

Institut Limousin de FOrmation  
aux MÉtiers de la Réadaptation  
Masso-kinésithérapie

## La marche du grand prématuré

Impact d'un stimulus auditif perturbateur et de la double tâche sur les  
paramètres spatio-temporels de la marche : outil diagnostique

Mémoire présenté et soutenu par  
**Claire Loiseleux**

En juin 2019



Mémoire dirigé par  
**François DUZOU**

Directeur pédagogique filière Masso-Kinésithérapie, ILFOMER

## Remerciements

---

Je remercie,

**Monsieur DUZOU François**, directeur de mémoire et **Monsieur PERROCHON Anaïck**, référent méthodologique, pour leurs temps, disponibilité et investissements considérables ainsi que les multiples conseils prodigués.

**Professeur FOURCADE Laurent** pour avoir rendu possible et appuyé notre venue au sein de l'Hôpital Mère-Enfant. Merci notamment à l'ensemble des **masso-kinésithérapeutes de pédiatrie et chirurgie pédiatrique**, pour leur accueil et suivi tout au long de ce dernier stage de clinicat.

**Madame HUBER Gwendoline**, masseur-kinésithérapeute expert de terrain, pour sa présence.

**Docteur BARBOSA Térésa** et **Madame PAREILLEUX Stéphanie**, psychomotricienne au CAMSP de Limoges, sans qui ce protocole n'aurait jamais pu voir le jour et pour le temps précieux qu'elle nous a consacré. Et surtout, un grand merci à tous les **parents et enfants ayant participé à cette étude**.

**L'ensemble de l'équipe du laboratoire HAVAE** pour nous avoir confié le matériel et nous avoir accueillies au sein de leurs locaux.

**Messieurs OXOBY Nicolas, COT François, NOEL Jean-Luc** et **FONTARENSKY Nicolas** pour avoir permis la réalisation du protocole en centres de loisirs. Merci également à l'ensemble **des directeurs et équipes** nous ayant accueillies sur le terrain.

**Ma mère et mon frère** pour leur soutien quotidien et plus spécifiquement **mon père** pour sa patience et ses innombrables conseils dans l'écriture de ce travail.

**L'ensemble de mes amis** sans qui ces dernières années n'auraient pas eu la même signification. **Juliette**, pour ton soutien, ton honnêteté et ton amitié depuis toujours. Et **Romain**, pour ta présence toute particulière.

**L'ensemble de ma classe** et plus particulièrement Ophélie, Laurine, Elise, Lucie et Emmeline pour ces quatre belles années passées ensemble dans l'apprentissage de la masso-kinésithérapie.

Et enfin, merci à toi, **OWEN JONES**, binôme à tes heures perdues, sans qui je n'en serais jamais venue à bout. Merci pour tes bras musclés et ta perspicacité. Nulle autre n'aurait pu et ne pourra jamais t'égaliser dans ce rôle. Merci d'avoir été là et d'avoir partagé cette belle aventure avec moi.

## Droits d'auteurs

---

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



## Charte anti-plagiat

---

La Direction Régionale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale délivre sous l'autorité du Préfet de région les diplômes du travail social et des auxiliaires médicaux et sous l'autorité du Ministre chargé des sports les diplômes du champ du sport et de l'animation.

Elle est également garante de la qualité des enseignements délivrés dans les dispositifs de formation préparant à l'obtention de ces diplômes.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue que les directives suivantes sont formulées à l'endroit des étudiants et stagiaires en formation.

Article 1 :

Tout étudiant et stagiaire s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, l'engagement suivant :

**Je, soussigné Claire Loiseleux**

**Atteste avoir pris connaissance de la charte anti-plagiat élaborée par la DRDJSCS NA – site de Limoges et de m'y être conformée.**

**Et certifie que le mémoire/dossier présenté étant le fruit de mon travail personnel, il ne pourra être cité sans respect des principes de cette charte.**

**Fait à Limoges, Le vendredi 3 mai 2019**

**Suivi de la signature.**

Article 2 :

« Le plagiat consiste à insérer dans tout travail, écrit ou oral, des formulations, phrases, passages, images, en les faisant passer pour siens. Le plagiat est réalisé de la part de l'auteur du travail (devenu le plagiaire) par l'omission de la référence correcte aux textes ou aux idées d'autrui et à leur source ».

Article 3 :

Tout étudiant, tout stagiaire s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté(e) ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 4 :

Le plagiaire s'expose aux procédures disciplinaires prévues au règlement intérieur de l'établissement de formation. Celles-ci prévoient au moins sa non-présentation ou son retrait de présentation aux épreuves certificatives du diplôme préparé.

En application du Code de l'éducation et du Code pénal, il s'expose également aux poursuites et peines pénales que la DRJSCS est en droit d'engager. Cette exposition vaut également pour tout complice du délit.

## Vérification de l'anonymat

---

**Mémoire DE Masseur-Kinésithérapeute**

**Session de juin 2019**

**Attestation de vérification d'anonymat**

Je soussignée(e) Claire Loiseleux

Etudiante de 4ème année

Atteste avoir vérifié que les informations contenues dans mon mémoire respectent strictement l'anonymat des personnes et que les noms qui y apparaissent sont des pseudonymes (corps de texte et annexes).

Si besoin l'anonymat des lieux a été effectué en concertation avec mon Directeur de mémoire.

Fait à : Limoges

Le : vendredi 3 mai 2019

Signature de l'étudiante

## Glossaire

---

- **AIMS** : Abnormal Involuntary Movement Scale
- **AMR** : Assessment of Motor Repertoire
- **AQM** : Analyse Quantifiée de la Marche
- **AT** : Enfant né à Terme
- **BOTMP** : Bruininks – Oseretsky Test of Motor Proficiency
- **BSID** : Bayley Scale of Infant Development
- **CAMSP** : Centres d'Action Médico-Social Précoce
- **CV** : Coefficient de variation
- **DTA** : Double Tâche cognitive « Animaux »
- **EMFG** : Evaluation Motrice Fonctionnelle Globale
- **EMG** : ElectroMyoGramme
- **EPICE** : Effective Perinatal Intensive Care in Europe
- **EPIPAGE** : Etude épidémiologique sur les petits âges gestationnels
- **FV** : Fluence Verbale
- **IMC** : Infirmité Motrice Cérébrale
- **IMOC** : Infirmité Motrice d'Origine Cérébrale
- **INSERM** : Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale
- **LAPI** : Longitudinal Assessment of the Preterm Infant
- **M-ABC** : Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant
- **MPU** : Motor-Perceptual Development
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **PDMS-2** : Peabody Developmental Motor Scale-2
- **PM** : enfant né grand prématuré
- **SA** : Semaines d'Aménorrhées
- **STP** : Simple Tâche Perturbée
- **TIMP** : Infant Motor Performance Scales

## Table des matières

---

Introduction.....	11
La prématurité .....	12
1. Généralités .....	12
2. Causes.....	13
3. Conséquences.....	13
4. Prise en soins .....	15
4.1. A la naissance.....	15
4.2. Suivi au long terme .....	15
4.3. Masso-kinésithérapie motrice et grands prématurés.....	16
La locomotion humaine .....	17
1. Contrôle cérébral de la posture et de la motricité .....	17
2. Le cycle de marche .....	18
2.1. La phase d'appui .....	19
2.2. La phase oscillante .....	19
3. Paramètres spatio-temporels de la marche.....	20
4. L'apprentissage de la marche chez l'enfant .....	21
Bilan des connaissances actuelles .....	22
1. Etudes EPIPAGE.....	22
2. Outils pour l'analyse de la motricité .....	22
2.1. Les différentes échelles, tests et scores .....	22
2.2. Dispositifs d'analyse de la marche .....	23
3. Développement moteur du prématuré .....	23
3.1. Dès les premiers mois de la vie .....	24
3.2. De 2 à 5 ans.....	24
3.3. De l'enfance à l'âge adulte .....	25
4. Un équilibre instable .....	26
5. La marche du prématuré .....	27
5.1. Etudes de la marche.....	27
5.2. Complexification de la marche et double tâche .....	29
6. Comportement, attention et réactions émotionnelles .....	29
6.1. Facteur extérieur et paralysés cérébraux.....	29
6.2. Développement émotionnel du grand prématuré.....	30
Matériel et méthode.....	33
1. Contexte de l'étude.....	33
2. Population.....	33
3. Méthode .....	35
3.1. Description du montage.....	35
3.2. Déroulement du protocole .....	37
3.2.1. Epreuve de fluence verbale seule .....	37
3.2.2. Tests de marche.....	37
4. Matériel .....	39
4.1. Outil principal .....	39
4.2. Autre matériel.....	42
5. Variables .....	43
6. Analyse statistique.....	44

Résultats.....	45
1. Population.....	45
2. Paramètres spatio-temporels de la marche.....	47
2.1. Vitesse et coefficient de variation de la vitesse.....	47
2.2. Cadence.....	48
2.3. Foulée et coefficient de variation de la foulée.....	49
2.4. Pourcentage de temps de double appui.....	49
2.5. Coefficient de variation de durée de cycle.....	50
3. Calcul du coût moteur de la double tâche sur les paramètres de marche.....	51
4. Performances cognitives en FV seule et DTA.....	51
5. Réaction au stimulus auditif.....	52
Discussion.....	54
1. Interprétation des résultats.....	54
1.1. Population.....	54
1.2. Paramètres de marche et coût de double tâche.....	55
1.2.1. Simple tâche.....	55
1.2.2. Double tâche cognitive (DTA).....	55
1.2.3. Simple tâche perturbée par stimulus auditif (STP).....	57
1.3. Performance : Fluence verbale seule et en double tâche.....	58
1.4. Réaction au stimulus auditif perturbateur.....	60
2. Application à la pratique clinique.....	60
3. Limites.....	62
3.1. Déroulement et lieu d'étude : biais de mesure.....	62
3.2. Autres biais.....	63
4. Perspectives.....	63
Conclusion.....	66
Références bibliographiques.....	67
Annexes.....	73



## Table des illustrations

---

<b>Figure 1</b> : Les étapes du cycle de marche (17) .....	18
<b>Figure 2</b> : Schéma du montage.....	36
<b>Figure 3</b> : Montage (photographie prise lors de la réalisation du protocole à l'Hôpital Mère-Enfant) .....	36
<b>Figure 4</b> : Déroulement du protocole .....	39
<b>Figure 5</b> : OptoGait et ses composantes .....	40
<b>Figure 6</b> : Diagramme de flux.....	45
<b>Figure 7</b> : Vitesse (m/s) - moyenne et écart type (barres).....	48
<b>Figure 8</b> : Coefficient de variation de la vitesse (%) - moyenne et écart type (barres).....	48
<b>Figure 9</b> : Cadence (pas/minutes) – moyenne et écart type (barres) .....	48
<b>Figure 10</b> : Longueur de foulée (cm) – moyenne et écart type (barres) .....	49
<b>Figure 11</b> : Coefficient de variation de la longueur de foulée (%) – moyenne et écart type (barres) .....	49
<b>Figure 12</b> : Pourcentage de phase double appui (%) – moyenne et écart type (barres).....	50
<b>Figure 13</b> : Coefficient de variation de la durée du cycle (%) - moyenne et écart type (barres) .....	50
<b>Figure 14</b> : Réactions au stimulus auditif : population témoin (AT) et population cas (PM) ..	52

## Table des tableaux

---

<b>Tableau 1</b> : Critères d'inclusion et d'exclusion.....	34
<b>Tableau 2</b> : Caractéristiques des populations.....	46
<b>Tableau 3</b> : Coûts moteur des différentes modalités sur les paramètres de marche (%) .....	51

## Introduction

---

Lors de mes études, j'ai eu l'occasion de m'intéresser à une population qui m'était jusqu'alors inconnue : celle des enfants nés « trop tôt ». Après recherches, j'ai pu constater qu'elle était souvent dans l'ombre et qu'il demeurait de nombreuses inconnues concernant la grande prématurité, notamment sa prise en soins masso-kinésithérapique. De multiples questionnements me sont alors venus à l'esprit. La rééducation respiratoire est connue mais peu d'informations relatives à la rééducation motrice de ces enfants sont accessibles. Or, nous verrons que plusieurs auteurs décrivent un retard d'acquisitions dans ces domaines. Il me tenait donc à cœur de parler de cette population, que la médecine arrive à maintenir de plus en plus tôt en vie, mais qui développe, loin des problèmes neurologiques évidents, des séquelles « mineures ». Celles-ci, bien que persistantes au long terme, passent souvent inaperçues. Nous verrons qu'elles touchent des domaines variés. Il est important que le développement de chaque individu se déroule de manière optimale afin de ne pas subir les effets de la prématurité tout au long de la vie.

La marche est un moyen de locomotion permettant une connexion au monde, mais elle peut également être un outil diagnostique et thérapeutique de certains retards ou troubles moteurs. Je me suis donc intéressée à cet outil qui permettrait, étudié de manière fine, d'améliorer la prise en soins de ces enfants. Pour cela, il est avant tout nécessaire de faire le point de la situation actuelle et d'étudier leur marche en elle-même.

Il a été également constaté que ces enfants présentaient des troubles attentionnels, émotionnels et comportementaux plus importants que leurs homologues nés à terme. Une perturbation externe pourrait donc être à l'origine d'une variabilité plus importante de cette marche et donc entraver les différentes activités notamment scolaires et sportives. Tout cela entraîne une restriction de participation à la vie sociale et est donc un enjeu de santé publique.

Au cours de ce travail, nous traiterons de manière générale la prématurité et l'ensemble de ses composantes, puis la locomotion humaine. Enfin, nous lierons ces deux parties au travers du développement émotionnel, comportemental, moteur et plus particulièrement de la marche des enfants grands prématurés.

Nous présenterons ensuite un protocole expérimental réalisé dans le but d'étudier la marche des enfants grands prématurés sous différentes conditions (simple tâche, simple tâche avec perturbation auditive et double tâche cognitive).

# La prématurité

---

## 1. Généralités

Le terme « prématurité » qualifie les naissances ayant lieu avant leur terme qui se situe habituellement à la 41<sup>ème</sup> semaine d'aménorrhée (ce qui correspond au nombre de semaines depuis les dernières règles). L'enfant est alors dit prématuré lorsqu'il naît avant 37 semaines révolues de gestation, c'est-à-dire 8 mois et demi de grossesse. D'après l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), chaque année, environ 15 millions de naissances sont concernées dans le monde, ce qui représente 10% de leur totalité et ce nombre est en constante augmentation (1). En effet, entre 1990 et 2010, la prévalence des naissances prématurées a augmenté de 15% (2).

Bien que les progrès considérables de la médecine aient amélioré la survie et les conditions de vie de ces enfants, un nourrisson naissant avant 23 semaines de gestation n'a que peu de chance de vivre. Cependant, ces avancées ont également apporté de nouvelles problématiques auparavant inconnues (déficiences et retards plus importants dûs aux naissances de plus en plus précoces). Le taux de survie et les conséquences engendrées varient de manière conséquente selon les pays : on estime que 85% des accouchements prématurés se regroupent en Afrique et en Asie (3). Malgré tout, la prématurité reste une des principales causes de mortalité et de morbidité périnatale en France. Selon l'INSERM (Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale), trois stades peuvent être distingués (nous parlerons toujours en Semaines d'Aménorrhées ou SA) (4) :

- La très grande prématurité correspond aux naissances ayant lieu avant 28 SA.
- La grande prématurité concerne celles situées dans l'intervalle de la 28<sup>ème</sup> à la 32<sup>ème</sup> SA.
- La prématurité moyenne ou tardive fait référence aux naissances entre la 32<sup>ème</sup> et la 37<sup>ème</sup> semaine révolue de grossesse.

Nous parlons en âge corrigé durant les deux à trois premières années, correspondant à l'âge qu'aurait l'enfant si la grossesse avait atteint son terme. Après, l'âge chronologique ou civil sera privilégié.

## 2. Causes

Les causes identifiées sont multiples ; cependant bien d'autres restent encore méconnues. Parmi elles, les plus décrites sont : les infections génito-urinaires ou généralisées, les anomalies de l'utérus et du placenta, le diabète maternel, l'hématome retro-placentaire, les grossesses multiples, l'âge avancé des mères, le stress, le tabac...

De manière générale, elles peuvent être regroupées et classées en deux groupes distincts, tous deux favorisant un accouchement précoce :

- Soit l'accouchement est provoqué (nous parlons de prématurité induite), donc consenti. Il représente un tiers des accouchements prématurés et est nécessaire lorsque la poursuite de la grossesse présente un risque trop élevé pour la mère ou l'enfant (par exemple une hypertension artérielle, un grave retard de croissance du fœtus...).
- Soit l'accouchement est spontané ; c'est le mécanisme le plus fréquent (deux tiers d'entre eux) et est dû à des contractions prématurées souvent d'origine inconnue (liées au fœtus ou à la mère), ou tout simplement à une rupture précoce des membranes. C'est un processus multifactoriel et peut alors résulter d'une accumulation de causes diverses.

## 3. Conséquences

Les conséquences sont nombreuses, à court comme à long terme. La première d'entre elles est la mortalité néonatale (décès du nourrisson au cours des 28 premiers jours de vie (5)). Puis des troubles moteurs et intellectuels peuvent se mettre en place et s'installer tout au long de la croissance. Le développement in utero est interrompu, les organes n'ont alors pas atteint leur état de maturité (principalement le cerveau, les poumons, le tube digestif et le canal artériel). Une naissance prématurée est un réel traumatisme et la fréquence des séquelles est d'autant plus importante que l'âge gestationnel est faible. Le poids de naissance est également un indicateur usuellement mis en avant quant aux troubles pouvant être développés au cours de l'avancée en âge (6,7).

Généralement, deux principaux organes sont touchés : le cerveau et les poumons. En effet ces enfants peuvent présenter une fragilité respiratoire en particulier les deux premières années ou bien des lésions cérébrales peuvent apparaître : hémorragie intra-ventriculaire et leucomalacie péri-ventriculaire caractérisée par une nécrose de la substance blanche.

Les « séquelles » de la prématurité sont communément réparties en deux grandes catégories (8) :

- Les séquelles « majeures » apparaissent très tôt dans le développement de l'enfant, en majorité lors de sa première année et s'expriment principalement par les conséquences de lésions cérébrales. Elles sont hémorragiques ou ischémiques. La paralysie cérébrale est l'affection la plus courante, souvent associée à d'autres troubles tels que des déficits sensoriels ou une déficience intellectuelle. La prise en charge de ces enfants est nécessairement globale et ne concerne donc pas uniquement le domaine de la kinésithérapie.
- Les séquelles « mineures » ou « légères » peuvent survenir isolément, en l'absence de lésion cérébrale ou en association aux séquelles majeures. Elles apparaissent pour la majorité plus tardivement et sont souvent mises en évidence lors du début de la scolarisation entraînant des difficultés d'apprentissage et des troubles émotionnels. Le rôle du kinésithérapeute face à ces séquelles n'est que peu évoqué. Bien que nécessaire, il n'existe pourtant pas de protocole standard et la prise en charge s'effectue au cas par cas.

La plupart des études appréhendant la prématurité sont consacrées à la paralysie cérébrale, évoquée précédemment comme étant le dysfonctionnement sévère le plus fréquent chez les nouveau-nés prématurés. Sous ce terme sont regroupées plusieurs affections telles que la maladie de Little, la diplégie spastique, l'infirmité motrice cérébrale (IMC) ou encore l'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC). En résultent des troubles du mouvement, de la posture ou de la fonction motrice parfois associés à des troubles sensoriels (vision, audition), comportementaux...

En outre, les enfants ne présentant pas de séquelles neurologiques évidentes peuvent eux aussi développer des troubles neuromoteurs mineurs vers l'âge de quatre à six ans. Il a été mis en évidence que ceux-ci sont plus fréquents chez les grands prématurés (44%) que chez les nouveau-nés nés à terme (23%). Le taux est de 31 % pour les prématurés "modérés" nés à 33 et 34 SA (9). Parmi les grands prématurés, certains peuvent également développer une raideur des membres inférieurs, en particulier au niveau des chevilles entraînant une maladresse globale ainsi que des troubles de la motricité fine.

## **4. Prise en soins**

### **4.1. A la naissance**

Leur prise en soins globale commence dès l'accouchement où des corticoïdes sont injectés à la future mère afin de diminuer le risque d'apparition de détresse respiratoire et d'hémorragie cérébrale chez l'enfant. Ils peuvent être administrés couplés à du sulfate de magnésium ce qui réduirait le risque de paralysie cérébrale. Les poumons n'étant pas encore matures, un mélange constitué de surfactant (substance non produite chez ces enfants) pour prévenir ou accélérer la guérison des membranes hyalines peut être également utilisé. L'enfant est alors placé en soins intensifs puis en néonatalogie où les conditions sont au plus proche de celles intra-utérines. Après la sortie de l'hôpital, un suivi au long terme sera envisagé selon l'état de santé du nourrisson (10). La prise en soins de ces enfants en kinésithérapie est donc avant tout respiratoire durant les premières années de vie.

### **4.2. Suivi au long terme**

Actuellement, un suivi médical est mis en place et est coordonné à l'échelle régionale au sein de réseaux de périnatalité. Une consultation est envisagée tous les deux à quatre mois au cours des deux premières années ; puis, elle est réalisée tous les ans jusqu'aux six ans de l'enfant. Cette durée est susceptible de varier en fonction des individus et de leur état de santé. Des Centres d'Action Médico-Sociale Précoce (CAMSP) ont également été instaurés et s'intéressent plus particulièrement au handicap chez les enfants jusqu'à six ans. Le suivi est pluridisciplinaire et permet une prise en soins optimale de l'enfant par d'autres professionnels tels que des psychomotriciens, des kinésithérapeutes, des ergothérapeutes ou encore des pédopsychiatres (au sein de certains CAMSP, comme celui de Limoges, il n'y a pas de masseur-kinésithérapeute). Le rôle primordial de ces réseaux de suivi des enfants vulnérables est le dépistage rapide des anomalies posturo-motrices, des déficits sensoriels et des éventuels troubles cognitifs afin d'élaborer une intervention précoce. De manière générale, les enfants nés grands prématurés suivent plus souvent des séances de kinésithérapie (respiratoire et motrice) que leurs homologues nés à terme ou prématurés modérés (11).

### 4.3. Masso-kinésithérapie motrice et grands prématurés

Plusieurs protocoles de recherche ont tenté d'évaluer l'impact de la kinésithérapie sur le développement moteur des enfants prématurés, notamment durant les premiers mois de vie. Les résultats à ce sujet sont très hétérogènes.

Tout d'abord, une intervention kinésithérapique personnalisée précoce et adéquate a eu des effets bénéfiques sur le développement moteur d'une population d'enfants prématurés modérés en comparaison aux enfants nés à terme. En effet, alors qu'ils présentaient des retards significatifs à 40 semaines d'âge corrigé, de nouvelles évaluations à quatre puis à six mois ont permis de constater leurs réductions. La kinésithérapie de stimulation couplée à l'apprentissage des stimuli à réaliser par l'entourage a ainsi montré toute son importance dans la prise en soins précoce (12). Ces résultats ont été confirmés par une étude des enfants dits « à risque » de retard moteur (naissance avant 37 SA) ayant suivi un programme de développement moteur (à 40 semaines post-natal, un mois, deux et trois mois). Ils ont présenté une amélioration significative de leurs capacités motrices tout au long de cette intervention en opposition avec le groupe contrôle d'enfants prématurés à risque, qui lui n'avait pas suivi ce programme. Ainsi, après quatre mois, la population d'enfants ayant suivi cette intervention montrait des performances motrices comparables statistiquement au groupe d'enfants prématurés ne présentant pas de risque particulier au départ (13).

