	1329±579	1485±1239	0.52
	Longueur xy (mm)	960±350	1044±494	961±371	0.51

- Plaintes musculo-squelettiques

Tableau d : Pourcentage d'enfants ayant émis des plaintes musculo-squelettiques dans l'ensemble de la population (n=70) et dans les groupes contrôle (n=26) et expérimental (n=44) respectivement à E1 (*p<0.05).

Paramètre	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	P
Pourcentage d'enfants ayant émis des plaintes (%)	31	32	30	0.59

- Comportement en classe

- a) Analyse vidéo

Tableau e : Pourcentage de temps (m±ET) passé assise et concentré et nombre de changements de position (m±ET) observés dans l'ensemble de la population (n=70) et dans les groupes contrôle (n=26) et expérimental (n=44) respectivement à E1 (*p<0.05).

Paramètres	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Assis (%)	89.4±18.1	85.6±14.1	93.2±6.9	0.74
Concentré (%)	53.2±11.8	52.8±11.1	54.7±12.6	0.14
Nombre de changements de position	7.2±6.5	8.2±7.1	6.4±6.1	0.47

- b) Analyse par questionnaire

Tableau f : Scores (m±ET) obtenus au questionnaire de comportement (BRIEF) par l'ensemble de la population (n=70) et par les enfants des groupes contrôle (n=26) et expérimental (n=44) respectivement à E1 (*p<0.05).

Questionnaire	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	P
BRIEF	89.9±15.3	62.64±34.09	85.67±17.03	0.09

- Tests cognitifs

Tableau g : Scores (m±ET) en pourcent obtenus aux deux scores attentionnel et visuo-spatial par l'ensemble de la population (n=70) et par les enfants des groupes contrôle (n=26) et expérimental (n=44) respectivement à E1 (*p<0.05).

Score	Population totale	Groupe contrôle	Groupe expérimental	p
Attentionnel (%)	30.3±10.3	34.2±9.3	26.4±11.4	0.55
Visuo-spatial (%)	60.6±8.9	62.9±7.9	58.3±9.8	0.49

III.3. EVOLUTION DES DONNÉES ANTHROPOMÉTRIQUES DE E1 À E5

Tableau h : Données anthropométrique (m±ET) des enfants des groupes contrôle (n=26) et expérimental (n =44) respectivement au cours des 5 évaluations (E1-5) (*p<0.05) (PC= prise en charge (interaction temps x groupe)).

Caractéristiques	Groupe	E1	E2	E3	E4	E5	P (temps)	P (PC)
Taille (cm)	GC	119.3±6.1	121.8±5.9	123.8±5.2	125.5±6.1	129.35±6.59	<0.0001*	0.99
	GE	119.2±6.5	121.1±6.7	123.3±6.9	128.4±7.0	129.31±7.11		
Poids (kg)	GC	22.2±3.4	23.0±3.2	23.3±3.2	24.8±3.6	26.35±4.03	0.002*	0.99
	GE	23.2±6.1	24.0±7.0	24.9±7.2	25.9±7.6	28.11±8.60		
IMC (kg/m ²)	GC	15.5±1.9	15.5±1.9	15.2±1.7	15.7±1.9	15.7±2.1	0.93	0.99
	GE	16.1±3.1	16.1±3.1	16.1±3.0	16.2±3.1	16.5±3.3		