Deux revues de la littérature ont des points de vue divergents :

- La première, malgré la grande hétérogénéité de ses résultats relève certains points : la kinésithérapie doit être commencée le plus tôt possible, être adaptée à l'âge de l'enfant et ses caractéristiques propres. Le programme mené par les kinésithérapeutes et les parents guidés par ces mêmes professionnels est celui qui a montré le plus d'amélioration en termes de performances motrices (14).
- La seconde, pour sa part, note que la plupart des études ne trouve aucune différence entre deux groupes : des enfants ayant suivi une intervention pour prévenir des troubles moteurs et l'autre composé d'enfants ayant suivi une prise en soins classique. Elle souligne le fait qu'aucune étude de suivi des troubles moteurs des prématurés n'a été menée sur l'enfant adolescent à cette époque (15). Tout comme à quatre mois, les effets d'une prise en charge kinésithérapique précoce sur le devenir des enfants nés grands prématurés avec un très petit poids de naissance (inférieur à 1500 g) n'ont, cette fois non plus, pas mis en évidence de différence (16).



# La locomotion humaine

---

## 1. Contrôle cérébral de la posture et de la motricité

L'acte moteur résulte d'une interaction entre les acteurs primordiaux que sont le système nerveux, le système musculo-squelettique et l'environnement (17). La posture, attitude du corps, découle des mécanismes employés par l'organisme pour faire face aux diverses stimulations déséquilibrantes. Elle est sous la dépendance de deux fonctions majeures :

- La fonction antigravitaire s'opposant directement à la pesanteur ;
- La fonction perceptive et d'action.

Le tonus musculaire, fine contraction permanente des muscles, permet et conserve l'équilibre du corps au repos. Celui-ci est régi par de multiples boucles de régulation faisant intervenir la substance réticulée, les noyaux vestibulaires, le cervelet, le noyau rouge, les noyaux gris centraux, le thalamus et le cortex moteur. L'organisation se fait selon deux systèmes : latéral pour les activités fines de flexion et antéro-interne pour la posture et les activités d'extension.

Afin d'obtenir une activité motrice efficace, une synchronisation entre coordination et ajustement postural est nécessaire. En effet, lors d'une perturbation, deux mécanismes peuvent être mis en œuvre pour préserver la posture ou l'équilibre : la réaction posturale (corrigeant ce qui a été altéré par la perturbation) et l'ajustement postural anticipé (se produisant avant même la naissance de la perturbation). Une coordination entre posture et locomotion est nécessaire car dans l'incapacité de maintenir une posture stable, un sujet ne pourra pas développer une marche optimale (17).

Nous possédons deux grands systèmes permettant le contrôle de la motricité : le système sous-cortical (ou extrapyramidal) ayant pour rôle le maintien de la posture ainsi que la lutte contre la gravité ; et le système cortico-spinal (ou pyramidal) qui régule le tonus postural et la motricité fine. Ces deux systèmes sont myélinisés à des moments singuliers de la grossesse : entre la 24<sup>ème</sup> et la 34<sup>ème</sup> SA pour le premier, entre la 32<sup>ème</sup> SA et deux ans pour le second. Lors d'une situation de naissance avant terme, il est donc probable que cette myélinisation soit interrompue ou inachevée et des troubles sont donc susceptibles d'apparaître au cours du développement. D'où l'importance d'un suivi à long terme et des visites régulières, une naissance avant 32 SA pouvant avoir une influence sur la motricité.

## 2. Le cycle de marche

La marche, moyen de locomotion humaine, correspond au déplacement de l'intégralité du corps d'un point à un autre de manière efficace et sécurisée par une alternance d'appuis des membres inférieurs. Elle nécessite une interdépendance d'action et de mobilité de ces derniers et du bassin. La projection du centre de gravité se doit d'être alternativement au centre du talon de chaque pied en contact.

Contrairement à la course, il existe un contact constant entre au moins un des membres inférieurs et le sol. Bien qu'automatique chez l'adulte, la déambulation requiert un apprentissage complexe pour l'enfant. De nombreuses exigences constituent des prérequis pour la locomotion : la propulsion de l'ensemble du corps vers l'avant ou l'arrière, le maintien de l'équilibre statique et dynamique et la coordination entre la posture, l'équilibre et la locomotion. Tout cela afin d'obtenir une adaptation optimale vis à vis des contraintes extérieures pouvant perturber le mouvement (17).

La marche est formée d'une succession de cycles, intervalles séparant deux attaques consécutives du même talon au sol. Ceux-ci sont constitués de phases d'appui (simple et double appui) et d'une phase oscillante représentant respectivement 60% et 40% du cycle (18) (figure 1).

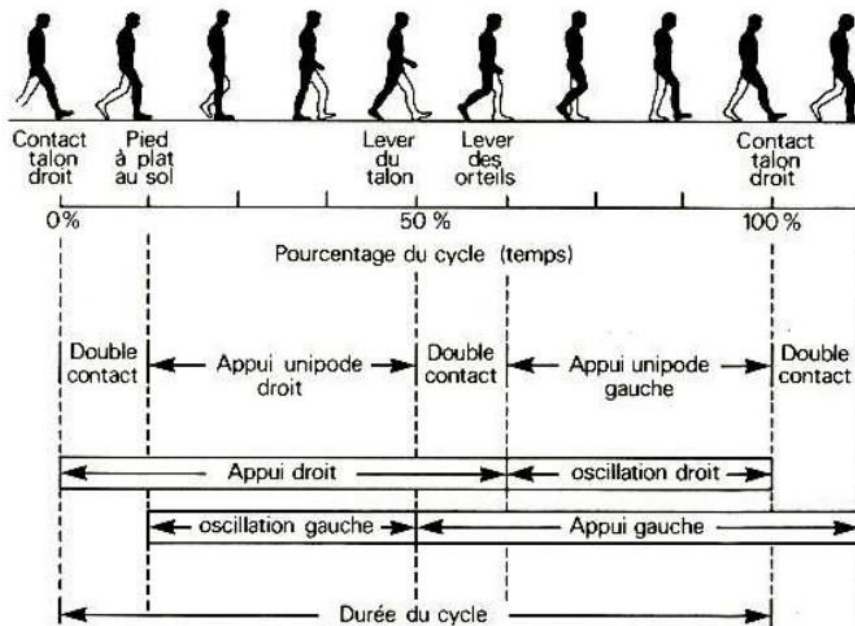


Figure 1 : Les étapes du cycle de marche (17)

## 2.1. La phase d'appui

La phase d'appui débute par le contact du premier talon et se termine au décolllement du gros orteil correspondant. Elle peut être subdivisée en 5 étapes selon la chronologie suivante :

- Le contact initial entame la première phase de double appui, les deux pieds sont alors en contact de 0 à 3% du cycle de marche.
- La réponse à la charge, suite et fin du premier double appui ; le pied est en appui complet et se termine lorsque le pied controlatéral quitte le sol. L'objectif est de transférer le poids du corps d'un appui à l'autre de 3 à 10%.
- Le milieu d'appui est une étape de simple appui où le corps progresse par rapport à l'ancrage du pied au sol de 10 à 30%. Elle se clôt au décolllement du talon.
- La fin d'appui poursuit la phase de simple appui de 30 à 50%, elle s'achève au contact du talon du pied controlatéral au sol.
- La phase pré-oscillante correspond à la seconde et dernière phase de double appui de 50 à 60% et cela jusqu'au *toe off* (c'est-à-dire le décolllement du gros orteil). Elle prépare la phase oscillante.

Au cours de ces soixante premiers pourcents, un déroulement du pas est nécessaire, nous pouvons en effet distinguer quatre « roulements » ou « pivots » :

- Juste après le contact initial a lieu le premier d'entre eux. Il se déroule au niveau du talon et permet ainsi à la plante d'être totalement en contact avec le sol.
- Lorsque le pied est en appui, l'ensemble du segment jambier progresse par rapport à lui, ce qui entraîne une flexion dorsale de la cheville : c'est le 2<sup>ème</sup> roulement.
- A 50% du cycle de marche, le talon se décolle, le roulement a lieu cette fois-ci au niveau de la métatarso-phalangienne.
- Le dernier se situe vers 60% et intéresse le gros orteil, préparant la seconde phase du cycle.

## 2.2. La phase oscillante

Ensuite, le cycle se poursuit par la phase oscillante où le pied n'est plus en contact avec le sol. Elle se clôt à l'attaque du talon, entamant alors un nouveau cycle. Elle aussi peut

être décomposée en trois périodes, cette séparation étant proposée en fonction des faits remarquables de la progression du membre oscillant :

- Le début de phase de 60 à 73% :
  - A 73%, la flexion de genou y est maximale (65°).
- Le milieu de phase de 73 à 87% :
  - A 87% le tibia prend une position verticale.
- La fin de phase oscillante de 87 à 100%.

Au long du cycle, tout est mis en place d'un point de vue articulaire (hanche, genou et cheville) et musculaire (activités concentriques et excentriques) pour obtenir une marche la plus fluide et économique possible. Selon Jim GAGE (1991), cela nécessite cinq prérequis : une stabilité lors de la phase d'appui, l'absence d'accrochage du pied lors de la phase oscillante, un pré-positionnement correct du pied au contact initial, une longueur de pas suffisante et une conservation de l'énergie. Ces critères ne sont pas innés, ils se développent au cours de la croissance, notamment grâce aux apprentissages (17).

### **3. Paramètres spatio-temporels de la marche**

Pour caractériser la marche dans l'espace et le temps, des paramètres spatio-temporels peuvent être mis en avant, identifiant d'éventuelles variations ou troubles de la locomotion (19).

#### Paramètres spatiaux :

- La longueur du pas : intervalle séparant les appuis des deux talons au sol lors de la phase de double appui (centimètres).
- L'enjambée ou foulée reflète la longueur du cycle (donc la longueur de deux pas), c'est-à-dire la distance entre deux contacts du même talon (centimètres).
- La largeur du pas : distance entre le milieu du talon et la ligne de progression du corps (centimètres).
- La base de sustentation : surface d'écartement des pieds (centimètres<sup>2</sup>).
- La rotation interne/externe du pied : angulation du pied par rapport à la ligne droite de progression du corps (degré).

#### Paramètres temporels :

- La durée du pas (seconde).

- La cadence : nombre de pas effectués en une unité de temps (nombre/minute).
- La vitesse de marche : distance parcourue en une unité de temps (mètre/seconde).
- Le temps d'appui : durée de la phase de simple et / ou de double appui (seconde).
- Le temps d'oscillation : durée de la phase oscillante (seconde).

Dans des conditions physiologiques optimales (sans interaction de pathologie), ces paramètres sont constants lors d'une même marche.

#### 4. L'apprentissage de la marche chez l'enfant

Pour identifier des troubles neuromoteurs ou des troubles moteurs mineurs chez ces enfants, il est indispensable de connaître en premier lieu le développement moteur « normal » de l'enfant. Avant tout, on observe un réflexe dit de « marche automatique » (bien qu'il ne soit pas en soi un automatisme acquis) jusqu'aux deux ou trois mois de l'enfant qui régresse rapidement et ne permet pas la marche. L'apprentissage de celle-ci chez l'enfant est un processus complexe. Il débute aux alentours des un an de l'enfant et ne cesse de fluctuer tout au long de la vie. Bien évidemment, de nombreuses variations inter-individuelles sont notables.

Les différents auteurs ayant tenté de déterminer l'âge d'acquisition de la marche et son évolution sont parfois en désaccord ; mais certains points convergent. Au cours de l'apprentissage de la marche, selon une étude de Sutherland et al., la marche mature est atteinte à l'âge de trois ans alors que les paramètres spatio-temporels continuent d'évoluer vers l'âge de sept ans. En réalité, en complément de l'étude, les paramètres spatio-temporels seraient fixés à quatre ans et seule la variation de la taille entraînerait des divergences. Selon eux, l'attaque par le talon est acquise à un an et l'alternance réciproque des extrémités à un an et demi (20). D'autres auteurs ont en revanche une conception différente : par exemple Rose-Jacobs et al. avancent l'idée que la marche mature n'est pas complètement atteinte avant cinq ans (21) ; alors qu'une autre étude, plus récente, confirme que le *pattern* de marche des enfants serait mature à sept ans (22). De plus, les paramètres spatio-temporels ne varient que très peu entre sept et douze ans (notamment au niveau de la largeur du polygone de sustentation, de la cadence, de la vitesse...). Seule une augmentation légère de la longueur et hauteur du pas est observée, pouvant être due à la croissance du squelette (23).

# Bilan des connaissances actuelles

---

## 1. Etudes EPIPAGE

Dans un souci d'amélioration des pratiques professionnelles, un projet européen, l'EPICE (Effective Périnatales Intensive Care in Europe), a été mis en place afin d'établir un constat de la situation actuelle et d'étudier les pratiques médicales fondées sur les preuves scientifiques dans la prise en charge du nouveau-né. Il est coordonné par l'INSERM à l'échelle de la France et pour répondre à ses attentes, deux grandes études ont été instaurées.

En 1997, EPIPAGE 1 (Etude épidémiologique sur les petits âges gestationnels) fait un premier constat auprès de neuf régions : 40% des grands prématurés présentent à cinq ans une déficience motrice, sensorielle ou cognitive, contre 12% des enfants du même âge nés à terme. Parmi eux, 5% présentent des formes sévères, 9% des formes modérées et 25% des formes légères. Cette étude de cohorte a été menée sur trois échantillons : un groupe témoin d'enfants nés à terme, un groupe d'enfants nés grands et très grands prématurés et un groupe d'enfants nés prématurés modérés. Sur l'ensemble des prématurés, un tiers nécessite encore un suivi, qu'il soit médical ou paramédical à cinq ans. Elle met donc en avant une situation de santé publique qui n'est pas anodine (24).

Afin d'agrémenter ces résultats, en 2011, l'étude EPIPAGE 2 a été réalisée sur une population d'enfants de cinq ans ayant un poids de naissance inférieur à 1 kg. Parmi eux, 51% présentaient des troubles de la coordination, 18 à 20% une posture et des réflexes anormaux et 17% des mouvements parasites involontaires (25).

## 2. Outils pour l'analyse de la motricité

Différents moyens et outils permettent de dépister et d'évaluer la motricité chez l'enfant. Certains d'entre eux ont été utilisés pour l'évaluation et le recueil de données dans les études réalisées sur le développement de l'enfant prématuré (que nous verrons ultérieurement).

### 2.1. Les différentes échelles, tests et scores

Une liste non exhaustive des échelles, tests et scores que nous avons à disposition pour l'évaluation de la motricité, la posture et la marche de l'enfant est présentée en annexe 1.

D'autres tests auraient également pu être cités tels que le *Griffiths Mental Development Scale Locomotor Sub-scale*, le *Revised Brunet-Lézine scale (BLR) scale*, le *GMs (General Movements) Assessment*, le *MAT*, le *Peabody Gross and Fine Motor Scale ...*

## **2.2. Dispositifs d'analyse de la marche**

Outre les différents tests, l'AQM (Analyse Quantifiée de la Marche) est un examen clinique visant à collecter des informations relatives à la marche d'un individu. Il est à ce jour le système le plus complet. La réalisation s'effectue au sein d'un « laboratoire », composé d'une piste de marche ainsi que d'un système de caméra infra-rouge, d'un système optoélectronique, de plateformes de force (pour la mesure des pressions plantaires), d'électrodes EMG (Electromyogramme)... Cet examen permet d'obtenir diverses données : sur la marche de manière qualitative mais surtout quantitative, des paramètres spatio-temporels, des données cinématiques et cinétiques, des EMG, des données de pression plantaire... (26).

Il existe aussi d'autres systèmes d'analyse précise de la marche tel que le GaitRite. C'est un système d'analyse 2D permettant de recueillir les paramètres spatio-temporels de la marche au cours de plusieurs cycles grâce à un tapis de marche constitué d'une multitude de capteurs de pression. La précision des acquisitions est donc très élevée, ce qui permet d'obtenir des valeurs que l'on ne pourrait pas visualiser à l'œil nu par tests simples. En complément, une caméra peut être intégrée pour enregistrer la qualité de la locomotion. Aucune préparation du sujet n'est nécessaire dans l'installation de ce système non-invasif rendant l'étude de certaines populations plus aisée. Il a été validé pour les jeunes enfants (27), notamment les enfants paralysés cérébraux. Le système OptoGait présenté ultérieurement permet un recueil de données similaires (paramètres spatio-temporels de la marche et données vidéos).

## **3. Développement moteur du prématuré**

Divers facteurs sont susceptibles d'influencer les performances motrices à long terme des enfants prématurés. Nous retrouvons entre autres le poids de naissance, le statut socio-économique de la mère et l'environnement familial (28). Des études ont été conduites avec des divergences de résultats ; mais certains aspects sont récurrents au cours du développement de l'enfant et donc intéressants à étudier.

### 3.1. Dès les premiers mois de la vie

Dès le plus jeune âge, des écarts sont mis en évidence : une plus pauvre qualité du répertoire moteur accompagnée d'un risque quatre fois plus important de développer des anomalies du répertoire d'actions motrices lors du AMR (*Assessment of Motor Repertoire*). En effet, à 18 semaines, 59% d'une population d'enfants prématurés présentaient une asymétrie significative en termes de puissance musculaire contre 24% de la population « contrôle » née à terme ainsi qu'une différence de tonus passif (24% d'asymétrie contre 0%). Ces résultats sont confortés à 52 semaines : plus de la moitié de la population ciblée par l'étude montre une persistance de ces dissymétries (d'autant plus importantes que le poids de naissance est faible) (29). En parallèle, nous retrouvons des divergences de performances des mouvements grossiers volontaires et des mains pour un tiers d'entre eux (30).

D'une manière plus générale, ce « décalage » se consolidera avec le développement de l'enfant. A deux ans, nous retrouvons chez des enfants grands prématurés ne présentant pas de paralysie cérébrale ni autre affection importante : un quotient de développement significativement inférieur à celui de la population de référence (enfants nés à terme), mais peu de différence concernant la fonction motrice grossière (31).

Ainsi, dès la naissance, il existe de nombreuses disparités dans le développement de ces enfants.

### 3.2. De 2 à 5 ans

C'est une étape phare de la croissance avec l'entrée dans la scolarisation qui coïncide avec l'amplification ou l'apparition de certains troubles développementaux.

A trois ans, dans une population de grands prématurés, on observe statistiquement plus d'incoordinations que pour ceux dont la prématurité était modérée. Qu'elles soient sévères ou prononcées, elles sont également plus récurrentes que chez leurs homologues nés à terme et en bonne santé (15 et 37% pour la population cas contre 0 et 23% pour la population témoin) (32). On relève les mêmes résultats sur une population un peu plus âgée de quatre à cinq ans, celle-ci ayant une coordination motrice moyenne dans la limite basse, cette fois-ci la comparaison ne se fait pas avec une population témoin mais par rapport à la population générale (33).



Dans un domaine autre de la coordination, pour une population d'enfants de deux ans, un score anormal au ASQ (*Ages and Stages Questionnaire* : fonction motrice fine, grossière, fonctionnement socio-personnel et résolution de problèmes) a été identifié chez des enfants modérément prématurés (8,3%) et très grands prématurés (14,9%) alors qu'il était de 4,2% pour des enfants nés à terme (34). Les divergences majeures résident principalement dans la motricité fine, la communication et le fonctionnement socio-personnel. La dextérité a également été étudiée à un âge plus tardif : à cinq ans, des enfants prématurés de petit poids de naissance, révèlent une différence significative par rapport à leurs homologues nés à terme. Ces troubles de la dextérité sont accompagnés d'une moindre vitesse de traitement de données et d'une hyperactivité et inattention au sein de troubles moteurs globaux (identification à l'aide du MABC-2) (35). Dans une même tranche d'âge, la comparaison à des « normes » révèle de mêmes conclusions : les très grands prématurés de quatre à cinq ans se trouvent dans la limite inférieure de la moyenne en ce qui concerne la dextérité manuelle (33).

En effet, des résultats au M-ABC soulignent un plus grand déficit (bien que non significatif) corrélé à l'avancée en âge, principalement pendant l'école primaire et la préadolescence. L'âge de cinq ans est apparenté à une étape pivot. En effet, le développement moteur de ces enfants nés prématurément pourrait être insuffisant face aux exigences de l'école primaire, ce qui entraînerait alors une détérioration des compétences motrices. Il est donc particulièrement intéressant d'apprécier les capacités motrices à cet âge afin de mettre en évidence des différences plus notoires qu'elles ne l'étaient auparavant (36).

Toutes les études ne s'accordent pas sur le sujet, pour exemple, l'utilisation du *Gross Motor Development-2* ne démontre pas de différence en termes de capacités motrices chez les prématurés (grands et modérés) à l'entrée en première année d'école maternelle (37).

### **3.3. De l'enfance à l'âge adulte**

En continuité de ce qui a été présenté entre deux et cinq ans, il en ressort que 44% des enfants « non-handicapés » nés avant 35 semaines d'aménorrhée présentent toujours des déficiences motrices mineures à six ans (38). Une méta-analyse a eu pour objet l'étude des compétences motrices d'enfants grands et très grands prématurés de petit poids de naissance jusqu'à leurs quinze ans. Ainsi, nous pouvons voir la forte prévalence de problèmes moteurs évidents dans les capacités d'équilibre, de lancer et réception d'une balle, dans la dextérité manuelle et dans le développement moteur grossier et fin (utilisation du BSID-II, MABC et du BOTMP (*Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*)). (36). Le *Touwen*

*neurological examination* a aussi mis en évidence des troubles de la coordination, de la dextérité et de la posture chez ces enfants entre six et sept ans (39).

Nous parlions d'incoordination à cinq ans, nous la retrouvons dans une population de huit ans de très grands prématurés (utilisation du DCD : *developmental coordination disorder* et du M-ABC). 42% des enfants « cas » étaient sujets au DCD contre 8% dans le groupe « témoin ». 30% des prématurés ont développé une DCD sévère mais aucun dans le groupe des enfants nés à terme. L'habileté manuelle et l'équilibre sont significativement plus faibles au sein du groupe cas. Une évaluation des capacités motrices à un, trois et cinq ans qui pourrait prédire l'apparition de ces troubles à l'âge scolaire est aussi recherchée : ainsi le *Peabody Gross and Fine Motor Scale* permettrait de détecter dès cinq ans des troubles d'acquisition de la coordination qui apparaîtront à huit ans (40). Pour la période de sept et dix ans, la prévalence des troubles de la coordination est évaluée à 15% d'une population de prématurés (41). Entre huit et dix ans, des problèmes moteurs figurent dans 39% des cas, que ce soit pour la dextérité manuelle (49%), la réception de balle (26%) ou l'équilibre (35%) (utilisation du MABC-2 chez des enfants < 35 SA et/ou de petit poids de naissance) (28).

Aux Pays-Bas, dans le cadre du POPS (*Projet On Preterm and Small for gestational age infants*), des enfants prématurés ont été suivis pendant leur croissance afin de faire émerger des possibles problèmes notamment physiques, cognitifs, comportementaux, de performances scolaires, d'invalidités et handicaps... Des évaluations ont eu lieu à différents âges jusqu'à dix-neuf ans. Comme vu précédemment, les troubles étaient plus présents que dans la population générale. Les enfants qui présentaient une incapacité étaient de :

- 27,7 % à cinq ans,
- 44% à dix et onze ans (dont troubles de la marche, de la motricité manuelle, de l'audition, de la parole ou cognitif),
- 50% à quatorze ans et 53% à dix-neuf ans.

La fréquence de ces troubles croît donc au fil du temps, d'où la nécessité d'un dépistage précoce, aboutissant à une prise en charge adaptée (42).

#### **4. Un équilibre instable**

Afin d'obtenir une réponse motrice adéquate et stable, l'équilibre et la posture sont des prérequis fondamentaux. Leur contrôle chez des enfants nés avant 30 SA se situerait à quatre ans, période phare du développement. Pour cela, des exercices statiques (maintien de la position debout selon différentes modalités : yeux ouverts, fermés, puis perturbée par une

double tâche) et dynamiques (saut, appui unipodal, dans les mêmes conditions alternatives) sont réalisés comparativement à une population d'enfants nés à terme. Comme attendu, l'effort demandé étant plus complexe, les deux populations ont obtenu des résultats montrant des oscillations plus importantes quand la tâche se complexifiait. Néanmoins ces valeurs sont plus critiques pour la population prématurée (43). Ils présentent un moins bon contrôle postural, qui est d'ailleurs affecté par la double tâche, mais de manière équivalente à une population témoin entre trois et quatre ans (44). D'autres auteurs, au lieu de comparer deux populations différentes, se sont plutôt intéressés à des résultats attendus pour une population d'enfants de quatre à cinq ans. Ici encore, les enfants très grands prématurés (sans aucune autre atteinte) ont montré une stabilité posturale dans la limite inférieure de la moyenne (temps de maintien unipodal...) (33). Ces mêmes conclusions sont une fois de plus retrouvées entre sept et dix ans : les enfants prématurés présentent un moins bon contrôle de l'équilibre (41). L'hypothèse d'un manque d'expérience précoce des grands prématurés pouvant altérer le contrôle postural et donc le développement moteur dans les premiers mois de vie est soulevée (45).

Ces résultats s'opposent pourtant à ceux d'une étude plus récente qui prend en compte l'équilibre dans sa globalité. Le « Stork Stand » consiste à maintenir une position unipodale, la plante du second pied sur le genou de la jambe d'appui, les mains sur les hanches et les yeux fermés. Il ne résultait pas d'écart significatif entre les populations, la prématurité modérée et la grande prématurité n'auraient donc pas d'influence sur l'équilibre (37). Aux alentours de cinq à six ans, il n'a pas non plus été trouvé de différence importante entre deux autres populations de même âge (<30 SA et/ou <1000g ; >37 SA et/ou >2500g) quant à l'équilibre (35).

Les études ne s'accordent donc pas toutes sur une divergence de contrôle d'équilibre de ces enfants par rapport aux populations d'enfants nés à terme. Elle pourrait pourtant expliquer les difficultés d'exécution de mouvements fins et grossiers ainsi que l'influence sur la locomotion qui n'est en définitive qu'une succession de déséquilibres.

## **5. La marche du prématuré**

### **5.1. Etudes de la marche**

Tout d'abord, l'âge d'acquisition de la marche indépendante serait plus tardif. Lors d'une comparaison de deux populations, la majeure partie des grands prématurés (76%)

l'atteignent entre 12 et 17 mois et seulement 10% à 12 mois, contre 41% à 12 mois et 52% entre 12 et 15 mois dans la population témoin. Globalement, pour ce qui est de la marche, les deux groupes étaient homogènes dans les performances rapportées par l'analyse cinématique à 18 mois. En revanche, la longueur du pas était réduite au sein de la population cas (46). Seulement, à cet âge, comme souligné précédemment, le stade de la marche mature n'est pas encore atteint et les troubles peuvent se singulariser tout au long du perfectionnement de la marche. Des différences pourraient donc apparaître avec l'avancée en âge. Le retard d'acquisition de la marche indépendante (comme du maintien de la position assise seule), a également été évalué sur d'autres populations : la première d'enfants de deux ans en comparaison avec les données de l'OMS. Cette fois, la moyenne est de 13,6 mois contre 12,1 mois pour les enfants nés à terme (et 7,3 contre 6 mois pour le maintien de la position assise) (47). La seconde, soulève le fait que 50% de ces enfants (grands prématurés ou ayant un poids de naissance inférieur à 1000g) acquièrent une marche indépendante à l'âge de 15,7 mois, donc 3 mois de plus qu'une population d'enfants nés à terme (48).

Ces résultats peuvent être approfondis grâce à deux études menées par les mêmes auteurs (Katelyn Cahill-Rowley et Jessica Rose) portant sur des enfants grands et très grands prématurés de 18 à 22 mois (ayant un très faible poids à la naissance). Les mêmes outils sont alors employés : le GaitRite et le BSID-III.

Dans la première, la question d'un lien entre la posture lors de la marche, le degré de prématurité et de développement moteur est alors abordée. Les paramètres spatio-temporels étudiés sont multiples mais un point essentiel en ressort : la largeur du pas est significativement plus importante pour les enfants prématurés que pour la population témoin. Il n'a par ailleurs pas été trouvé de variation significative d'autres paramètres. En revanche, en y associant le score au BSID-III on remarque que la durée du pas est significativement supérieure chez les enfants ayant un score bas que chez les enfants nés à terme et ceux ayant un score suffisant (selon l'INSERM, un score inférieur à 85 signifie un retard de développement modéré à sévère). Des différences sont aussi observées quant à la largeur mais aussi la longueur du pas. Ceci conforte l'efficacité de l'analyse de la marche en tant qu'outil au sein du fonctionnement moteur de ces enfants. L'hypothèse d'un moins bon contrôle postural comme évoqué précédemment a aussi été avancé pour cette population (49).

La seconde met en avant l'utilisation d'un index de déviation spatio-temporel pour les très jeunes enfants : le *Toddle TDI*. Il permet de détecter les variations de la démarche d'un enfant en particulier par rapport à ce qui est « typique ». Plusieurs paramètres, mesurés à l'aide du GaitRite sont utilisés : la vitesse, la durée du cycle, la longueur et la largeur du pas, le coefficient de variation de la longueur du pas, le support de simple appui et le coefficient de variation du support de simple appui... Les enfants grands prématurés ont un index

significativement inférieur à celui des enfants nés à terme. Une fois de plus la différence est d'autant plus marquante pour ceux ayant un faible score au BSID-III. Selon les auteurs, cet index, spécifique de la fonction motrice globale de la démarche des enfants de 18 à 22 mois, serait plus révélateur que des paramètres individuels comme la vitesse (50).

A dix ans, il est également mis en avant une variation de la vitesse de foulée (au cours de la marche) plus importante pour une population d'enfants prématurés que pour des enfants nés à terme (51).

En résumé, la longueur, la largeur, la durée du pas ainsi que la variation de vitesse de foulée ont déjà montré une différence au sein d'études scientifiques concernant la prématurité.

## **5.2. Complexification de la marche et double tâche**

Entre six et sept ans, seulement 50% d'une population d'enfants grands prématurés présentent une marche optimale comparé à la totalité des enfants nés à terme étudiés. 23% ont une marche optimale en ligne droite et 21% une course optimale contre encore une fois 100% de leurs homologues. La marche en ligne droite à reculons est celle la plus affectée ; aucun ne la réalise d'une manière parfaite (39).

Alors qu'une altération des paramètres de marche d'enfants prématurés d'une dizaine d'année en simple tâche n'était visible que pour la variation de la vitesse de foulée, une complexification de la marche a mis en évidence de nouvelles différences. En effet, les paramètres spatio-temporels de la marche (évalués par le GaitRite) sont altérés par une inattention ou une hyperactivité de l'enfant dans des conditions de double et de simple tâche. On note que plus la tâche se complexifiait, plus la vitesse de marche, la cadence et la longueur du pas décroissaient et plus les durées de phase d'appui unipodal et bipodal s'amplifiaient (51).

## **6. Comportement, attention et réactions émotionnelles**

### **6.1. Facteur extérieur et paralysés cérébraux**

Comme vu précédemment, l'une des conséquences majeures les plus courantes de la prématurité est la paralysie cérébrale. Le tonus de base des enfants atteints de cette pathologie est communément appelé le facteur « B » ou « basal » (52). Il s'observe au repos,

est plus ou moins élevé selon les enfants et entrave les mouvements s'il est trop important. Dans certaines situations peut s'ajouter un « facteur E » (« Externe ») regroupant 3 composantes : les stimulations auditives, les stimulations visuelles et les stimulations tactiles (53). Cette association n'est pas toujours présente en intégralité. Dans certains cas, on ne peut retrouver qu'une seule composante qui engendrera une réaction excessive. Ce facteur fait partie des causes principales de limitation de participation sociale chez les individus paralysés cérébraux. Effectivement, lors d'un bruit soudain, d'un contact tactile, d'une intrusion rapide dans le champ visuel, d'une situation de surprise quelconque ou d'un sentiment de stress ; le sujet a une réponse émotionnelle excessive se traduisant par un renforcement important de sa posture.

Le réflexe de « Moro » correspond au fait de subir un mouvement involontaire soudain du corps causé par la surprise, l'alarme ou encore la douleur aiguë. Il est retrouvé chez les nouveau-nés et est amené à disparaître au cours du temps (entre trois et cinq mois environ). Il est observé chez les enfants nés avant 28 SA mais de manière incomplète et ne sera retrouvé dans sa totalité qu'après 34 SA. Ce réflexe archaïque, lorsqu'il disparaît, est remplacé par un réflexe de sursaut (dit « *Startle Reflex* ») présent tout au long de la vie. Il permet une protection de l'individu face à son environnement. Ces deux réflexes sont souvent confondus étant donné la promiscuité de leur mécanisme : c'est une large réponse défensive inconsciente à un stimulus soudain ou menaçant. Elle se caractérise principalement par une fermeture forcée des yeux, une élévation des bras fléchis au-dessus de la tête ainsi qu'une flexion du cou, du tronc, des coudes, hanches et genoux.

Ce réflexe de sursaut est retrouvé de manière excessive chez les enfants présentant une paralysie cérébrale, notamment dans sa durée (54). Il a été constaté que ces enfants réagissaient plus fortement à un facteur « bruit » alors que des enfants sans lésion cérébrale n'étaient relativement pas influencés dans leur activité. Il existe cependant une habitude à la répétition de l'expérience sonore réduisant cette réaction.

## **6.2. Développement émotionnel du grand prématuré**

Tout d'abord, divers sentiments ont été étudiés, les répercussions sont variables sur chacun d'entre eux. Par exemple tous expriment la joie de manière identique. En revanche, les réponses négatives quant aux situations pouvant entraîner de la colère sont plus marquées chez les enfants nés avant 29 SA. Pourtant les situations de peurs, elles, engendrent des réactions moins distinctes par rapport à leurs homologues nés à terme. De manière générale on constate une activité motrice accrue dans l'ensemble des situations suscitant des émotions.

Le niveau d'attention, pourtant au départ supérieur, décline de manière rapide (55). Cette attention serait de manière générale moins soutenue et moins mature que celle des enfants nés à terme (38).

Des résultats une fois de plus similaires ont été retrouvés dans une large population d'enfants de huit ans nés avant 28 SA. Des scores et échelles ont permis de constater des taux significativement plus élevés de déficiences d'attention (soutenue, sélective, changeante ou divisée) ainsi que de syndromes de troubles déficitaires de l'attention avec hyperactivité (56).

En effet, des enfants de six à sept ans nés prématurés et à bas risque neurologique ont montré une moindre participation aux activités sociales. Ainsi se créent des problématiques d'intégration et d'acceptation auprès de leurs pairs affectant leur vie sociale. Des problèmes comportementaux et d'apprentissage sont mis en avant (anxiété, pleurs, hésitation, introversion...). On retrouve également une corrélation entre déficits mentaux, comportementaux et moteurs (57).

Toutes ces études conduisent à un questionnement quant au devenir de ces enfants. Ainsi, de nombreux retards attentionnels et moteurs ont été remarqués aux différents âges alors que seulement peu d'études s'intéressent plus singulièrement au développement de la marche chez ces enfants prématurés. La double tâche a permis de dévoiler certaines différences qui jusqu'alors n'étaient pas significatives. Les effets de la prématurité sont vastes et intéressent également l'affect, le comportement et la cognition. Cependant leur impact n'a pas été recherché sur la motricité et plus précisément sur la marche de l'enfant.

Afin d'envisager une voie rééducative lors de l'apprentissage de la marche, il est avant tout nécessaire de faire un constat de la situation actuelle et donc de l'évolution de la marche entre les deux populations. Nous avons pu voir qu'il n'existe que peu de différences au moment de l'acquisition de la marche, seulement celle-ci va à se perfectionner et des différences pourraient apparaître lors de la marche mature. Ainsi, nous nous demandons : existe-t-il une différence de qualité de marche entre des enfants nés grands prématurés et des enfants nés à terme de 3 à 6 ans, indemnes de troubles sévères, notamment en réaction à un facteur extérieur et en condition de double tâche ?

Pour répondre à ce questionnement, nos objectifs étaient doubles :

- Tout d'abord **comparer les paramètres spatio-temporels de la marche** entre deux populations sous différentes conditions (simple tâche, double tâche et simple tâche perturbée).

- Puis, pour agrémenter ces résultats, les objectifs secondaires étaient d'**observer l'impact de ces perturbations** (sonores et cognitives) sur la qualité de marche ainsi que sur les performances cognitives (coût de la double tâche).

Hypothèse : Nous pouvons supposer **une réaction typique à la perturbation auditive.**



# Matériel et méthode

---

## 1. Contexte de l'étude

Une étude observationnelle descriptive transversale cas – témoin a été mise en place pour répondre à notre problématique. Elle s'est déroulée au sein de différents établissements.

Elle a été conduite au cours du stage de clinicat de dernière année de Masso-kinésithérapie, du 7 janvier au 29 mars 2019. Une intervention auprès de centres de loisirs a eu lieu plus spécifiquement lors des vacances scolaires de février (du 18 février au 1<sup>er</sup> mars 2019) où la fréquentation de ces sites est plus importante hors période scolaire. Ainsi a été recueilli l'ensemble des données étudiées. Préalablement, les populations ont été recrutées et informées avec chaque accord parental signé.

## 2. Population

Le recrutement des populations et l'enregistrement des paramètres se sont déroulés au sein de différents établissements :

- Le Centre d'Actions Médico-Social Précoce (CAMSP) situé au sein de l'Hôpital Mère-Enfant de Limoges ;
- Les centres de loisirs de Landouge, Jean-Montalat et Léon Blum.

Il a été réalisé au cours d'un entretien avec les parents dans le but de leur exposer l'ensemble du projet. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont présentés ci-dessous en tableau 1.

**Tableau 1** : Critères d'inclusion et d'exclusion

	<i>Population cas (PM)</i>	<i>Population témoin (AT)</i>
	Agés entre 3 et 6 ans	
<b>Critères d'inclusion</b>	Naissance avant 32 SA	Naissance après 37 SA
	Sexe indifférent Caractéristiques anthropométriques comparables Autorisation signée des parents	
<b>Critères d'exclusion</b>	Lésion neurologique évidente (paralysie cérébrale)	Retard d'acquisition de la marche excédant 18 mois
	Problème de santé particulier pouvant entraver la réalisation du protocole Pathologie cardiaque Refus de participation	

*PM = enfants grands prématurés ; AT = enfants à terme*

Informations complémentaires aux différents critères :

- L'intervalle d'âge pourrait paraître conséquent pour un jeune enfant cependant peu de modifications interviennent entre 3 et 6 ans en ce qui concerne les paramètres de marche, le schéma moteur est alors proche de celui de l'adulte (17).
- L'absence de lésion neurologique évidente a été vérifiée dans les dossiers médicaux fournis par le CAMSP. En effet tous les enfants ont effectué une échographie transfontanellaire et un électro-encéphalogramme lors de leur passage en réanimation et en néonatalogie. Si le développement déviait de la norme, une IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) avait été réalisée en complément.
- Le suivi ou non en psychomotricité a aussi été noté.

Tous les enfants et parents pouvaient se retirer de l'étude s'ils le souhaitaient. Le document relatif au consentement de participation à une étude scientifique peut être consulté en annexe 4 (document fourni au sein du CAMSP). Celui présenté en centre de loisirs est lui visualisable en annexe 5.

### 3. Méthode

Au sein des centres de loisirs, cette étude s'est intégrée dans un projet plus global concernant l'activité physique, son lien avec la respiration et la dépense énergétique engendrée, dans une optique de prévention de l'obésité. Ainsi, des exercices d'échauffement et de différenciation entre la marche, la course et le saut ont été proposés. Ils ont été accompagnés d'activités de prise de conscience de la respiration et de contrôle de la motricité. L'évaluation de la marche s'est déroulée avant la séance d'activité physique de manière individuelle à raison de trente minutes afin d'éviter que d'autres paramètres tels que la fatigue, l'inattention ou la lassitude n'interviennent. L'ensemble de ce projet est visualisable en annexe 3.

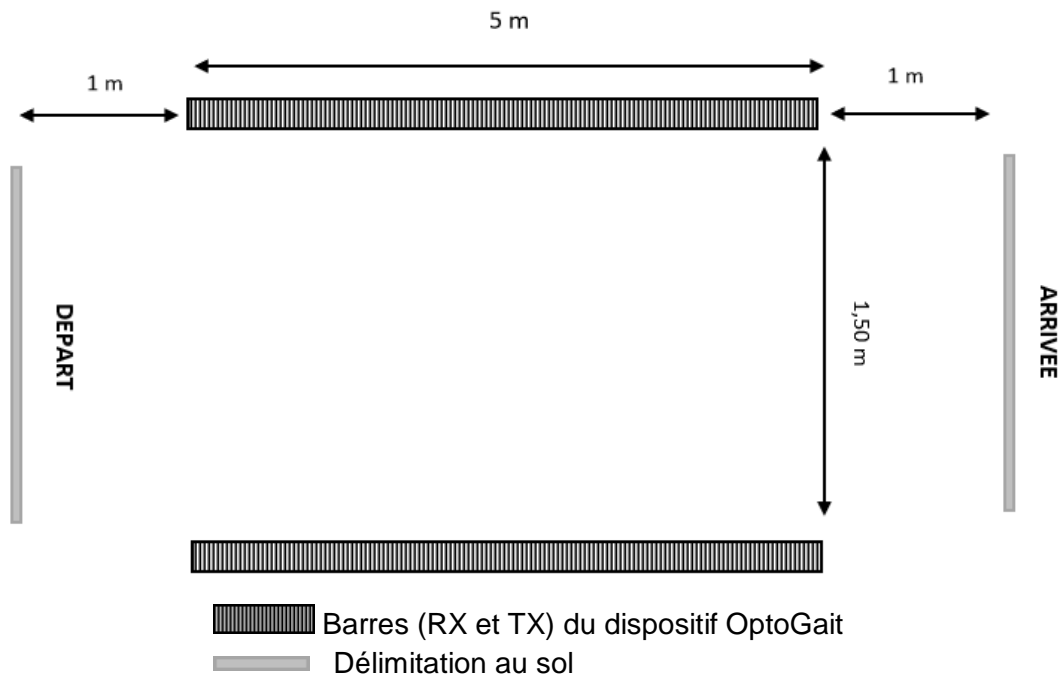
Dans la population cas, suite à l'installation des outils et du matériel, les séances se sont effectuées individuellement pour une durée de trente minutes également. De manière générale les enfants étaient vus en amont ou suite à une séance de psychomotricité ou une consultation pédiatrique.

Quelque soit l'établissement, le lieu de réalisation du protocole expérimental était isolé de toute distraction extérieure. L'ensemble des données a été recueilli de manière anonyme et analysées en partenariat avec une autre étudiante en quatrième année de Masso-kinésithérapie à l'ILFOMER (Institut Limousin de FOrmation aux MEtiers de la Réadaptation) de Limoges.

#### 3.1. Description du montage

L'étude a été menée à l'aide d'un système d'analyse de la marche, l'OptoGait. Les conditions de réalisation sont proches de celles employées au sein de différents protocoles expérimentaux impliquant l'utilisation d'un autre outil, le GaitRite, mesurant les mêmes paramètres de marche. Parmi celles-ci étaient déterminantes : les enfants marchaient avec leurs chaussures et leurs vêtements habituels afin d'obtenir une marche la plus écologique possible (58), ne pas porter d'objet sur soi (49) et avoir une marche homogène d'allure choisie (sans courir ni s'arrêter entre les barres). Une distance d'un mètre aura été respectée en amont et en aval du système (deux mètres : GaitRite (59) (60), OptoGait (61)) délimitée par des bandes blanches au sol indiquant les lignes de départ et d'arrivée. Ces distances sont nécessaires afin que les phases d'accélération et de décélération n'interviennent pas dans la prise de mesure, ce qui pourrait fausser les données. Elles ont été réduites par rapport aux

autres protocoles en raison de l'espace mis à disposition. De plus, les deux barres du dispositif étaient écartées d'un mètre cinquante ; distance déterminée pour être adaptable à tous les lieux utilisés pour l'étude et donc reproductible (largeur maximale obtenue au niveau de l'HME). Le montage est visualisable en figures 2 et 3. Au total, chaque passage s'effectuait sur sept mètres dont cinq étaient enregistrés et analysés.



**Figure 2 :** Schéma du montage



**Figure 3 :** Montage (photographie prise lors de la réalisation du protocole à l'Hôpital Mère-Enfant)

## 3.2. Déroulement du protocole

### 3.2.1. Epreuve de fluence verbale seule

Après une prise de contact, une première épreuve de fluence verbale (FV) de type sémantique a été réalisée, en amont des différents passages entre les barres du dispositif. Assis sur une chaise, la consigne a alors été « A partir de mon signal, tu vas me donner le maximum possible de noms d'animaux, je te dirai stop quand tu devras t'arrêter. Cela va durer 10 secondes ». Les réponses ont été comptabilisées et les répétitions et intrusions notées.

Le choix de cette tâche cognitive a été fait au vu de l'âge de la population étudiée : il fallait une tâche cognitive que l'enfant puisse réaliser quel que soit son âge. La fluence verbale avec noms d'animaux a été sélectionnée pour sa simplicité. Elle avait également déjà été employée de manière identique (durée...) en association à la marche pour des enfants prématurés (51).

### 3.2.2. Tests de marche

Suite à l'épreuve de fluence verbale se sont déroulées les différents tests de marche. Pour cela, la consigne explicitée en amont de l'ensemble des passages a été la suivante : « tu vas marcher plusieurs fois à ton rythme entre les deux barres que tu vois devant toi, tu commenceras à marcher à partir de mon signal et tu t'arrêteras au niveau de la ligne blanche au sol ; il ne faut pas que tu courres, ni que tu t'arrêtes quoi qu'il se passe. Il est possible parfois qu'il se passe quelque chose ou que je te demande de me dire quelques mots, mais dans tous les cas, tu continueras de marcher ».

A la suite de l'explication, une démonstration a été effectuée par l'un des deux examinateurs. Il a été vérifié que les explications ont été comprises et assimilées par l'ensemble des enfants par l'intermédiaire de questions simples (« Que dois-tu faire ? Où dois-tu marcher ? Que ne dois-tu pas faire ? »).

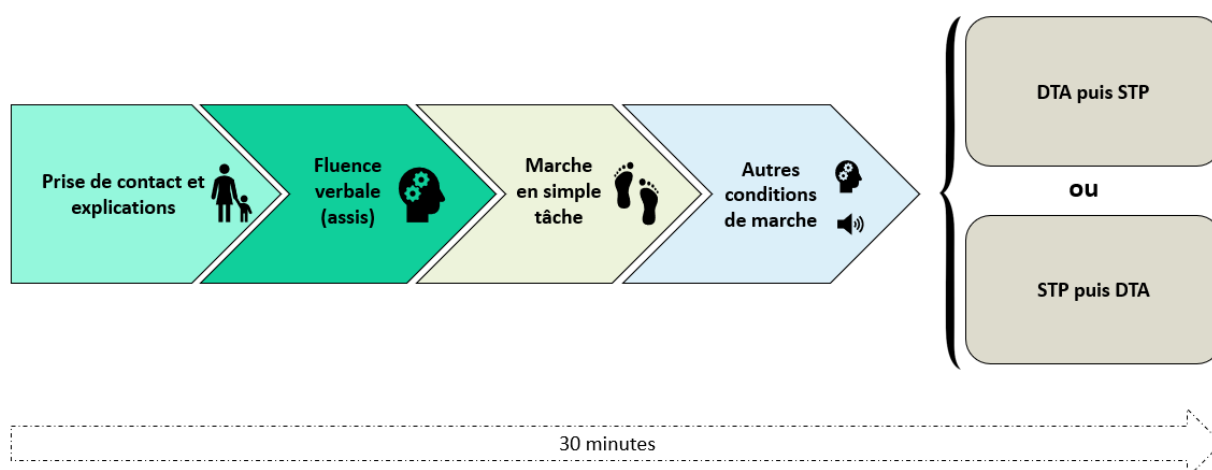
Les passages se sont ensuite déroulés selon trois modalités :

- La consigne est de marcher à leur allure, de la ligne de départ à la ligne d'arrivée, sans vitesse imposée et en l'absence d'interférence de la part des examinateurs. La seule consigne était de ne « pas courir ni s'arrêter entre les barres ». Nous appellerons cette condition « S » ou « **Simple tâche** ».

- Un son brusque définit comme « désagréable » et « surprenant » tel qu'un bruit de klaxon est émis brusquement au cours de la marche et ce jusqu'à la sortie des barres du dispositif afin d'observer les réactions motrices dans des conditions défavorables pouvant influencer les émotions du sujet. L'objectif était d'observer la présence ou non d'une réponse émotionnelle excessive ayant un impact sur la marche (perturbation hétérogénéisée). Nous appellerons cette condition « B » (Bruit) ou « STP » (**Simple Tâche Perturbée**)
  - Le son utilisé est un bruit de klaxon de 5 secondes à 48000 Hz (enregistreur Tascam DR-40 et microphone Sennheiser ME66 : [lasonotheque.org](http://lasonotheque.org)). Il aura été émis par l'intermédiaire d'une enceinte Philips branchée à un ordinateur Acer dont le son fut réglé au maximum.
- Pour finir, la dernière modalité est celle d'une double tâche. Pour cela, la marche a été combinée avec l'épreuve de fluence verbale déjà réalisée. En marchant, il aura été demandé à l'enfant d'énumérer à nouveau le plus de noms d'animaux possible (perturbation autogénérisée). Il n'a pas été précisé si les enfants devaient citer les mêmes animaux que la première fois ou s'ils devaient varier, ainsi ils avaient le choix. La marche s'est poursuivie cette fois-ci après le tapis pour que la durée de marche soit équivalente à la première épreuve (10 secondes). La consigne a été « Cette fois-ci tu devras continuer de marcher même après les barres bleues, tout en citant des noms d'animaux, au-delà de la ligne d'arrivée, jusqu'à ce que je te dise stop ». Nous appellerons cette condition « A » (Animaux) ou « DTA » (**Double Tâche Animaux**).

L'ordre suivant lequel se sont déroulées les différentes modalités a été déterminé en amont de la manière suivante. Le premier passage était toujours un passage sans interférence afin que l'enfant puisse s'accoutumer au dispositif. Celui-ci n'a pas été pris en compte pour l'analyse des résultats s'il n'a pas été réalisé correctement (passage en dehors des barres, arrêt pour non-compréhension). En effet son intérêt est de permettre une vérification de la compréhension de la consigne. Ainsi, s'il court ou s'arrête, des informations complémentaires ou une nouvelle explication ont été données. L'ordre entre les deuxièmes et troisièmes conditions a été choisi par alternance entre « Bruit puis Animaux » et « Animaux puis Bruit » afin que l'enchaînement des séquences n'ait pas d'influence sur les résultats. Au sein du protocole, nous retrouverons donc autant de séquences SBA (Simple tâche – Bruit – Animaux) que de séquences SAB (Simple tâche – Animaux – Bruit).

En résumé, le protocole, pour chaque enfant, s'est déroulé de la manière suivante (figure 4).



**Figure 4** : Déroulement du protocole  
STP étant la simple tâche perturbée et DTA la double tâche « animaux »

## 4. Matériel

### 4.1. Outil principal

Afin d'évaluer quantitativement la marche de ces enfants, le système d'analyse de la marche par détection optique OptoGait du laboratoire HAVAE a été utilisé. Il a été mis au point par Microgate (Bolzano, Italie) en 2010 et son cycle de vie est d'une vingtaine d'années (62).

Il est composé de deux barres, l'une émettrice (interface TX) et l'autre réceptrice (interface RX), chacune composée de 96 capteurs (LEDs d'1,041 cm de résolution) communiquant par infrarouges (figure 5). Elles doivent être espacées d'une distance d'au moins un mètre pour fonctionner correctement, créant ainsi un chemin de marche. La distance maximale entre les deux est de six mètres et aucun câble ne les relie. Les diodes sont placées perpendiculairement à la ligne de progression. C'est l'interruption de la liaison infrarouge lors des mouvements du sujet qui permet au programme d'application de détecter et collecter les différentes données. On obtient de cette manière une analyse objective des paramètres spatio-temporels de la marche, de la course, du saut et de multiples mouvements complexes. Par exemple, il est possible d'intercaler des obstacles sur le parcours de marche ou des aides techniques.



**Figure 5** : OptoGait et ses composantes

Ce système peut être placé directement sur le sol ou sur un tapis roulant, il est donc très modulable et s'adapte aux circonstances et à la demande. En effet, la piste de marche peut s'étendre de 1 à 100 mètres. C'est un système dont chaque barre (émettrice et réceptrice) est composée d'un assemblage de segments d'un mètre reliés par des bouchons de connexion : c'est le système modulaire. Ici, le KIT de cinq mètres a été utilisé. Le poids des barres TX et RX avec l'interface intégrée est de 2 kg et celui des barres complémentaires de 1,5 kg.

La fréquence d'acquisition des données est de 1000 Hz et la précision spatiale d'un cm. La mesure peut être couplée à une acquisition vidéo par l'intermédiaire de deux webcams professionnelles (avec leurs trépieds). Ce dispositif ne nécessite aucune préparation préalable du sujet qui peut alors se mouvoir entre les barres sans porter de capteur. L'OptoGait peut également être utilisé de manière peu invasive pour l'électromyographie superficielle.

Son faible poids et son sac le rendent facilement transportable. Son installation est simple (quelques minutes), elle consiste en un positionnement des barres au sol ainsi qu'un raccord entre la barre réceptrice et l'ordinateur via un câble USB. Néanmoins, l'alignement des différentes barres signalé par un témoin vert est essentiel. S'il est rouge, nous pouvons supposer un mauvais alignement, une irrégularité du sol ou un obstacle empêchant la communication entre l'émetteur et le récepteur.

L'OptoGait fonctionne avec piles et son autonomie dépend du nombre de barres utilisées, si celles-ci sont trop nombreuses, une alimentation sur secteur s'avère nécessaire. Pour l'utilisation du kit modulaire de cinq mètres, elle est de rigueur.

L'OptoGait permet notamment :

- D'évaluer la condition physique d'un patient (mise en évidence de déficiences, asymétries ou problèmes dans la posture) ;



- De créer et d'appliquer des parcours thérapeutiques, de rééducation ou de réadaptation ;
- D'informer de l'évolution de pathologies ou complications et séquelles d'un accident ;
- D'avoir un contrôle régulier des résultats ou de l'efficacité d'un traitement ;
- De fournir un rétrocontrôle visuel pour les patients sur leur état par rapport à des valeurs antérieures.

Le logiciel d'interface de l'OptoGait comprend trois principales sections :

- Archives / les patients : recensement des individus qu'il est possible de classer en divers groupes ;
- Tests : configuration des tests et réalisations ;
- Résultats : regroupe l'ensemble des données recueillies.

Le test de marche ou de course permet la mesure de dix-neuf paramètres :

- Le temps d'appui (% du cycle total de marche)
- Le temps d'oscillation (% du cycle total de marche)
- Le temps du pas (secondes)
- Le cycle de marche (secondes)
- L'appui simple (en secondes et % du cycle total de marche)
- L'appui double (en secondes et % du cycle total de marche)
- La réponse à la charge (en secondes et % du cycle total de marche)
- La pré-oscillation (en secondes et % du cycle total de marche)
- La longueur du pas (centimètres)
- La longueur de la foulée ou double pas (centimètres)
- Les phases d'appui (contact, pied plat, propulsion)
- La cadence / le rythme / la fréquence (pas/seconde)
- La vitesse (mètres/seconde)
- L'accélération (mètres/seconde<sup>2</sup>)

- Le temps de vol (en secondes et % du cycle total de marche)
- Le temps de contact (en secondes et % du cycle total de marche)
- La hauteur (centimètres)
- L'angle de foulée (degrés)
- Le déséquilibre

La validité de ce dispositif a notamment été évaluée en comparant à un autre système, le GaitRite, tapis de marche à capteurs de pression permettant un recueil des mêmes paramètres spatio-temporels de la marche.

Le système modulable de dix mètres a été utilisé lors de trois variantes de marche (la plus normale pour le sujet, rapide et lente). Les deux systèmes ont été placés de manière concomitante afin que chaque passage soit enregistré simultanément par les deux outils. La validité retrouvée était notoire, les deux ayant détecté les mêmes différences de paramètres spatio-temporels de la marche entre deux catégories de patients âgés (63). De plus, la validité et la fiabilité test—retest a été démontrée pour des jeunes adultes en utilisant ce même protocole mais uniquement à vitesse confortable et sur quatre mètres. Les résultats ont été identiques en ce qui concerne la validité (très haute corrélation) et il en était de même pour la fiabilité test-retest. Cependant malgré cette forte corrélation, des différences significatives ont été relevées entre les valeurs trouvées par chacun des deux outils (61).

Jusqu'à présent, tous les paramètres n'ayant pas été pris en compte, une nouvelle évaluation avec l'ensemble des dix-neuf paramètres a fait l'objet d'une autre étude. Le bilan est une forte constance de l'ensemble des paramètres de marche au cours d'une même session chez des jeunes adultes (comme lors de deux sessions espacées de deux semaines), excepté pour l'accélération (64).

## **4.2. Autre matériel**

Durant ce protocole a également été utilisé un chronomètre ainsi qu'une enceinte Philips (Model No. SPA4210/10) reliée à un ordinateur Acer swift 3 via port USB dont le son était réglé au maximum.

## 5. Variables

L'ensemble des paramètres spatio-temporels de la marche a été recueilli à l'aide de l'OptoGait. Ainsi les paramètres sélectionnés avaient été couramment mis en avant lors d'études de la marche : la longueur de la foulée (cm) (51,65) , la vitesse de marche (m/s) (49–51,58,60,65,66), la cadence (pas/m) (51,58,65,66) et le pourcentage de double appui (49,50,66). Pour chaque paramètre, la moyenne des différents résultats de chaque passage a été réalisée.

La variabilité des paramètres de marche au cours de chaque passage de l'enfant entre les deux barres, et donc sur cinq mètres, a été calculée manuellement pour les paramètres suivants : la vitesse (coefficient de variation de la vitesse (51)), la durée du cycle de marche et le pourcentage de double appui. Cette valeur n'étant pas directement fournie par le dispositif, la formule utilisée a été celle du coefficient de variation (67) :

$$\text{Coefficient de variation (\%)} = \frac{\text{Moyenne}}{\text{Ecart type}}$$

En complément, afin de connaître l'impact de chaque condition sur la marche ; le coût de la double tâche (%) appelé ici coût moteur fut calculé pour chaque paramètre à l'aide de la formule suivante (68) :

$$\text{Coût moteur (\%)} = \frac{\text{Performance Simple tâche} - \text{Performance Double tâche}}{\text{Performance Simple tâche}} \times 100$$

Le résultat, alors exprimé en pourcentages, peut être positif (diminution de la valeur du paramètre en double tâche) ou négatif (augmentation de la valeur du paramètre). L'interprétation dépendra de la valeur du paramètre signifiant une amélioration ou une dégradation de celui-ci.

Concernant l'épreuve de fluence verbale, le nombre de noms d'animaux énoncé en dix secondes dans les deux conditions (assis en simple tâche FV puis couplé à la marche en DTA) a été retenu ainsi que le nombre de répétitions ou intrusions. Il aura aussi été noté si les noms revenaient ou variaient entre les deux conditions. Le coût de la double tâche sur le nombre d'animaux énumérés aura également été calculé de la même manière que pour chaque paramètre de marche.

Le coût cognitif correspond dans ce cas à :

$$\text{Coût cognitif (\%)} : \frac{\text{Nombre de mots simple tâche} - \text{nombre de mots double tâche}}{\text{Nombre de mots simple tâche}} \times 100$$

La réaction au bruit a également été notée. Elle était alors classée selon trois catégories :

- Arrêt ;
- Aucune réaction : l'enfant n'exprime pas de perturbation ;
- Autres réactions regroupant le ralentissement, les pleurs, la modification de l'allure de la marche (accélération, ralentissement) ou un mouvement de tête en direction des examinateurs.

## 6. Analyse statistique

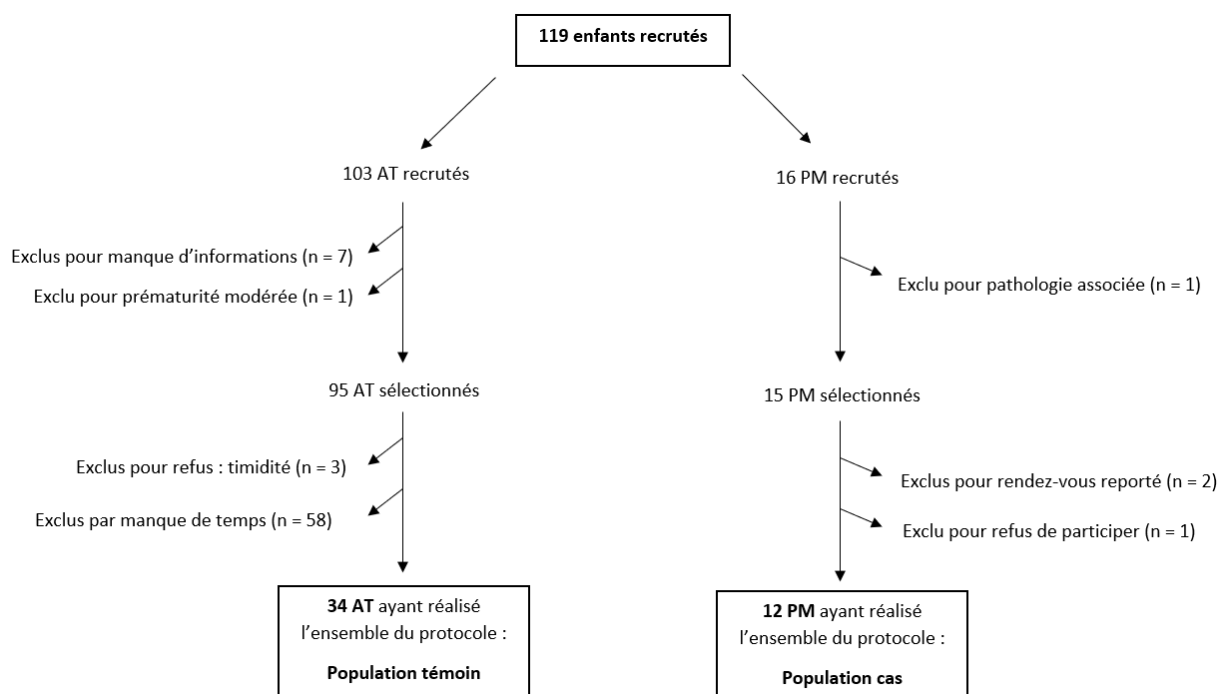
Les variables spatio-temporelles sélectionnées et recueillies étaient des paramètres quantitatifs continus ne suivant pas une loi normale (vérification par le Test de Shapiro-Wilk) et les groupes étaient de petits échantillons constitués respectivement de  $n = 12$  (PM) et  $n = 34$  (AT) sujets ; nous avons donc opté pour un test non paramétrique. Le but était alors de comparer deux moyennes de groupes indépendants : le test U de Mann-Whitney d'échantillons indépendants a été utilisé.

L'analyse statistique a été effectuée via le logiciel IBM SPSS Statistics version 22 (IBM Corp, Armonk, New York). Les valeurs dont le  $p \leq 0,05$  (seuil de risque de conclusion erronée) ont été retenues comme étant significativement différentes.

# Résultats

## 1. Population

Au total, 104 enfants (103 enfants nés à terme et un grand prématuré) ont été identifiés en centre de loisirs et 15 au CAMSP (tous étant des grands prématurés) de Limoges. Seuls 46 enfants ont accomplis l'intégralité du protocole expérimental (figure 6).



**Figure 6** : Diagramme de flux  
*PM = enfants prématurés ; AT = enfants nés à terme*

Les données relatives à la population sont présentées dans le tableau 2. Les sujets de cette étude (ayant réalisés le protocole dans son intégralité) étaient  $n = 46$  enfants de 3 à 6 ans dont la moyenne d'âge était de  $4,9 \pm 0,8$  années. Au cours du recrutement, des données relatives au temps gestationnel (nombre de SA), au poids de naissance ainsi qu'à l'âge d'acquisition de la marche, aux caractéristiques anthropométriques et à l'état de santé de l'enfant auront été recueillies. Le document fourni aux parents est visualisable en annexe 2. Nous noterons que la marche est considérée comme indépendante lorsque les enfants ont la capacité de marcher trois pas seuls sans tomber.

Selon l'âge gestationnel, les enfants avaient été répartis en deux populations de la manière suivante (tableau 2) :

- Le groupe cas ou PM (n = 12) était composé d'enfants nés grands prématurés (naissance avant 32 SA). 11 d'entre eux avaient été recrutés au sein du CAMSP et un au centre de loisirs Léon Blum.
  - Il était composé de 3 filles et 9 garçons dont la moyenne d'âge est de  $4,6 \pm 0,9$  ans. Parmi eux, aucun ne présentait de troubles sévères pouvant influencer la marche, nous avons retrouvé cependant 2 cas d'asthme et 11 cas confirmés de bronchodysplasie pulmonaire.
- Le groupe témoin ou AT (n = 34) constitué d'enfants nés à terme (naissance après 37 SA). Parmi eux 11 enfants ont été recrutés au centre de loisirs de Landouge, 12 au centre de loisirs Jean Montalat et 11 au centre de loisirs Léon Blum.
  - Il était composé de 21 filles et 13 garçons dont la moyenne d'âge était de  $4,9 \pm 0,7$  ans. Parmi eux, aucun ne présentait de troubles sévères pouvant influencer la marche.

**Tableau 2** : Caractéristiques des populations

	PM (n = 12)	AT (n = 34)	Valeur de p
<b>Sexe (ratio H/F)</b>	9/3	13/21	-
<b>Âge (ans)</b>	$4,6 \pm 0,9$ [3,2 – 5,9]	$4,9 \pm 0,7$ [3,6 – 5,8]	0,244
<b>Taille (m)</b>	$1,03 \pm 0,06$ [0,93 – 1,12]	$1,11 \pm 0,08$ [0,92 – 1,25]	<b>0,012*</b>
<b>Poids (Kg)</b>	$15,8 \pm 2,7$ [13 – 22]	$18,5 \pm 4$ [10 – 29]	<b>0,013*</b>
<b>Âge gestationnel à la naissance (SA)</b>	$27,67 \pm 1,16$ [26 – 30]	$40 \pm 1,5$ [37 – 43]	<b>0,0001*</b>
<b>Poids de naissance (Kg)</b>	$0,973 \pm 0,304$ [0,58 – 1,65]	$3,288 \pm 0,642$ [2 – 4,9]	<b>0,0001*</b>
<b>Age d'acquisition de la marche (mois)</b>	$17,8 \pm 3,5$ [11 – 23]	$12,5 \pm 2$ [7,5 – 18]	<b>0,0001*</b>

Présenté de la manière suivante : moyenne  $\pm$  écart type [minimum – maximum]  
 (\* : valeur significative)

Concernant l'aspect neurologique, nous avons pu retrouver au sein de la population PM :

- 10 enfants dont l'échographie transfontanellaire et l'électroencéphalogramme étaient normaux durant toute la durée de l'hospitalisation.
- 1 enfant dont l'échographie transfontanellaire avait montré une hémorragie intraventriculaire à gauche à 18 jours de vie mais qui s'était résorbée par la suite.

- 1 enfant dont l'électroencéphalogramme avait mis en évidence une petite dysmaturité qui était redevenue normale par la suite (échographie transfontanellaire normale dès le départ).

De plus, parmi l'ensemble des enfants grands prématurés,

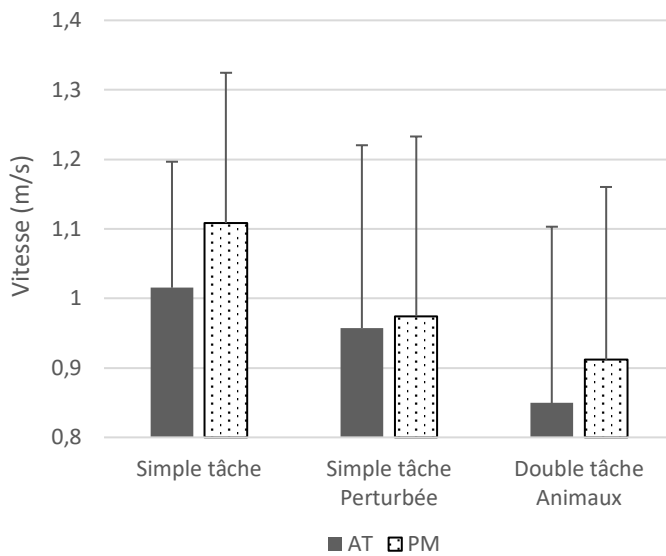
- Six d'entre eux faisaient l'objet d'une prise en soins régulière en psychomotricité.
- Quatre ne suivaient pas de prise en soins spécialisée en psychomotricité mais une consultation à raison de tous les six mois à un an était réalisée par un pédiatre. Parmi eux, un avait eu de la kinésithérapie de stimulation jusqu'à acquisition de la marche (à 20 mois).
- Un enfant allait faire l'objet d'une prise en soins future en psychomotricité.
- Un enfant n'était ni suivi par la psychomotricienne ni par la pédiatre du CAMSP.

## **2. Paramètres spatio-temporels de la marche**

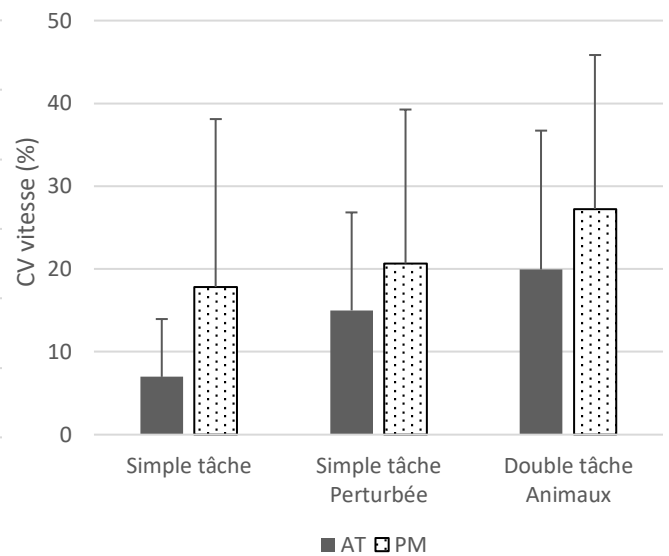
L'ensemble des données de chaque paramètre est repris en annexe VI. L'annexe VI.I présente alors les paramètres en simple tâche, l'annexe VI.II ceux en double tâche cognitive et l'annexe VI.III les paramètres en simple tâche perturbée par stimulus auditif.

### **2.1. Vitesse et coefficient de variation de la vitesse**

Nous n'avons identifié aucune différence significative entre les deux populations dans les trois modalités concernant la vitesse de marche (m/s) (figure 7). Il en est de même pour sa variation au cours du temps (%) (figure 8).



**Figure 7 :** Vitesse (m/s) - moyenne et écart type (barres)

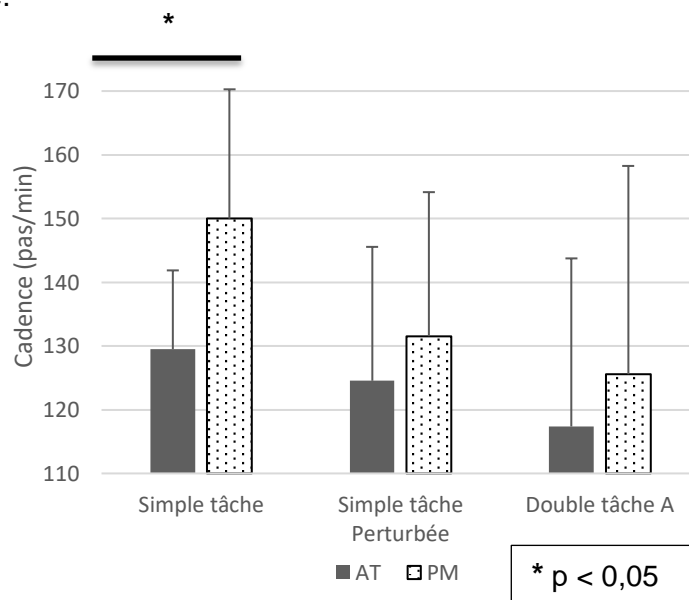


**Figure 8 :** Coefficient de variation de la vitesse (%) - moyenne et écart type (barres)

## 2.2. Cadence

Cette fois-ci une différence significative entre les deux groupes a pu être mise en évidence en condition de simple tâche pour la cadence (figure 9). Celle-ci était alors plus élevée chez les enfants PM :  $150 \pm 20,3$  pas/min contre  $129,5 \pm 12,4$  pas/min dans la population AT ( $p < 0,05$ ).

Cette différence n'est plus retrouvée en double tâche ni en simple tâche perturbée par un stimulus sonore.

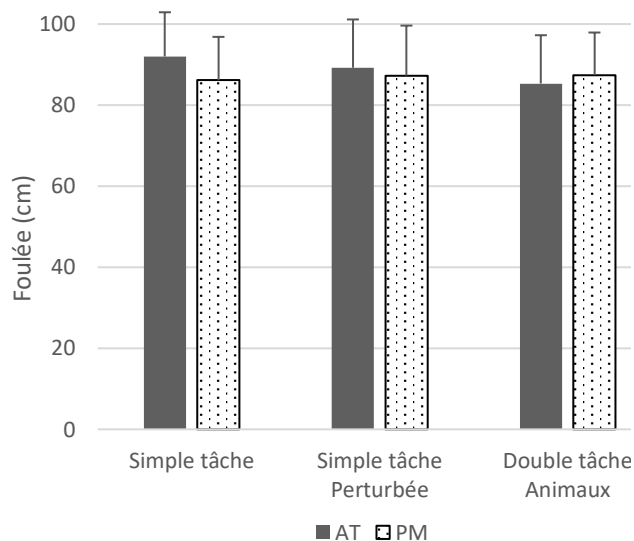


**Figure 9 :** Cadence (pas/minutes) – moyenne et écart type (barres)

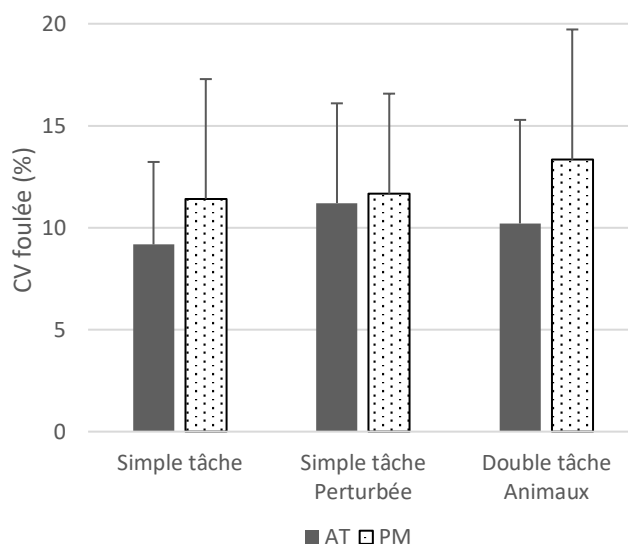


### 2.3. Foulée et coefficient de variation de la foulée

Nous n'avons retrouvé aucune différence significative de longueur de la foulée entre les deux populations, quelque soit la condition de marche (figure 10). Aucune différence significative n'a été non plus retrouvée concernant la variabilité de la longueur de foulée entre les deux populations, quelque soit la modalité (figure 11).



**Figure 10 :** Longueur de foulée (cm) – moyenne et écart type (barres)

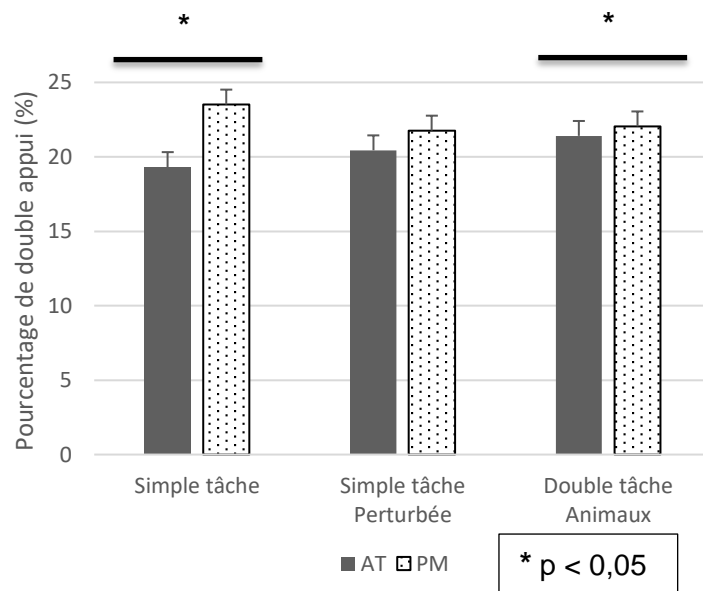


**Figure 11 :** Coefficient de variation de la longueur de foulée (%) – moyenne et écart type (barres)

### 2.4. Pourcentage de temps de double appui

Une différence de pourcentage de phase de double appui par rapport à la totalité du cycle de marche a pu être relevée. Elle était présente dans deux de nos conditions : simple tâche et double tâche cognitive (figure 12). En effet, cette phase était plus conséquente dans la population PM que dans la population AT ( $p < 0,05$ ).

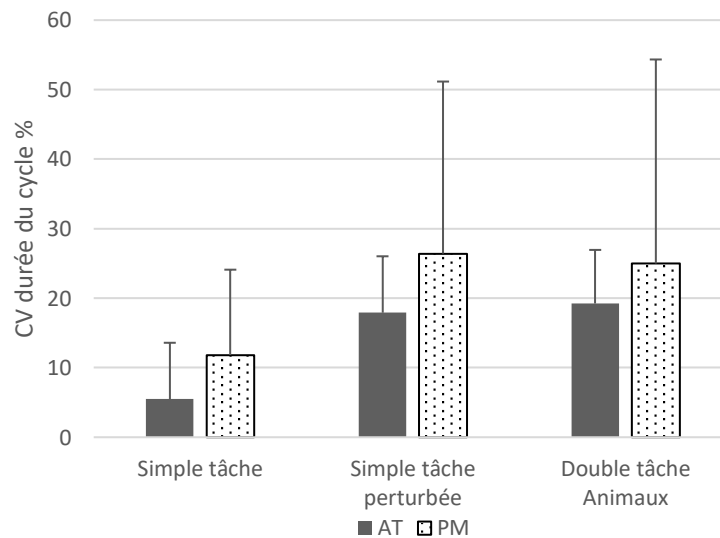
- En simple tâche :  $23,5 \pm 4,9$  % contre  $19,3 \pm 4$  % ( $p = 0,011$ ).
- En double tâche cognitive :  $22,1 \pm 5,4$  % contre  $21,4 \pm 4,9$  % ( $p = 0,00$ ).



**Figure 12** : Pourcentage de phase double appui (%) – moyenne et écart type (barres)

## 2.5. Coefficient de variation de durée de cycle

Aucune différence significative entre les deux populations n'a été retrouvée concernant la variabilité de durée du cycle dans les 3 modalités (figure 13).



**Figure 13** : Coefficient de variation de la durée du cycle (%) - moyenne et écart type (barres)

### 3. Calcul du coût moteur de la double tâche sur les paramètres de marche

Les résultats du coût moteur de la double tâche sur les paramètres de marche calculés de la manière préalablement énoncée sont présentés dans le tableau 3.

**Tableau 3** : Coûts moteur des différentes modalités sur les paramètres de marche (%)

Condition	Coûts sur les paramètres (%)	Populations		Valeur de p
		PM	AT	
DTA	Sur la vitesse (%)	16 ± 23,2	15,9 ± 22,2	0,960
	Sur la cadence (%)	15,4 ± 22,5	9,6 ± 17,1	0,565
	Sur la foulée (%)	-2,2 ± 12,6	6,8 ± 11,6	0,089
	Sur le % de double appui (%)	4,1 ± 23,8	-12,6 ± 22,4	<b>0,043*</b>
STP	Sur la vitesse (%)	10,3 ± 22,1	5,6 ± 20,6	0,557
	Sur cadence (%)	11,4 ± 14,9	3,6 ± 14,7	0,099
	Sur la foulée (%)	-1,91 ± 13,4	2,8 ± 8,5	0,293
	Sur le % de double appui (%)	5,30 ± 20,7	-6,9 ± 18,5	0,051

Présenté de la manière suivante : moyenne ± écart type (\*  $p < 0,05$ )

Une différence significative avait été retrouvée entre les deux populations lors du calcul du coût de DTA sur le paramètre « % de double appui » (tableau 3) :

- Augmentation du % de phase de double appui pour les enfants AT.
- Diminution du % du temps de double appui pour les enfants PM.

Il est à souligner qu'un coût « négatif » signifiait alors une augmentation de la valeur du paramètre alors qu'un coût « positif » sa diminution.

### 4. Performances cognitives en FV seule et DTA

Les résultats obtenus lors de l'épreuve de fluence verbale (FV) et de la double tâche cognitive (DTA) sont présentés en annexe VII.

En simple tâche FV, une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les deux populations se retrouve en termes de :

- Nombre de mots énoncés : supérieur dans la population AT.
- Nombre d'erreurs : supérieur dans la population PM.
- Nombre de répétitions : supérieur dans la population PM.

En DTA, la différence entre les performances des deux populations est toujours visible mais uniquement dans le nombre de noms d'animaux énumérés. Cette différence suit la même tendance.

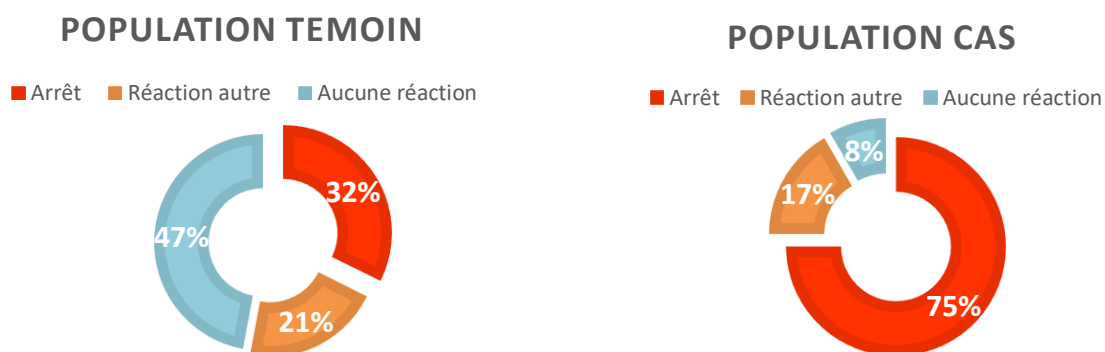
En additionnant les résultats des deux conditions distinctes, le nombre total de mots différents énoncés est significativement supérieur dans la population AT que dans la population PM. En revanche, le nombre de noms d'animaux identiques énoncés entre les deux tâches ne diffère pas (autant d'enfants ont répété en marchant les mêmes noms d'animaux qu'assis).

Le coût cognitif de la double tâche sur le nombre de noms d'animaux énoncés lors de l'association à la marche était de :

- 29% pour les enfants PM ;
- 5% pour les enfants AT.

## 5. Réaction au stimulus auditif

Lors de la modalité « bruit », nous avons pu observer différentes réponses de la part des enfants (figure 14).



**Figure 14** : Réactions au stimulus auditif : population témoin (AT) et population cas (PM)

- 9 (sur 12) enfants grands prématurés et 11 (sur 34) enfants nés à terme se sont arrêtés au cours de leur passage entre les barres du dispositif (**p = 0,011\***) ;
- 2 enfants grands prématurés et 7 enfants nés à terme ont ralenti, accéléré, tourné la tête vers les examinateurs ou pleuré (p = 0,771) ;
- 1 enfant grand prématuré et 16 enfants nés à terme n'ont exprimé aucune perturbation face au bruit soudain (**p = 0,018\***).

Nous avons noté lors de notre étude une différence significative quant à la réaction au bruit. Les enfants grands prématurés s'arrêtaient plus que les enfants nés à terme. En miroir, les enfants n'exprimant pas de réaction particulière face au bruit sont plus nombreux dans la population cas que dans la population témoin. En revanche, aucune différence significative n'avait été retrouvée quant au nombre d'enfants ayant une « réaction autre » au bruit dans les deux populations.

## Discussion

---

Les objectifs au cours de cette étude étaient doubles :

- Tout d'abord de comparer les sept paramètres spatio-temporels de la marche choisis entre deux populations sous différentes conditions.
- Pour compléter ces résultats, les objectifs secondaires étaient : d'observer l'impact de ces perturbations (sonore et cognitive) sur la qualité de marche (coût moteur) ainsi que sur les performances cognitives (coût cognitif) ;

Nous avons émis l'hypothèse de l'existence d'une réaction motrice typique à la perturbation auditive au sein de la population prématurée.

### 1. Interprétation des résultats

#### 1.1. Population

Les deux populations étudiées sont comparables en âge, en revanche une différence significative est visualisable en termes de poids, de taille, de poids de naissance, d'âge gestationnel et d'âge d'acquisition de la marche. Ce dernier est d'ailleurs plus élevé dans notre population PM que celui retrouvé par d'autres auteurs :  $17,8 \pm 3,5$  [11 – 23] mois au sein de notre protocole contre 15,7 (48) ou encore 13,6 mois (47) dans d'autres. Cependant, il se rapproche d'un constat de Jeng et al. : 76% de leur population l'avaient atteint entre 12 et 17 mois (46). En outre, l'âge d'acquisition de la marche mis en évidence chez les enfants AT est similaire à celui couramment retrouvé (46,69).

Lors de l'étude, quatre enfants (un PM et trois AT) ont finalement refusé de réaliser le protocole expérimental dans son intégralité. Nous pouvons nous poser la question quant aux motivations de leur refus. Tous avaient entre trois ans et trois ans et demi. Peut-être ce protocole était-il trop intimidant pour des enfants si jeunes ? En effet, ceux de quatre ans et plus étaient beaucoup plus conciliants ; la recherche de performance comme dans un jeu était alors envisagée, non ressentie auprès des plus petits. Ceux-ci, de manière générale, étaient plus repliés sur eux-mêmes et prononçaient moins de mots ou phrases. Cette tâche requirait une participation active de leur part, qui, confronté avec la timidité et l'appréhension de certains, a pu être la cause de ces refus.

## **1.2. Paramètres de marche et coût de double tâche**

### **1.2.1. Simple tâche**

Nous avons mis en évidence peu de divergences entre nos deux populations ; néanmoins majoritaires, contrairement à nos attentes, en condition initiale de simple tâche. En effet, nous avons constaté une phase de double appui plus importante au sein du cycle dans notre population PM par rapport à notre population AT. La cadence a également été retrouvée augmentée. Cette différence n'avait pas été notée dans une étude de Cahill Rowley et al. entre 18 et 22 mois. Seulement, certains enfants ne marchaient que depuis peu, la marche n'était donc pas mature, ce qui pourrait expliquer les différences retrouvées. La durée du pas et la largeur du pas étaient augmentées par rapport à leurs homologues nés à terme, paramètres non mesurés ici. L'outil utilisé était également différent (GaitRite) (49).

Cette cadence plus élevée pourrait être le résultat de pas plus courts et plus rapides (longueur de foulée plus faible et vitesse plus élevée dans la population PM bien que non significatif). La phase de double appui plus longue au sein d'un cycle est probablement un signe de recherche de stabilité. En effet, nous pourrions supposer que la phase de simple appui, pouvant être la cause d'instabilités, serait diminuée de manière symétrique. Pour compléter ces résultats, nous avons constaté que nombreux sont les paramètres qui semblent être plus élevés (vitesse, non significatif) dans la population PM ; seulement leur variabilité est aussi plus importante. Nous pouvons émettre l'hypothèse d'une marche moins fluide et plus désorganisée.

Ainsi, nous rejoignons les hypothèses de Cahill Rowley et al. ayant observé une augmentation du polygone de sustentation (liée à la largeur du pas) dont ils ont supposé être un indicateur d'un moins bon équilibre et donc d'un moins bon contrôle postural (49).

### **1.2.2. Double tâche cognitive (DTA)**

De manière générale, nous pouvons constater une dégradation des paramètres de marche lors de la complexification de la tâche (double tâche ou perturbation externe sonore) comme retrouvé par Priska Hagmann-von Arx et ses collaborateurs (51). Cette dégradation est d'autant plus prononcée que la tâche est complexe : la double tâche cognitive a eu un impact plus important que la simple tâche avec perturbation sonore. L'explication réside probablement en la demande de participation active du sujet en DTA.

La différence de pourcentage de phase de double appui, contrairement à la cadence, a d'ailleurs été identifiée à nouveau en condition de double tâche cognitive par fluence verbale. Le pourcentage de temps de double appui était une fois de plus supérieur dans la population PM que dans la population AT.

Or, nous avons constaté un coût moteur lors de la DTA indiquant une diminution de la proportion de cette phase au sein du cycle par rapport à la simple tâche dans la population PM. A l'opposé, nous avons pu observer une augmentation dans la population AT. La tendance était donc inversée. Ainsi, quand la tâche se complexifie, alors qu'un enfant né à terme aurait tendance à augmenter sa phase de stabilité (double appui), l'enfant grand prématuré la diminuerait ; bien qu'elle reste toujours plus importante que pour leurs homologues nés à terme.

L'allongement du pourcentage de phase de double appui avait déjà été mis en évidence pour des enfants de 4 à 6 ans nés à terme en condition de double tâche. Nos résultats s'alignent ainsi sur ceux de Cherng R-J et al. Cette augmentation était alors accompagnée d'une diminution de la vitesse, de la cadence et de la longueur du pas et d'une augmentation de la surface de la base de sustentation (70). Une plus grande variabilité de longueur de foulée par rapport à la simple tâche avait aussi été mise en évidence au même âge lors du port d'un objet en double tâche (71).

Entre 7 et 10 ans, les résultats quant à l'impact de la double tâche sur des individus à terme n'ayant pas de troubles du développement ne s'accordent pas tous. Chauvel et al. (66) et Abbruzzese et al (72) constatent une altération de la vitesse, de la cadence, de la durée du pas et de sa longueur mais seule une étude n'observe aucune influence sur le pourcentage de phase de double appui, tout comme à l'âge adulte (72). Une tâche motrice simple en revanche n'est que peu affectée. Cette augmentation de phase de double appui était d'ailleurs supérieure à celle de la population adulte. Il est aussi à noter que les coefficients de variation étaient toujours supérieurs dans la plus jeune population. C'est peut-être cette variation plus importante présente de manière générale chez les enfants qui n'a pas permis de mettre ici en évidence des divergences importantes entre nos deux populations. A un âge plus tardif, certaines pourraient éventuellement voir le jour.

A l'opposée, Jeffrey M. Hausdorff, lors de sa comparaison de plusieurs études, avait démontré qu'au cours d'une double tâche cognitive, des sujets jeunes en bonne santé ont une vitesse réduite. La variation de la foulée au cours du temps et le temps de phase oscillante, en revanche, restaient inchangés. Il précisait alors qu'une augmentation de la variabilité serait signe d'une automatisation moindre (73).



D'autre part, la marche d'une population d'enfants paralysés cérébraux de 8 à 16 ans a été étudiée lors d'une double tâche cognitive similaire à la nôtre (fluence verbale sémantique). Ainsi, ont été retrouvés : une diminution de la vitesse accompagnée d'un coefficient de variation de la longueur de la foulée et d'une durée de foulée augmentées (74). Concernant la vitesse et la variation de la longueur de foulée, les résultats sont similaires au sein de notre population PM, en revanche, la longueur de foulée était relativement constante. De plus, certains de nos paramètres étudiés différaient, ne permettant pas une comparaison plus précise.

### **1.2.3. Simple tâche perturbée par stimulus auditif (STP)**

Une fois de plus, nous avons pu observer une altération des paramètres de marche dans les deux populations lors de la perturbation auditive.

Or, contrairement à nos attentes, nous n'avons ici pas noté de différence significative entre les deux populations quant aux paramètres spatio-temporels de la marche étudiés : les différences entre les populations se sont aplanies. Peut-être est-ce dû aux réactions à cet âge qui sont de toute manière amplifiées lors d'une perturbation sonore ? Nous pouvons supposer que la sensibilité au bruit externe est importante durant les premières années et qu'elle serait amenée à diminuer au cours de la croissance.

Bien que les objectifs de nos études différaient, Huang et al. ont retrouvé une réaction à une tâche simultanée d'identification auditive plus lente pour des enfants de 5 ans à terme que lors d'une tâche d'identification visuelle. Cette durée était également supérieure à celle de populations plus âgées (58). La vitesse, la cadence et la longueur du pas sont alors plus faibles qu'en simple tâche. Cela pourrait aussi être un indicateur quant à la perturbation importante que peut engendrer un son. Ainsi, au cours du développement, les enfants développent probablement une moindre réaction à une tâche auditive au cours de la marche et un temps de réaction moteur plus rapide.

Nous nous attendions à une diminution de la longueur de foulée et de la vitesse associée à une augmentation d'autres paramètres tels que le pourcentage de temps de double appui, signifiant un ralentissement de la marche (qui peut se faire plus hésitante). Ces évolutions auraient été cohérentes à celles que les auteurs observent habituellement en condition de double tâche comme nous l'avons vu précédemment. Nous avons noté une évolution inverse (non calculée statistiquement) de certains paramètres (augmentation de la

foulée, diminution du pourcentage de temps de double appui). En revanche nous avons bel et bien une diminution de la vitesse et de la cadence. La tendance, pourtant moins marquée, est proche de celle trouvée en DTA. Les effets d'une perturbation auditive n'avaient jusque là pas été appréhendés lors de la marche des enfants grands prématurés.

### **1.3. Performance : Fluence verbale seule et en double tâche**

En termes de performance à la tâche, nous avons retrouvé en FV seule un nombre de mots énoncés plus faible dans la population PM que dans la population AT. Ce sont des chiffres bien plus bas que ceux obtenus par Priska Hagmann-von Arx et al., mais la tendance retrouvée était la même. Néanmoins, leur population était plus âgée que la nôtre, expliquant cette fluence verbale plus importante due au lexique plus élargi (51). Plus les connaissances obtenues par l'apprentissage sont étendues et plus les possibilités de choix dans les mots à énoncer sont importantes.

En DTA, nous avons retrouvé une diminution de la performance cognitive dans la population PM alors qu'elle était relativement constante dans la population AT. Le nombre de mots énoncés était une fois de plus inférieur dans la population PM que dans la population AT. Le coût cognitif (entraîné par la marche sur les performances cognitives) était plus élevé dans la population PM que dans la population AT. Il avait pourtant été constaté que l'écart en termes de performances se comblait en double tâche à un âge plus avancé (51). Nous pouvons donc supposer que la différence présente se réduirait par l'apprentissage et la stimulation lors de la scolarité. Les situations de double tâche deviennent plus récurrentes et l'effet de l'expérience et de la répétition interviennent.

En outre, dans l'étude d'une population d'enfants paralysés cérébraux de 8 à 16 ans, il a été montré, comme nous l'avons retrouvé, une diminution de performance en épreuve de fluence verbale comparativement à des enfants non atteints de cette pathologie (74). Nous pouvons donc supposer que malgré l'absence de lésions neurologiques évidentes, le développement des enfants prématurés présenterait certaines similitudes.

De manière générale, une épreuve de double tâche sollicite principalement un aspect de l'attention appelé « attention divisée » : elle permet de réaliser un ensemble de tâches de manière simultanée. En effet, lors de la réalisation d'une double tâche, nous possédons une capacité totale, elle est alors subdivisée selon les besoins que requiert chaque tâche. Ce clivage se fait différemment en fonction de la stratégie utilisée. Plus la tâche « primaire » ou

« initiale » est demandeuse, plus grande sera la proportion de la capacité totale investie dans le maintien d'un niveau de performance. Ainsi, moindre sera la proportion restante monopolisée pour la ou les tâches secondaires. La performance lors de ces dernières en sera donc affectée. Nous pouvons donc supposer que moins la tâche à accomplir sera automatisée, plus la demande attentionnelle sera importante, et plus la performance en double tâche sera dégradée (75).

Il avait déjà été observé une priorisation variable au cours de l'âge. Les enfants de manière générale, à 9 ans, privilégiaient une tâche motrice à une tâche cognitive. A l'âge adulte, une équilibration plus juste est retrouvée afin d'obtenir des performances suffisantes aux deux tâches et donc n'entraver aucune d'entre elles (76).

En supposant une capacité attentionnelle restreinte, la stratégie employée par les enfants dans cette étude (AT et PM) aurait pû être de deux sortes :

- Soit ils auraient priorisé la tâche cognitive et ainsi on aurait observé une dégradation des paramètres de marche et les coûts de double tâche sur la marche auraient alors été importants. Or, les paramètres se dégradent mais peu de différences sont retrouvées entre les deux populations.
- Soit la tâche motrice aurait été priorisée au détriment de la tâche cognitive, ainsi on aurait observé une diminution du nombre de mots énoncés durant la marche. Nos constatations s'allignent sur cette théorie. Nous retrouvons une différence significative quant à la performance cognitive entre les enfants AT et PM.

En résumé, le niveau de performance à la marche de la population PM s'altère de manière similaire à leurs homologues. Pourtant nous observons une altération plus importante de la performance cognitive lorsqu'elle est concomittente. Nous en déduisons donc que le coût de la tâche « marche » sur la la tâche cognitive est supérieur dans la population PM. Ainsi, la demande attentionnelle que requiert la marche dans la population de grands prématurés est supérieure à celle des enfants nés à terme. Nous pouvons nous demander si cette demande accrue ne serait pas dû à une marche moins automatique ?

De manière plus générale, peut-être aurait-il fallu réaliser la tâche de fluence verbale sur une durée plus longue afin d'observer une atténuation de l'écart, ou au contraire une confirmation de nos résultats. Le nombre de mots énoncés en une minute et demi a été évalué dans une autre population plus âgée (grands prématurés de 7 à 11 ans). Ils constatent

également un nombre de mots énoncés inférieur pour la population étudiée (77). En effet, les enfants à terme plus âgés ont présenté une moindre interférence à la tâche que les plus jeunes, probablement dû à l'automatisation de la performance motrice, la pratique et l'expérience (75).

#### **1.4. Réaction au stimulus auditif perturbateur**

Au cours de la réalisation du protocole, nous avons pu observer diverses réactions des enfants au stimulus auditif perturbateur. La plupart des enfants PM se sont arrêtés alors que beaucoup d'enfants AT ne présentaient pas de réaction particulière. Nous pouvons donc confirmer notre hypothèse initiale quant à la présence d'une réaction typique au bruit chez ces enfants. Aucune autre étude retrouvée n'a étudié cette réponse face au bruit ; mais au vu des résultats que nous avons pu constater il pourrait être intéressant d'approfondir les recherches à ce sujet.

Comme nous l'avons énoncé précédemment, malgré l'arrêt, les paramètres spatio-temporels de la marche ne diffèrent pas. Nous pouvons donc supposer qu'une fois la marche reprise, celle-ci s'est accélérée pour « compenser » le retard créé par l'arrêt. La variabilité de la marche en est donc que plus importante. Cela conforte notre supposition d'une marche moins fluide.

Par cette réaction au bruit, nous pouvons supposer une perturbation majorée à un stimulus soudain et intense, ici représenté par un son de klaxon. Ces mêmes conclusions avaient été constatées auprès d'une population d'enfants paralysés cérébraux (54). Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que le seuil de déclenchement d'une réponse est également inférieur à celui nécessaire pour entraîner le « *startle reflex* » et donc un sursaut des enfants non atteints de pathologie.

## **2. Application à la pratique clinique**

Au cours de ce protocole, nous avons étudié une population dont nous ne parlons que peu en masso-kinésithérapie. Des études ont pourtant déjà souligné l'importance de cette prise en soins en néo-natalogie ainsi que l'apport de conseils aux parents concernés (12,14). Seulement, malgré la présence de troubles ou retards du développement moteur, peu de renseignements sont accessibles quant à la rééducation de ces enfants en pleine croissance.

Ainsi, au cours de cette étude, nous avons pu voir que les divergences en terme de paramètres de marche sont faibles entre 3 et 6 ans. L'une d'entre elles se comble même lors de la complexification de la marche entre les deux populations d'enfants. Cependant, nous avons pu mettre en évidence quelques nouveautés :

- La performance en double tâche cognitive est particulièrement affectée et le nombre de mots énoncés, que ce soit en tâche simple ou en double tâche, est bien plus faible.
- Les enfants prématurés ont une réaction typique au bruit significativement différente des enfants à terme. Nous pouvons donc supposer une réactivité au bruit plus prononcée.

Dans la vie quotidienne, les situations alliant deux tâches ne sont pas anodines. Les enfants sont amenés à devoir « performer » deux tâches simultanées ; la plupart des environnements sont caractérisés par un bruit de fond, des distractions visuelles ou sonores et obstacles de toute sorte. L'impossibilité de répondre aux attentes des différentes tâches pourrait être une source de limitation d'activités et restrictions de participation (sport, activités scolaires...). Par exemple, en milieu urbain, le bruit y est permanent (circulation, klaxons, autres conversations...), or un enfant devrait être capable de maintenir une marche correcte, tout en y alliant une conversation par exemple.

Une meilleure connaissance de ces notions pourrait permettre de proposer une prise en soins plus adaptée. En effet, elle serait essentielle afin d'orienter les professionnels dans leurs bilans, objectifs et rééducation (75). Ainsi, des facteurs attentionnels pourraient être inclus dans l'ensemble de la prise en soins.

Une rééducation sensori-motrice durant les premiers mois pourrait être envisagée. L'information aux parents par le kinésithérapeute semble aussi important en permettant une reconnaissance précoce de certains troubles avec conseils quant aux stimulations à prodiguer. La pratique d'un sport conciliant à la fois équilibre et coordination semble intéressante afin de stimuler l'enfant dans ces divers domaines, ralentissant ou empêchant l'apparition de retards (gymnastique, judo...).

Qui plus est, si nous sommes amenés à prendre en soins un enfant prématuré, nous pourrions être vigilants quant à l'aspect attentionnel. Lors de l'apprentissage de la marche, il ne faudrait pas se focaliser uniquement sur une marche en simple tâche mais plutôt sur ses diverses composantes.

### 3. Limites

#### 3.1. Déroulement et lieu d'étude : biais de mesure

Cette étude requièrait une adaptation importante de l'enfant. En effet, malgré la courte phase d'approche, l'enfant ne nous connaissait pas. Les performances à l'épreuve de fluences verbales en sont probablement affectées. Les enfants en centre de loisirs ont eu l'occasion d'assister à notre présence en amont, l'habituait fut donc plus progressive. Effectivement, nous étions présentes la veille au soir de notre intervention pour parler aux familles, ainsi que le jour suivant lors de nos interventions. Ils pouvaient constater que les autres enfants réalisaient le même protocole qu'ils auraient à effectuer et que tout se déroulait au mieux. Ainsi, le fait de venir marcher avec nous était plus ou moins devenu une « attraction ». Ce protocole s'inscrivait dans un contexte favorable de « loisirs », comme l'indique le nom du lieu même où il se déroulait. Il est à noter que l'étude se déroulait dans une pièce singulière où tout était mis en place pour que les conditions soient au plus proches de celles mises en place à l'hôpital : le déroulement était identique quelque soit le lieu. Bien évidemment, nous ne pouvons pas nier le contexte tout de même différent pour les enfants recrutés au CAMSP : les locaux d'un hôpital peuvent être effrayants. Les enfants, inévitablement, font le lien avec les soins qui leur ont été prodigués ; c'est l'endroit où ils ont l'habitude de venir pour des consultations ou suivis en psychomotricité.

Qui plus est, contrairement au centre de loisirs, les parents étaient présents lors de la du déroulement l'étude. Cette présence revêt un double aspect : rassurante et encourageante pour les enfants. Elle peut être une aide, et donc mettre à l'aise l'enfant. A l'opposé, les enfants avaient du mal à s'en détacher ; certains ont refusé de réaliser la marche seuls, exprimant une appréhension non observée en l'absence de figure familiale. La proximité parentale a déjà été étudiée en lien avec la performance chez des enfants de 6 à 8 ans ne présentant pas de trouble particulier. Contrairement aux attentes des auteurs, les performances étaient altérées négativement lors de la présence d'un parent au cours d'une épreuve neuropsychologique (78). En revanche, ils ont mis en avant une corrélation entre le lieu de déroulement de l'épreuve, le niveau moyen d'anxiété et l'âge des enfants. Or il n'a pas été mis en évidence de lien entre anxiété et performance, mais une hypothèse quant à la difficulté de mesurer l'anxiété des jeunes enfants à été soulevée.

A plusieurs reprise, la mère a marché à côté de l'enfant sans contact physique ou en lui tenant la main. En effet, la vitesse de marche retrouvée n'est peut-être pas celle de confort de l'enfant mais plutôt celle que la mère aurait inconsciemment imposée. De manière

identique, dans une étude de Cahill-Rowley et al., les enfants n'ayant pas encore acquis une marche indépendante pouvaient eux aussi marcher avec une assistance (tenaient la main) (49).

La réaction au bruit pourrait être également biaisée : en étant à proximité, la mère, n'ayant pas forcément le même ressenti, incite à la continuité de la marche. Les enfants à terme n'avaient alors pas ce « pilier » lors de la phase de perturbation sonore. Ainsi, nous pouvons nous demander si les enfants qui ne se sont pas arrêtés dans la population PM ne sont pas ceux dont la mère a aussi participé au protocole ?

### **3.2. Autres biais**

Une autre limite dont nous pouvons discuter est la différence d'âge entre les enfants (3,2 à 5,9 ans). Le lexique n'est pas identique tout comme la relation à l'autre. La scolarisation joue un rôle essentiel dans le développement du langage. Effectivement, à partir de 3 ans, l'enrichissement du vocabulaire est considérable et il ne cesse de progresser jusqu'à 4-5 ans. Entre 3 et 4 ans, un enfant est capable de réciter les premiers chiffres, il peut ensuite nommer certaines choses dont des couleurs. C'est entre 5 et 6 ans que ses capacités évoluent le plus, il peut par exemple réciter par cœur les lettres de l'alphabet (79).

Concernant à l'interaction enfant – examinateur, celle-ci dépendait du caractère et de l'âge de l'enfant. Parfois l'enfant ne prononçait pas de noms d'animaux ou disait ne pas en connaître, ainsi peut-être qu'il aurait été plus judicieux de faire une double tâche motrice (port de boîte ou plateau) comme il l'a déjà été fait dans certaines études. Cependant certaines évoquent un impact moins important sur la marche qu'une tâche cognitive (51,65). De plus, à cet âge, la compréhension des consignes peut parfois être compliquée, pouvant entraver la réalisation des diverses épreuves.

## **4. Perspectives**

Au cours de notre protocole, lorsqu'un enfant s'arrêtait, nous l'encourageons à reprendre sa marche jusqu'à la ligne d'arrivée. Il était parfois nécessaire de redoubler d'encouragements face à leur incrédulité. Peut-être aurait-il été judicieux de le laisser entreprendre la fin de la marche tout seul et de justement observer si de lui-même il serait reparti ou aurait abandonné. Ainsi nous aurions pu chronométrer ce temps avant la reprise de la marche. L'impact le plus important du bruit se serait concrétisé par exemple par une reprise

de la marche plus lente voire une absence de reprise ou un retour à la ligne de départ. Il est à noter que certains PM au sein de notre protocole avait eu une tendance au demi-tour lors de l'apparition du bruit ; ce qui n'a jamais été observé dans la population AT.

Pour agrémenter ces résultats, il serait aussi judicieux de mesurer l'impact de stimulations auditives variées dans leur signification (désagréable ou non...) à des intensités diverses. Nous pourrions mettre en évidence le seuil de déclenchement du « *startle reflex* » et la possible divergence entre les deux populations.

Nous avons constaté une détérioration identique des paramètres en double tâche cognitive et en simple tâche perturbée. Néanmoins, des différences se sont retrouvées dans la performance cognitive et l'attitude de l'enfant. Ainsi, à cet âge, comme nous l'avons décrit, la tâche motrice serait plus demandeuse au sein de la capacité totale dans la population PM que AT. Il serait intéressant d'observer si cette différence persiste avec l'âge. Peut-être que les performances à la tâche s'égaliseraient, tout comme les performances motrices ou bien entraîneraient l'apparition de divergences motrices. Ainsi, au cours d'un protocole, il serait intéressant de comparer plusieurs classes d'âge afin d'observer la priorisation à la tâche au cours du temps.

Ici nous avons choisi de comparer pour chaque modalité les valeurs entre les deux populations sans prendre en compte leur évolution. Peut-être aurions-nous pu observer la variation du même paramètre avec différentes conditions au sein même de chaque population. Il serait alors intéressant de voir s'ils se détériorent plus facilement dans la population d'enfants grands prématurés que dans celle d'enfants nés à terme par exemple. Et si c'est le cas, déterminer lesquels, afin qu'ils soient plus particulièrement ciblés lors des séances auprès des professionnels concernés.

L'OptoGait ne permet pas la mesure de la largeur du pas, paramètre parfois retrouvé comme significativement différent entre les deux populations (49). Peut-être serait-il intéressant d'identifier sa variation selon les différentes modalités telles que nous l'avons réalisé. Pour cela l'outil GaitRite semble être pertinent. Ainsi, nous pouvons supposer que ce paramètre augmenterait lorsque la tâche se complexifierait ainsi qu'en présence d'une perturbation sonore. La variabilité des paramètres au cours de la marche semble aussi être pertinente à mesurer, peut-être faudrait-il prioriser ces paramètres lors d'autres protocoles impliquant la marche de ces enfants. Par exemple, ayant mis en évidence une cadence différente, il aurait été intéressant d'en connaître sa variation. Il serait aussi enrichissant de



comprendre l'évolution des paramètres spatio-temporels au cours du temps. Ainsi, nous pourrions constater si la variabilité de la marche augmenterait ou diminuerait selon l'âge et si les différences se renforceraient ou s'annuleraient entre les deux populations. L'automatisation de la marche et donc l'importance de la capacité attentionnelle qu'elle requiert pourrait donc être appréhendée. En effet, la variabilité de la marche a été constaté comme signe d'une moins bonne automatisation de la marche (73).

## Conclusion

---

Les progrès de la médecine ont été à l'origine de nouvelles problématiques quant au devenir d'enfants nés de plus en plus tôt. En effet, certains, ne présentant pas de lésion neurologique évidente, sont susceptibles de développer des retards dans divers domaines. Ces derniers passent souvent inaperçus ; néanmoins les conséquences qu'ils engendrent sont multiples (parcours scolaire, activités sportives...). Le développement de ces enfants n'est pas encore connu dans son intégralité.

L'étude de la marche des enfants grands prématurés réalisée a permis d'appuyer certains aspects déjà présents dans la littérature : les paramètres spatio-temporels de la marche ne diffèrent que peu de ceux d'une population d'enfants nés à terme de 3 à 6 ans. Seule la cadence et le pourcentage de phase de double appui diffèrent en simple tâche. En revanche, en conditions de double tâche et de perturbation auditive, ces différences s'atténuent. Cependant, les performances en tâche de fluence verbale sémantique observées chez les enfants nés prématurément sont moindres, indiquant une charge attentionnelle supérieure pour une même tâche motrice (telle que la marche). Ainsi, la capacité restante cognitive est minorée. Nous avons également retrouvé une réponse typique à la perturbation auditive plus marquée dans la population étudiée : un stimulus perturbateur a eu un impact important sur l'attention des enfants lors de leur marche. Le seuil de déclenchement d'une réaction au bruit est ainsi probablement abaissé chez les enfants grands prématurés.

Il est important de prendre en compte les notions connues lors de la participation à la prise en soins masso-kinésithérapique de l'enfant grand prématuré. Ainsi, peu à peu, l'élargissement des connaissances pourrait permettre une prise en soins plus adaptée, ainsi qu'une meilleure orientation quant aux attitudes et techniques employées en rééducation. La finalité est bien évidemment une amélioration de qualité de vie de ces enfants.

## Références bibliographiques

---

1. OMS | Naissances prématurées [Internet]. WHO. [cité 25 avr 2017]. Disponible sur: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs363/fr/>
2. Blencowe H, Cousens S, Oestergaard MZ, Chou D, Moller A-B, Narwal R, et al. National, regional, and worldwide estimates of preterm birth rates in the year 2010 with time trends since 1990 for selected countries: a systematic analysis and implications. *The Lancet*. 9 juin 2012;379(9832):2162-72.
3. Beck S, Wojdyla D, Say L, Betran AP, Merialdi M, Requejo JH, et al. The worldwide incidence of preterm birth. *Bulletin - World Health Organization, Bulletin of the World Health Organization*. janv 2010;88(1):31-8.
4. Enfants grands prématurés : pour une meilleure prise en charge [Internet]. Salle de presse | Inserm. 2016 [cité 21 avr 2017]. Disponible sur: <http://presse.inserm.fr/enfants-grands-prematures-pour-une-meilleure-prise-en-charge/24433/>
5. Mortalité néonatale [Internet]. Ined - Institut national d'études démographiques. [cité 22 mars 2019]. Disponible sur: <https://www.ined.fr/fr/lexique/mortalite-neonatale/>
6. Tavasoli A, Aliabadi F, Eftekhari R. Motor Developmental Status of Moderately Low Birth Weight Preterm Infants. *Iran J Pediatr*. oct 2014;24(5):581-6.
7. Karimi M, Fallah R, Dehghanpoor A, Mirzaei M. Developmental status of 5-year-old moderate low birth weight children. *Brain Dev*. sept 2011;33(8):651-5.
8. Sibertin-Blanc D, Tchenio D, Vert P. Naître « très-grand-prématuré », et après ? La psychiatrie de l'enfant. 2002;45(2):437.
9. Arnaud C, Daubisse-Marliac L, White-Koning M, Pierrat V, Larroque B, Grandjean H, et al. Prevalence and associated factors of minor neuromotor dysfunctions at age 5 years in prematurely born children: the EPIPAGE Study. *Arch Pediatr Adolesc Med*. nov 2007;161(11):1053-61.
10. Prématurité [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 11 mars 2019]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/prematurite>
11. Blondel B, Truffert P, Lamarche-Vadel A, Dehan M, Larroque B. Utilisation des services médicaux par les grands prématurés pendant la première année de vie dans la cohorte Épipage. *Archives de Pédiatrie*. nov 2003;10(11):960-8.
12. Athayde Xavier Coutinho G, de Mattos Lemos D, Caldeira A. Impact of physiotherapy on neuromotor development of premature newborns. *Fisioterapia em Movimento*. 1 sept 2014;27:413-20.
13. Lekskulchai R, Cole J. Effect of a developmental program on motor performance in infants born preterm. *Aust J Physiother*. 2001;47(3):169-76.
14. Information NC for B, Pike USNL of M 8600 R, MD B, Usa 20894. Efficacy of early physiotherapy intervention in preterm infant motor development — a systematic review [Internet]. Centre for Reviews and Dissemination (UK); 2012 [cité 6 avr 2019]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK127390/>

15. Orton J, Spittle A, Doyle L, Anderson P, Boyd R. Do early intervention programmes improve cognitive and motor outcomes for preterm infants after discharge? A systematic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1 nov 2009;51(11):851-9.
16. Cameron EC, Maehle V, Reid J. The effects of an early physical therapy intervention for very preterm, very low birth weight infants: a randomized controlled clinical trial. *Pediatr Phys Ther*. 2005;17(2):107-19.
17. Viel E. *La marche humaine, la course et le saut*. MASSON. 2000.
18. Penneçot G-F. *Marche pathologique de l'enfant paralysé cérébral: marche normale, analyse et compréhension des phénomènes pathologiques, traitement, évaluation*. 2009.
19. Legrain F. *Le LOCOMETRE® : Analyse des paramètres spatio-temporels de la marche* [Internet]. Université du droit et de la santé (Lille); 2012. Disponible sur: <http://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/9bd0a98a-0a77-4fe5-a039-58f4423b100a>
20. Sutherland DH, Olshen R, Cooper L, Woo SL. The development of mature gait. *J Bone Joint Surg Am*. avr 1980;62(3):336-53.
21. Rose-Jacobs R. Development of gait at slow, free, and fast speeds in 3- and 5-year-old children. *Phys Ther*. août 1983;63(8):1251-9.
22. Hillman SJ, Stansfield BW, Richardson AM, Robb JE. Development of temporal and distance parameters of gait in normal children. *Gait Posture*. janv 2009;29(1):81-5.
23. Inger Holm, Tveter AT, Fredriksen PM, Vollestad N. A normative sample of gait and hopping on one leg parameters in children 7-12 years of age. *Phys Ther*. févr 2009;29:317-21.
24. L'étude Epipage 1 [Internet]. [cité 25 avr 2017]. Disponible sur: <http://epipage2.inserm.fr/index.php/fr/prematurite/epipage1>
25. Lancement d'Epipage 2 : Mieux connaître et prendre en charge la grande prématurité | Salle de presse | Inserm [Internet]. [cité 15 févr 2017]. Disponible sur: <http://presse.inserm.fr/lancement-depipage-2-mieux-connaître-et-prendre-en-charge-la-grande-prematurite/13994/>
26. Carcreff L, Bonnefoy-Mazure A, Coulon GD, Armand S. Analyse quantifiée de la marche. *Mov Sport Sci/Sci Mot*. 2016;(93):7-21.
27. Menz HB, Latt MD, Tiedemann A, Kwan MMS, Lord SR. Reliability of the GAITRite® walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. *Gait & Posture*. 1 août 2004;20(1):20-5.
28. Moreira RS, Magalhães LC, Dourado JS, Lemos SMA, Alves CRL. Factors influencing the motor development of prematurely born school-aged children in Brazil. *Res Dev Disabil*. sept 2014;35(9):1941-51.
29. Fjørtoft T, Evensen KAI, Øberg GK, Songstad NT, Labori C, Silberg IE, et al. High prevalence of abnormal motor repertoire at 3 months corrected age in extremely preterm infants. *Eur J Paediatr Neurol*. mars 2016;20(2):236-42.
30. de Groot L, Hopkins B, Touwen B. Motor asymmetries in preterm infants at 18 weeks corrected age and outcomes at 1 year. *Early Hum Dev*. 25 avr 1997;48(1-2):35-46.

31. Charkaluk ML, Truffert P, Fily A, Ancel PY, Pierrat V, Epipage study group. Neurodevelopment of children born very preterm and free of severe disabilities: the Nord-Pas de Calais Epipage cohort study. *Acta Paediatr.* mai 2010;99(5):684-9.
32. Hemgren E, Persson K. Motor performance and behaviour in preterm and full-term 3-year-old children. *Child Care Health Dev.* mai 2002;28(3):219-26.
33. Brown L, Burns YR, Watter P, Gibbons KS, Gray PH. Motor performance, postural stability and behaviour of non-disabled extremely preterm or extremely low birth weight children at four to five years of age. *Early Hum Dev.* mai 2015;91(5):309-15.
34. Kerstjens JM, de Winter AF, Bocca-Tjeertes IF, ten Vergert EMJ, Reijneveld SA, Bos AF. Developmental Delay in Moderately Preterm-Born Children at School Entry. *The Journal of Pediatrics.* 1 juill 2011;159(1):92-8.
35. Van Hus JW, Potharst ES, Jeukens-Visser M, Kok JH, Van Wassenaer-Leemhuis AG. Motor impairment in very preterm-born children: links with other developmental deficits at 5 years of age. *Dev Med Child Neurol.* 1 juin 2014;56(6):587-94.
36. de Kieviet JF, Piek JP, Aarnoudse-Moens CS, Oosterlaan J. Motor development in very preterm and very low-birth-weight children from birth to adolescence: a meta-analysis. *JAMA.* 25 nov 2009;302(20):2235-42.
37. Temple VA, Guerra D, Larocque L, Crane JR, Sloan E, Stuart-Hill L. Fundamental motor skills in the first year of school: Associations with prematurity and disability. *European Journal of Adapted Physical Activity [Internet].* 14 août 2017 [cité 2 déc 2017];10(1). Disponible sur: <http://eujapa.upol.cz/index.php/EUJAPA/article/view/218>
38. van de Weijer-Bergsma E, Wijnroks L, Jongmans MJ. Attention development in infants and preschool children born preterm: A review. *Infant Behavior and Development.* 1 sept 2008;31(3):333-51.
39. Majewska J, Zajkiewicz K, Waclaw-Abdul K, Baran J, Szymczyk D. Neuromotor Development of Children Aged 6 and 7 Years Born before the 30th Week Gestation [Internet]. *BioMed Research International.* 2018 [cité 4 oct 2018]. Disponible sur: <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/2820932/abs/>
40. Goyen T-A, Lui K. Developmental coordination disorder in “apparently normal” schoolchildren born extremely preterm. *Archives of Disease in Childhood.* 1 avr 2009;94(4):298-302.
41. Rodríguez Fernández C, Mata Zubillaga D, Rodríguez Fernández LM, Regueras Santos L, Reguera García MM, de Paz Fernández JA, et al. [Evaluation of coordination and balance in preterm children]. *An Pediatr (Barc).* août 2016;85(2):86-94.
42. van der Pal-de Bruin KM, van der Pal SM, Verloove-Vanhorick SP, Walther FJ. Profiling the preterm or VLBW born adolescent; implications of the Dutch POPS cohort follow-up studies. *Early Hum Dev.* févr 2015;91(2):97-102.
43. Lorefice LE, Galea MP, Clark RA, Doyle LW, Anderson PJ, Spittle AJ. Postural control at 4 years in very preterm children compared with term-born peers. *Developmental Medicine & Child Neurology.* 1 févr 2015;57(2):175-80.

44. Bucci MP, Wiener-Vacher S, Trousson C, Baud O, Biran V. Subjective Visual Vertical and Postural Capability in Children Born Prematurely. *PLOS ONE*. 19 mars 2015;10(3):e0121616.
45. Dusing SC, Thacker LR, Galloway JC. Infant born preterm have delayed development of adaptive postural control in the first 5 months of life. *Infant Behavior and Development*. 1 août 2016;44(Supplement C):49-58.
46. Jeng S-F, Lau T-W, Hsieh W-S, Luo H-J, Chen P-S, Lin K-H, et al. Development of walking in preterm and term infants: Age of onset, qualitative features and sensitivity to resonance. *Gait & Posture*. 1 févr 2008;27(2):340-6.
47. Marín Gabriel MA, Pallás Alonso CR, De La Cruz Bértolo J, Caserío Carbonero S, López Maestro M, Moral Pumarega M, et al. Age of sitting unsupported and independent walking in very low birth weight preterm infants with normal motor development at 2 years. *Acta Paediatr*. nov 2009;98(11):1815-21.
48. Nuysink J, van Haastert IC, Eijsermans MJC, Koopman-Esseboom C, Helders PJM, de Vries LS, et al. Prediction of gross motor development and independent walking in infants born very preterm using the Test of Infant Motor Performance and the Alberta Infant Motor Scale. *Early Hum Dev*. sept 2013;89(9):693-7.
49. Cahill-Rowley K, Rose J. Temporal-spatial gait parameters and neurodevelopment in very-low-birth-weight preterm toddlers at 18–22 months. *Gait & Posture*. 1 mars 2016;45:83-9.
50. Cahill-Rowley K, Rose J. Toddler temporal-spatial deviation index: Assessment of pediatric gait. *Gait Posture*. 2016;49:226-31.
51. Hagmann-von Arx P, Manicolo O, Perkinson-Gloor N, Weber P, Grob A, Lemola S. Gait in Very Preterm School-Aged Children in Dual-Task Paradigms. *PLoS ONE*. 2015;10(12):e0144363.
52. Bernardeau C, Cataix-Nègre E, Barbot F de, Guillot I, Khouri N, Métayer ML, et al. Comprendre la paralysie cérébrale et les troubles associés: Evaluations et traitements. Elsevier Health Sciences; 2017. 489 p.
53. [Infirmité Motrice Cérébrale, IMC] Le facteur E : quelques explications [Internet]. [cité 8 mai 2018]. Disponible sur: [http://www.imc.apf.asso.fr/spip.php?article617&var\\_recherche=facteur%20E](http://www.imc.apf.asso.fr/spip.php?article617&var_recherche=facteur%20E)
54. Goldberg J, Anderson DE, Wilder S. Startle reflex habituation in children with cerebral palsy. *Percept Mot Skills*. juin 1979;48(3 Pt 2):1135-9.
55. Langerock N, van Hanswijck de Jonge L, Bickle Graz M, Hüppi PS, Borradori Tolsa C, Barisnikov K. Emotional reactivity at 12 months in very preterm infants born at <29 weeks of gestation. *Infant Behav Dev*. juin 2013;36(3):289-97.
56. Attention Problems in a Representative Sample of Extremely Preterm/Extremely Low Birth Weight Children | Murdoch Children's Research Institute [Internet]. 2017 [cité 9 déc 2017]. Disponible sur: <https://www.mcri.edu.au/publications/attention-problems-representative-sample-extremely-pretermextremely-low-birth-weight>

57. Fan RG, Portuguez MW, Nunes ML, Fan RG, Portuguez MW, Nunes ML. Cognition, behavior and social competence of preterm low birth weight children at school age. *Clinics*. juill 2013;68(7):915-21.
58. Huang H-J, Mercer VS, Thorpe DE. Effects of different concurrent cognitive tasks on temporal-distance gait variables in children. *Pediatr Phys Ther*. 2003;15(2):105-13.
59. Dusing SC, Thorpe DE. A normative sample of temporal and spatial gait parameters in children using the GAITRite electronic walkway. *Gait Posture*. janv 2007;25(1):135-9.
60. van Uden CJ, Besser MP. Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite®). *BMC Musculoskelet Disord*. 17 mai 2004;5:13.
61. Lee MM, Song CH, Lee KJ, Jung SW, Shin DC, Shin SH. Concurrent Validity and Test-retest Reliability of the OPTOGait Photoelectric Cell System for the Assessment of Spatio-temporal Parameters of the Gait of Young Adults. *J Phys Ther Sci*. janv 2014;26(1):81-5.
62. Manual-FR.pdf [Internet]. [cité 2 janv 2019]. Disponible sur: <http://www.optogait.com/OptoGaitPortal/Media/Manuals/Manual-FR.PDF>
63. Lienhard K, Schneider D, Maffioletti NA. Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Med Eng Phys*. avr 2013;35(4):500-4.
64. Gomez Bernal. A, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME. Reliability of the OptoGait portable photoelectric cell system for the quantification of spatial-temporal parameters of gait in young adults. *Gait & Posture*. 1 oct 2016;50:196-200.
65. Cherng R-J, Liang L-Y, Chen Y-J, Chen J-Y. The effects of a motor and a cognitive concurrent task on walking in children with developmental coordination disorder. *Gait Posture*. févr 2009;29(2):204-7.
66. Chauvel G, Palluel E, Brandao A, Barbieri G, Nougier V, Olivier I. Attentional load of walking in children aged 7-12 and in adults. *Gait Posture*. 2017;56:95-9.
67. Définition - Coefficient de variation / CV / CV | Insee [Internet]. [cité 3 avr 2019]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1366>
68. Leone C, Patti F, Feys P. Measuring the cost of cognitive-motor dual tasking during walking in multiple sclerosis. *Mult Scler*. févr 2015;21(2):123-31.
69. Størvold GV, Aarethun K, Bratberg GH. Age for onset of walking and prewalking strategies. *Early Human Development*. 1 sept 2013;89(9):655-9.
70. Cherng R-J, Liang L-Y, Hwang I-S, Chen J-Y. The effect of a concurrent task on the walking performance of preschool children. *Gait & Posture*. 1 juill 2007;26(2):231-7.
71. Hung Y-C, Meredith GS, Gill SV. Influence of dual task constraints during walking for children. *Gait & Posture*. 1 juill 2013;38(3):450-4.
72. Abbruzzese LD, Rao AK, Bellows R, Figueroa K, Levy J, Lim E, et al. Effects of manual task complexity on gait parameters in school-aged children and adults. *Gait Posture*. sept 2014;40(4):658-63.

73. Hausdorff JM. Gait variability: methods, modeling and meaning. *J Neuroeng Rehabil.* 20 juill 2005;2:19.
74. Carcreff L, Fluss J, Allali G, Valenza N, Aminian K, Newman CJ, et al. The effects of dual tasks on gait in children with cerebral palsy. *Gait & Posture.* 1 mai 2019;70:148-55.
75. Huang HJ, Mercer VS. Dual-task methodology: applications in studies of cognitive and motor performance in adults and children. *Pediatr Phys Ther.* 2001;13(3):133-40.
76. Schaefer S, Krampe RT, Lindenberger U, Baltes PB. Age differences between children and young adults in the dynamics of dual-task prioritization: body (balance) versus mind (memory). *Dev Psychol.* mai 2008;44(3):747-57.
77. Deforge H, André M, Hascoët J-M, Toniolo A-M, Demange V, Fresson J. Développement cognitif et performances attentionnelles de l'ancien prématuré « normal » à l'âge scolaire. *Archives de Pédiatrie.* 1 sept 2006;13(9):1195-201.
78. Yantz CL, McCaffrey RJ. Effects of parental presence and child characteristics on children's neuropsychological test performance: third party observer effect confirmed. *Clin Neuropsychol.* janv 2009;23(1):118-32.
79. Troubles du langage - L'évolution du langage chez l'enfant : de la difficulté au trouble [Internet]. [cité 19 avr 2019]. Disponible sur: [http://inpes.santepubliquefrance.fr/10000/themes/troubles\\_langage/pres\\_doc.asp](http://inpes.santepubliquefrance.fr/10000/themes/troubles_langage/pres_doc.asp)



## Annexes

---

Annexe I. Tests, scores et échelles de motricité .....	74
Annexe II. Informations relatives aux enfants .....	76
Annexe III. Projet d'animation centre de loisirs .....	77
Annexe IV. Consentement de participation à une étude expérimentale CAMSP .....	83
Annexe V. Accord de participation parents centres de loisirs.....	86
Annexe VI. Résultats : paramètres spatio-temporels de la marche .....	87
Annexe VI.I. Simple tâche.....	87
Annexe VI.II. Double tâche cognitive « animaux » (DTA).....	87
Annexe VI.III. Simple tâche avec perturbation auditive (STP) .....	88
Annexe VII. Résultats à l'épreuve de fluence verbale (FV) et en double tâche couplé à la marche (DTA).....	89

## Annexe I. Tests, scores et échelles de motricité

<p align="center"><b>Le M-ABC ou Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant</b></p>	<p>Il permet l'évaluation du mouvement et des capacités psychomotrices de l'enfant en ayant un contrôle sur 4 tranches d'âges différentes, de 4 à 12 ans. Les paramètres étudiés sont : le contrôle corporel, le fonctionnement des membres, la précision spatiale, le contrôle de la force et la synchronisation des actions (regroupant la dextérité manuelle, la maîtrise de balles et l'équilibre statique et dynamique).</p> <p>Une nouvelle version est également disponible, le M-ABC2, s'étendant aux sujets de 3 ans à 16 ans et 11 mois.</p>
<p><b>Le <i>Longitudinal Assessment of the Preterm Infant</i> ou LAPI</b></p>	<p>Il a été conçu spécialement pour les enfants nés prématurément et est composé d'un certain nombre d'items tels que l'observation de la posture et des réponses actives.</p>
<p><b>Le PDMS-2 (<i>Peabody Developmental Motor Scale-2</i>) Et le BSID-III (<i>Bayley Scale of Infant Development-3rd Edition</i>)</b></p>	<p>Ils sont utilisés cliniquement pour détecter des déficiences motrices chez les enfants en âge de commencer à marcher. Le premier évalue uniquement les capacités motrices alors que le second prend également en compte l'aspect cognitif, le langage et le développement moteur.</p>
<p><b>Le BSID-II et le BSID-III (<i>Bayley Scales of Infant and Toddler Development, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> édition</i>)</b></p>	<p>Ce sont des tests standardisés concernant les enfants de 1 à 6 ans, ils permettent la mesure du développement du nourrisson et du jeune enfant. Différents aspects sont pris en compte : cognitif (mémoire, attention...), langage, motricité (fine et globale), socio-émotionnel, comportement adaptatif (communication et autonomie).</p>
<p><b>Le BOT-2 ou <i>Bruininks – Oseretsky Test of Motor Proficiency – 2 (BOTMP)</i></b></p>	<p>Ce test est basé sur l'observation (individus de 4 à 21 ans) du contrôle de la motricité fine, de la coordination motrice des membres supérieurs, de la coordination des muscles du contrôle postural et de l'équilibre ainsi que de la force et l'agilité.</p>
<p><b>Le score de Gillette</b></p>	<p>C'est une échelle descriptive de la marche qui s'appuie sur 10 capacités de marche en intérieur et en extérieur. En revanche, elle ne prend pas en compte l'utilisation ou non d'aides techniques.</p>
<p><b>Le <i>Growth Motor Function Classification Scale</i></b></p>	<p>Il est représenté par 5 catégories de gravité croissante. Son but est d'identifier les capacités fonctionnelles de l'enfant. (L'utilisation d'aide technique, la mobilité, les transferts et la déambulation sont prises en compte).</p>

<p><b>Le TIMP (<i>Test of Infant Motor Performance</i>)</b></p>	<p>Il peut être utilisé pour des enfants de 0 à 4 ans et permet de réaliser une évaluation neuromotrice en mesurant le contrôle moteur ainsi que l'organisation du mouvement et de la posture lors d'activités fonctionnelles. Il est composé de 42 items répartis en deux grandes catégories : les mouvements provoqués ou suscités et les comportements spontanés.</p>
<p><b>Le AIMS (<i>Alberta Infant Motor Scale</i>)</b></p>	<p>C'est un test d'observation de la posture, de la mise en charge et des mouvements contre-pesanteur dans différentes positions, permettant ainsi de mesurer le développement de la motricité grossière chez des enfants de 0 à 18 mois à risque de retard de développement.</p>
<p><b>L'EMFG (<i>Evaluation Motrice Fonctionnelle Globale</i>)</b></p>	<p>C'est une échelle utilisée pour déterminer l'incapacité motrice chez l'enfant handicapé de manière objective et quantitative. Elle oriente ainsi le traitement tout en notant ses effets et l'évolutivité des incapacités. Les items sont regroupés en 5 rubriques : position couchée et retournements ; station assise ; quatre pattes et à genoux ; station debout ; marche, course et saut. Elle a notamment été utilisée pour l'évaluation de la fonction motrice globale de l'enfant paralysé cérébral.</p>

# Informations complémentaires

**Numéro d'anonymat :**

<b>Nom :</b>	<b>Prénom :</b>
--------------	-----------------

- Age :
- Poids :
- Taille :
- Age gestationnel à la naissance ou nombre de jours/semaines avant terme :
- Poids de naissance :
- Age d'acquisition de la marche :
- Problème de santé particulier à signaler :

# Projet d'animation : l'activité physique et la respiration

Zoey OWEN JONES & Claire LOISELEUX



Etudiantes en Masso-kinésithérapie à l'Institut Limousin de Formation aux METiers de la Réadaptation (ILFOMER)

## **Introduction :**

Selon l'INSERM, l'obésité concerne plus de 35% des adultes à travers le monde. Les complications associées, en particulier le diabète et les maladies cardiovasculaires, entraînent le décès d'au moins 2,8 millions de personnes chaque année. Malgré une prise de conscience et la mise en place de politiques de prévention, le surpoids concerne un nombre grandissant d'individus. En France, l'obésité concernait 15 % des adultes en 2012, contre seulement 6,1% en 1980. Les enfants ne sont pas épargnés. En 2006, 18 % des enfants de 3 à 17 ans étaient en surpoids dont 3,5 % d'obésité.

Les comportements en lien avec l'obésité interviennent très tôt dans la vie de l'enfant. Il apparaît donc essentiel de prévenir au maximum l'installation de ces comportements d'autant plus qu'ils tendent à se maintenir de la petite enfance à l'enfance, puis de l'enfance à l'âge adulte. Le temps passé à jouer en plein air ou à regarder la télévision est un facteur de risque du risque d'obésité ultérieur.

La pratique d'une activité physique chez l'enfant présente des intérêts multiples : diminution du risque cardiovasculaire, prévention de l'ostéoporose et augmentation de la capacité à l'effort. L'enfant obèse est souvent un enfant qui souffre dans son corps et dans sa relation aux autres. Or on sait également que la pratique d'une activité physique améliore l'estime de soi et procure une sensation de bien-être.

**Ces résultats suggèrent l'importance de promouvoir et d'encourager l'activité physique et les jeux en plein air à travers des interventions multiples et pluridisciplinaires auprès des enfants.**

## **Le projet global et son intérêt :**

L'intervention aura pour but de sensibiliser les enfants à l'intérêt de l'activité physique à travers ses composantes : la marche, la course, le saut et l'équilibre (statique et dynamique). Nous aborderons également la physiologie de la respiration et comment l'exercice modifie la fonction respiratoire (essoufflement, augmentation de la fréquence respiratoire et ralentissement au repos). Nous ferons également le lien entre activité physique et dépense énergétique. La séance prendra la forme d'exercices ludiques avec des temps d'écoute et d'analyse du mouvement et de la respiration. Ce projet sera également mis en place au sein de l'Hôpital Mère Enfant de Limoges et au Centre d'Action Social Précoce (CAMSP), auprès d'enfants nés grands prématurés.

## **Description de la séance :**

### **→ Description générale :**

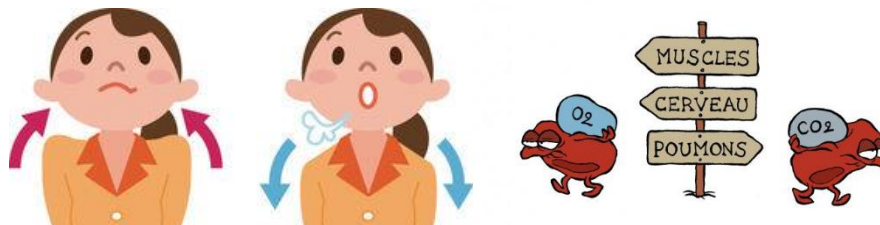
La séance débutera par des échauffements suivis d'une sensibilisation à la marche illustrée aux moyens d'un dispositif de marche "OptoGait" (celui-ci permet de recueillir des données spatio-temporelles relatives à la marche telles que la vitesse ou encore la longueur du pas). Elle se poursuivra par une explication simplifiée de la respiration (dépense énergétique en lien avec l'activité). Nous proposerons ensuite aux enfants une marche d'une durée de 6 minutes (nous mesurerons la distance parcourue par chacun durant ce temps-là) avec à nouveau un passage sur le tapis. Un travail de l'équilibre statique, dynamique et du saut sera réalisé avec des parcours d'obstacles. Nous terminerons la séance par des étirements et de la relaxation.

### → Détails de la séance :

Pour commencer, des **échauffements** au sol sur tapis seront proposés (mouvements des différentes articulations, du cou...) suivis de quelques minutes de **marche**. Ainsi, les enfants seront amenés à effectuer un passage sur le tapis GaitRite, leur permettant de visualiser leur propre marche et les différences pouvant s'exprimer entre eux.

### Explication de la respiration :

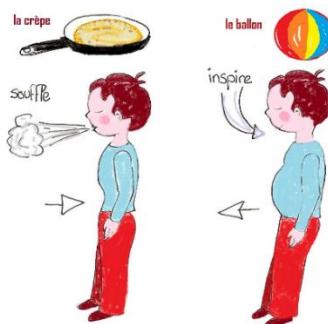
Phénomène consistant à faire circuler l'air jusqu'à nos poumons puis le faire ressortir par la bouche. C'est-ce que l'on appelle l'inspiration et l'expiration.



L'objectif est l'échange de nouvelles petites bulles d'air appelées O<sub>2</sub> contre d'autres déjà utilisées appelées CO<sub>2</sub> afin d'apporter de l'énergie à nos cellules. Cet apport se fait par l'intermédiaire du sang dans le but d'obtenir un fonctionnement optimal. Plus on fait de mouvements, plus nos cellules ont besoin d'énergie et donc notre respiration va s'accélérer pour compenser cette demande en énergie.

### Exercices respiratoires :

- Prise de conscience de l'air qui circule entre le milieu extérieur et les poumons en appréciant les mouvements de l'abdomen et du thorax : l'enfant positionne sa main alternativement sur l'un puis sur l'autre pour ressentir le mouvement ; le même exercice peut être réalisé en plaçant un objet : on pourra alors observer ses mouvements de "montée" et "descente".



- Différenciation entre la respiration par le nez et celle par la bouche
- Exercice du "Chat dos rond - chat dos creux" en y associant la respiration



### Explication de la différence entre marche / course / saut :

Faire prendre conscience des différentes vitesses de locomotion (au travers de vidéos d'animaux se déplaçant à différents rythmes ainsi que de photos montrées à l'aide d'un PowerPoint, leur demander leur avis sur le plus rapide / le plus lent...).



Il sera possible d'associer aux images et aux films le **lien avec la respiration** : lors de la course, il se produit une augmentation de la fréquence respiratoire ainsi qu'une augmentation de la dépense énergétique. Pour pallier ce besoin d'énergie grandissant, le corps va augmenter son rythme respiratoire pour amener plus de petites bulles d'oxygène.

Suite à cela, une **marche de 6 minutes**, chronométrée sur parcours, sera réalisée afin d'appréhender l'effet de fatigue et le contrôle de la motricité lors de la marche. Nous mesurerons la distance parcourue par chacun. Elle sera suivie d'un deuxième passage sur le tapis de marche GAITRite permettant ainsi d'apprécier les effets de la fatigue sur la marche et comment cette dernière est modifiée.

### Proposition d'exercices pour appréhender la différence marche / course / saut :

- Travail d'alternance course / marche (à l'aide de consignes orales)
- Travail du contrôle de la motricité : 1 2 3 soleil entre arrêt, saut, course et marche
- Parcours avec sauts dans des cerceaux, permettant un travail de l'équilibre.
- Exercice de la grenouille (travail du saut).



**Etirements de fin de séance** : ils permettent un entretien de la souplesse du rachis et des muscles ainsi qu'un retour au calme en douceur.

- Position de la souris : étirement de l'ensemble du dos.
- Position du lion (sphinx) : étirement de toute la chaîne musculaire antérieure.
- Position du paon : étirement des membres inférieurs, notamment des adducteurs.





- L'hirondelle ou la mouette : étirement des muscles pectoraux



### **Travail de l'équilibre :**

- Statique :
  - Position de l'arbre : debout, dos droit, jambes légèrement écartées. Se mettre en appui sur une jambe, soulever l'autre et placer la plante du pied contre la cuisse de la jambe en appui.



- Dynamique : cet équilibre peut être appréhendé lors de la marche ou encore lors du passage sur des supports déstabilisants (mousse...).

### **Période d'intervention :**

Le projet d'animation se déroulera entre le 7 janvier et le 29 mars 2019, correspondant à notre période de stage de clinicat.

### **Durée d'intervention et modalités de prise en charge :**

Les séances s'effectueront par petits groupes de 10 enfants à raison d'une heure par groupe.

### **Les personnes concernées :**

L'étude s'intéresse à des enfants âgés de 3 à 5 ans.

### **Matériel utilisé :**

- Matériel pédagogique : PowerPoint, planches de dessins.
- Matériel de recherche : OptoGait, NIRS, chronomètre, mètre.
- Matériel nécessaire pour les activités : cerceaux, plots, ballons, tapis, parcours équilibre.

## **Retombées scientifiques - recherche :**

L'objectif de notre étude serait de pouvoir **dépister et diagnostiquer** les enfants nés grands prématurés ayant des troubles neuro-moteurs mineurs le plus tôt possible afin de mettre en place une prise en charge masso-kinésithérapique adaptée. En effet, les études montrent qu'au cours de la croissance des difficultés d'un point de vue moteur et des apprentissages apparaissent chez ces enfants. Une certaine maladresse, un équilibre perturbé et des problèmes respiratoires sont par exemple constatés. Ces troubles ont des répercussions sur l'intégration sociale (trouble du comportement et de la concentration...) de ces enfants et leur implication dans les activités sportives. En l'absence de lésions neurologiques, les enfants passent dans les mailles du filet de la rééducation. Il n'existe pas de réel protocole standardisé pour les grands prématurés.

Il est donc nécessaire d'effectuer avant tout un constat de la situation actuelle. Nous souhaiterions nous intéresser à la marche de ces enfants grands prématurés ainsi qu'à la relation qui s'établit avec l'oxygénation musculaire. Notre protocole inclurait donc deux populations : l'une d'enfants nés à terme et l'autre d'enfants nés grands prématurés. Les outils utilisés (l'OptoGait et la NIRS musculaire) ne sont pas invasifs et ne modifient en rien la marche des enfants.

Dans le cadre de ce projet, des données quantitatives de marche et d'oxygénation musculaire seront enregistrées. En effet, elles seront utilisées anonymement, avec l'accord parental, dans le cadre de nos mémoires de fin d'étude en masso-kinésithérapie.

### **Description succincte des outils employés :**

- L'OptoGait est un dispositif de marche constitué de 2 barres (émettrice et réceptrice). Il ne nécessite aucune préparation du sujet qui ne porte pas de capteur sur lui. Seule la marche sur le tapis est nécessaire pour le recueil d'informations. C'est un système d'analyse portable qu'il sera possible d'amener lors de notre éventuelle venue.
- La NIRS, ou Spectroscopie dans le Proche Infrarouge est une technique non-invasive permettant de mesurer le degré d'oxygénation de l'hémoglobine intravasculaire au niveau microcirculatoire, c'est-à-dire plus largement l'oxygénation musculaire. Ce dispositif nous permettrait d'établir une éventuelle relation entre une variation de marche et une baisse de l'oxygénation musculaire.



**CONSENTEMENT DE PARTICIPATION A UNE ETUDE SCIENTIFIQUE**

Etude quantitative de la marche et de l'oxygénation musculaire  
dans différentes conditions

**Institut Limousin de Formation aux Métiers de la Réadaptation**

**Adresse :** Campus universitaire de Vanteaux, 39H Rue Camille Guérin, 87036

LIMOGES Cedex

**Tel :** 05.55.43.56.60

➤ **Investigateur principal (chercheur responsable de l'étude) :**

Anaïck Perrochon, Ph.D, Laboratoire HAVAE – EA 6310, Institut GEIST, Université de Limoges

Coordonnées :

- Téléphone : 0587080886 - 0555457632
- Mail : anaick.perrochon@unilim.fr

➤ **Expérimentateur**

Loiseleux Claire et Owen Jones Zoey, étudiantes en 4<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie à l'ILFOMER

Coordonnées :

- Téléphones : 06 75 19 24 26 et 06 84 60 88 57
- Mails : claire.loiseleux@etu.unilim.fr et zoey.owen-jones@etu.unilim.fr

## NOTE D'INFORMATION AUX PERSONNES

Madame, Monsieur,

Nous vous proposons de participer à une étude dont l'objectif est d'analyser les paramètres spatio-temporels de la marche à visée diagnostique, dans des conditions simples et perturbées par un son « désagréable » ainsi que l'effet de la fatigabilité sur les paramètres spatio-temporels de la marche en mesurant l'oxygénation musculaire.

### **Pourquoi cette étude ?**

L'objectif de notre étude serait de pouvoir dépister et diagnostiquer les enfants nés grands prématurés ayant des troubles neuro-moteurs mineurs le plus tôt possible afin de mettre en place une prise en charge masso-kinésithérapique adaptée.

### **Comment va se dérouler cette étude ?**

Cette étude s'intégrera dans les activités et le planning de suivi des enfants préexistants. Des rendez-vous supplémentaires ne seront donc pas à prévoir. Lors de la rencontre, votre enfant sera équipé d'un capteur d'oxygène qui sera disposé au niveau de la cuisse. Il passera 7 fois sur un tapis de marche selon différentes conditions. Les enfants seront invités à repasser sur le tapis après une marche de 6 minutes. Les données seront ensuite récoltées et analysées dans le cadre de notre mémoire de fin d'étude en masso-kinésithérapie.

Cette étude ne comporte aucun risque prévisible pour la santé. La durée de l'étude est de 20 minutes environ.

### **Quels sont vos droits ?**

Votre participation à cette étude est entièrement libre. Vous pouvez ne pas prendre part à cette étude ou si vous souhaitez vous en retirer à quelque moment que ce soit, et quel que soit le motif.

Les données recueillies au cours de cette étude resteront strictement confidentielles, vos nom et adresse ne seront pas divulgués. Compte tenu des nécessités de la recherche et de son analyse ultérieure, les données recueillies qui vous concernent feront l'objet d'un traitement informatisé et anonyme. Les informations qui feront l'objet de ce traitement informatisé sont les suivantes : données recueillies à l'aide des deux dispositifs : l'OptoGait et la NIRS musculaire. L'article 40 de la loi du 6 janvier 1978 prévoit votre droit d'accès, d'opposition et de rectification des données enregistrées sur informatique, à tout moment, par l'intermédiaire du responsable de l'étude : Mr Perrochon Anaïck, Université de Limoges, Laboratoire HAVAE - EA 6310, Institut GEIST, Université de Limoges.

Lorsque cette étude sera terminée, si vous le souhaitez, vous serez personnellement informé des résultats des examens et de l'étude par l'investigateur, dès que ceux-ci seront disponibles.

Après avoir lu cette note d'information, n'hésitez pas à poser toutes les questions que vous désirez.

Si vous acceptez de participer à cette étude, il vous suffit, comme le prévoit la loi, de signer le consentement de participation prévu à cet effet, en triple exemplaire. Un exemplaire vous sera remis.

Nous vous remercions de votre collaboration.

## ACCORD DE PARTICIPATION

Je soussigné..... responsable légal de  
l'enfant.....  
Né le ...../...../.....

Déclare :

- qu'il a été proposé à mon enfant de participer à l'étude sus-nommée,
- que m'a été communiqué : l'objectif, la méthode, et la durée de l'étude, mon droit de refuser de participer ou de retirer mon consentement à tout moment sans encourir aucune responsabilité,
- que le protocole m'a été expliqué en détail,
- que j'ai répondu en toute bonne foi aux questions concernant l'état de santé de mon enfant et sa participation à d'autres études.

Après avoir discuté librement et obtenu réponses à toutes mes questions, j'accepte, en toute connaissance de cause, qu'il participe à l'étude.

Fait à....., le.....

Nom du représentant légal :

Nom de l'expérimentateur :

Signature :

Signature de l'expérimentateur :

(précédée de la mention « lu et approuvé ») :

## Annexe V. Accord de participation parents centres de loisirs



**LIMOGES**  
ARTS DU FEU  
ET INNOVATION

Madame, Monsieur,

Lors des activités de l'accueil de loisirs des vacances d'hiver, deux étudiantes en Kinésithérapie de l'université de Limoges vont réaliser, sous forme ludique, une étude sur la marche et l'oxygénation musculaire des enfants dans le cadre de leur mémoire de fin d'études. Ces deux étudiantes sont Claire LOISELEUX et Zoey OWEN JONES, étudiantes en 4<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie à l'ILFOMER de Limoges.

Cette étude s'intégrera dans le planning des activités des enfants et permettra aussi de les sensibiliser à l'intérêt du sport et de la respiration.

Lors de l'activité votre enfant sera équipé d'un capteur d'oxygène au niveau de la cuisse. Il passera sur un tapis de marche selon 3 conditions (sans perturbation, en écoutant un son et en énonçant des noms d'animaux). Il réalisera ensuite une marche de 6 minutes. Cette activité d'une trentaine de minutes ne présente aucun risque.

La participation à cette étude est entièrement libre. Les données recueillies sont strictement confidentielles et ne seront pas divulguées. Elles feront l'objet d'un traitement informatique à l'aide des dispositifs OptoGait et NIRS musculaire. Conformément à l'article 40 de la loi du 6 janvier 1978 vous avez un droit d'accès et de rectification par l'intermédiaire du responsable de l'étude M PERROCHON Anaïck, Université de Limoges.

Si vous le souhaitez, vous serez personnellement informés des résultats de cette étude.

En vous remerciant de votre collaboration.

---

### Accord de participation

Je soussigné....., père, mère, tuteur légal (1) de l'enfant.....né le...../...../.....,

Autorise mon enfant à participer à « l'étude quantitative de la marche et de l'oxygénation musculaire dans différentes conditions »

Je déclare :

- Qu'il m'a été proposé d'autoriser mon enfant à participer à l'étude ci-dessus.
- Que m'ont été communiqué l'objectif, la méthode et la durée de l'étude.

Fait à Limoges le

Signature des parents :

## Annexe VI. Résultats : paramètres spatio-temporels de la marche

### Annexe VI.I. Simple tâche

Paramètres	Populations		Valeur de p
	<i>PM</i>	<i>AT</i>	
<b>Vitesse (m/s)</b>	1,11 ± 0,22	1,02 ± 0,18	0,176
<b>CV vitesse (%)</b>	17,8 ± 15,33	8,2 ± 7	0,087
<b>Cadence (pas/min)</b>	150 ± 20,3	129,5 ± 12,4	<b>0,002*</b>
<b>Foulée (cm)</b>	86,2 ± 10,7	92 ± 10,9	0,101
<b>CV foulée (%)</b>	11,4 ± 5,9	9,2 ± 4	0,253
<b>% Double appui</b>	23,5 ± 4,9	19,3 ± 4	<b>0,011*</b>
<b>CV durée du cycle (%)</b>	11,8 ± 12,3	5,5 ± 5,6	0,1357

Présenté de la manière suivante : moyenne ± écart type (\* : valeur significative)  
*AT = à terme ; PM = prématuré ; CV = Coefficient de Variation*

### Annexe VI.II. Double tâche cognitive « animaux » (DTA)

Paramètres	Populations		Valeur de p
	<i>PM</i>	<i>AT</i>	
<b>Vitesse (m/s)</b>	0,91 ± 0,25	0,85 ± 0,25	0,499
<b>CV vitesse (%)</b>	27,3 ± 18,6	19,9 ± 16,8	0,157
<b>Cadence (pas/min)</b>	125,6 ± 32,7	117,4 ± 26,4	0,293
<b>Foulée (cm)</b>	87,4 ± 10,5	85,3 ± 11,9	0,476
<b>CV foulée (%)</b>	13,3 ± 6,4	10,2 ± 5,1	0,108
<b>% Double appui</b>	22,1 ± 5,4	21,4 ± 4,9	<b>0,000*</b>
<b>CV durée du cycle (%)</b>	25 ± 29,3	19,2 ± 18,9	0,598

Présenté de la manière suivante : moyenne ± écart type (\* : valeur significative)  
*AT = à terme ; PM = prématuré ; CV = Coefficient de Variation*

### Annexe VI.III. Simple tâche avec perturbation auditive (STP)

Paramètres	Populations		Valeur de p
	<i>PM</i>	<i>AT</i>	
<b>Vitesse (m/s)</b>	0,97 ± 0,26	0,96 ± 0,26	0,717
<b>CV vitesse (%)</b>	20,7 ± 20,3	15 ± 11,8	0,531
<b>Cadence (pas/min)</b>	131,5 ± 22,6	124,5 ± 21	0,409
<b>Foulée (cm)</b>	87,3 ± 12,3	89,2 ± 11,9	0,515
<b>CV foulée (%)</b>	11,7 ± 4,9	11,2 ± 4,9	0,880
<b>% Double appui</b>	21,8 ± 4,2	20,4 ± 4,6	0,395
<b>CV durée du cycle (%)</b>	26,4 ± 24,8	17,9 ± 19,6	0,139

Présenté de la manière suivante : moyenne ± écart type  
*AT = à terme ; PM = prématuré ; CV = Coefficient de Variation*



**Annexe VII. Résultats à l'épreuve de fluence verbale (FV) et en double tâche couplé à la marche (DTA)**

		<i>PM</i>	<i>AT</i>	<i>Valeur de p</i>
<b><i>FV</i></b>	Nombre de mots	2 ± 2,3 [0 – 8]	2,9 ± 1,4 [0 – 6]	<b>0,024*</b>
	Nombre d'erreurs	0,5 ± 1,2 [0 – 3]	0	<b>0,016*</b>
	Nombre de répétitions	0,2 ± 0,6 [0 – 2]	0	0,092
<b><i>DTA</i></b>	Nombre de mots	1,4 ± 1,6 [0 – 5]	2,8 ± 2,1 [0 – 7]	<b>0,047*</b>
	Nombre d'erreurs	0,2 ± 0,4 [0 – 1]	0,03 ± 0,2 [0 – 1]	0,102
	Nombre de répétitions	0	0,06 ± 0,3 [0 – 2]	0,552
<b><i>Au total</i></b>	Nombre de mots identiques	1,3 ± 1,5 [0 – 5]	1,6 ± 1,6 [0 – 5]	0,542
	Nombre de mots différents	2,2 ± 2,1 [0 – 7]	4,1 ± 2 [0 – 9]	<b>0,007*</b>

(Présenté de la manière suivante : moyenne ± écart type [minimum – maximum]) (\* : valeur significative)

*Fluence Verbale animaux ; DTA = Double tâche Animaux + marche*

## La marche du grand prématuré

---

**Introduction** : Des déficiences motrices, développementales et attentionnelles sont relevées chez les enfants grands prématurés mais leurs conséquences sur la marche n'ont été que peu étudiées.

**L'objectif** de cette étude était de comparer la marche et les performances cognitives de grands prématurés et d'enfants à terme sous différentes conditions. Une réaction typique au bruit était aussi recherchée.

**Méthode** : Sept paramètres spatio-temporels de la marche ont été analysés à l'aide de l'OptoGait au sein de deux populations : grands prématurés et à terme. Trois passages ont été réalisés (simple tâche, double tâche, simple tâche perturbée).

**Résultats** : En simple tâche et en double tâche cognitive, le pourcentage de double appui est supérieur dans la population cas. La cadence l'est uniquement en simple tâche. En double tâche, le pourcentage de double appui était minoré dans la population cas et majoré dans la population témoin. Les enfants prématurés ont réagi au bruit par un arrêt alors que les enfants nés à terme n'exprimaient pour la plupart aucune réaction. Le nombre énoncé en fluence verbale était moindre chez les enfants prématurés quelle que soit la condition.

**Discussion / conclusion** : Les divergences se situent principalement en simple tâche. La stratégie employée par les grands prématurés serait celle de prioriser la tâche motrice sur la tâche cognitive dû à une demande attentionnelle motrice supérieure. Une réaction spécifique au bruit a aussi été retrouvée. La prise en soins en kinésithérapie peut ainsi être enrichie par une charge attentionnelle ajoutée et un travail en double tâche.

---

Mots-clés : Grands prématurés – marche - perturbation émotionnelle – double tâche

## Very premature child's gait

---

**Introduction:** Motor, developmental and attentional impairments are recorded in very premature children but the impact on walking has been rarely analyzed.

**The aim** of the study is to compare gait and cognitive skills between very premature and full-term children under different conditions.

**Method:** Seven gait parameters have been quantified by the OptoGait system in two populations : very premature children and full-terms. Three passages have been evaluated (simple task, dual task, perturbed simple task).

**Results:** In simple and dual task, percentage of double limb support is greater in case population. Cadence proves to be higher only in simple task. The percentage of double limb support is increased in full term children when a simultaneous task is required. The opposite trend is observed in preterm population. Most premature children ceased activity in response to noise, whereas full-terms showed no specific reaction. The number of words in simple verbal fluency task and cognitive dual task was higher in full term children whatever the condition.

**Discussion / conclusion:** Differences can be found mostly in simple task. The strategy used by preterm children could be to prioritize the motor task over cognitive one due to higher motor attention demand. A specific response to an auditive disturbance has also been observed. Physical reeducation can be enhanced by a greater attentional load and a simultaneous cognitive task.

---

Keywords : Very preterm child – walk – emotional disturbance– dual task

