

Un dispositif numérique d'exercices sur le rythme musical pour améliorer la vitesse et la précision de lecture dans la dyslexie

David Cohen^{1,2}, Melanie Descamps³, Charline Grossard^{1,3}, François Vonthron³, Jean Xavier⁴

¹Service de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, Institut IDEAL, Groupement hospitalier Pitié-Salpêtrière, APHP, Sorbonne Université, Paris, France.

²Sorbonne Université, CNRS UMR 7222 Institut des systèmes intelligents et de robotique (ISIR), Paris, France.

³*bMotion Technologies*, Paris, France.

⁴Pôle universitaire de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent, Centre hospitalier Henri Laborit, CNRS UMR 7295, Centre de recherches sur la cognition et l'apprentissage, Université de Poitiers, Poitiers, France.

david.cohen@aphp.fr

> Le trouble spécifique des apprentissages est l'un des troubles neurodéveloppementaux les plus fréquents. Il concerne 5 % à 17 % des enfants d'âge scolaire, dont environ 80 % présentent un déficit de la lecture ou dyslexie [1]. La lecture est un apprentissage culturel que l'enfant réalise à l'école. La dyslexie affecte profondément la réussite scolaire et universitaire, ainsi que l'insertion professionnelle, avec des répercussions durables (décrochage scolaire, anxiété sociale ou généralisée, dépression, faible estime de soi, exposition au harcèlement scolaire). Sa prise en charge représente donc un enjeu majeur pour de nombreux enfants et leurs parents.

Les principaux facteurs de risque de la dyslexie concernent la mémoire de travail auditive, l'attention, la vitesse de traitement cognitif et la phonologie. Le déficit du traitement phonologique, c'est-à-dire la capacité à percevoir et manipuler les sons de la parole, est probablement le plus fréquent [2]. Récemment, plusieurs études ont mis en évidence un déficit du traitement auditif et rythmique dans la dyslexie, caractérisé entre autres, par un traitement altéré du rythme de la parole [3-5]. Par conséquent, plusieurs équipes de chercheurs ont examiné les effets de la musique et de l'entraînement rythmique sur la dyslexie, en particulier pour améliorer les compétences en lecture chez les enfants [6-7]. Les interventions musi-

cales ciblent le traitement auditif, le traitement phonologique et le traitement temporel [8]. Dans ces études, les activités rythmiques sont l'élément musical le plus couramment utilisé dans les interventions, et visent principalement à améliorer la précision de lecture.

En s'appuyant sur les résultats de ces travaux, la startup *Poppins* (Ancienne *Mila*) a développé *Mila-Learn*, une première version de son dispositif médical numérique en soutien à la rééducation des enfants dyslexiques âgés de 7 à 11 ans, composée d'un entraînement rythmique conçu spécifiquement pour améliorer les capacités de lecture chez ces enfants [9]. *Mila-Learn* comprenait une batterie de 8 mini-jeux musicaux fondés sur la répétition rythmique, la synchronisation et la prolongation des phrases rythmiques proposées. Le dispositif incluait un algorithme d'ajustement de la difficulté, un système de récompenses, des fonctionnalités graphiques avancées, et des thèmes musicaux originaux ou bien connus, conçus pour maintenir la motivation et l'engagement des enfants. Ce dispositif a été testé lors d'un essai clinique réalisé entre 2021 et 2023 [10].

Un essai clinique contrôlé contre placebo

L'efficacité de *Mila-Learn* a été évaluée dans un essai clinique contrôlé randomisé en double aveugle incluant 151 enfants

dyslexiques âgés de 7 à 11 ans, scolarisés du CE1 au CM2, et scolarisés en France depuis au moins trois ans (Figure 1). Les enfants n'avaient pas de suivi orthophonique depuis au moins un an, et ils n'avaient jamais utilisé le dispositif *Mila-Learn*. L'essai s'est déroulé entièrement à distance, ce qui a permis un recrutement des participants dans toute la France, même si au moins la moitié des participants étaient issus des grands centres urbains et alentours. Les participants ont été répartis aléatoirement entre le groupe expérimental (*Mila-Learn*) et le groupe témoin recevant un jeu placebo aux caractéristiques graphiques similaires, à l'insu des investigateurs, des évaluateurs, des enfants et de leurs parents. Afin de maintenir le caractère « aveugle » de l'étude, aucun accès au dispositif et aucune image ou démonstration n'était disponible sur internet. Les enfants devaient s'entraîner 20 minutes par jour et 5 fois par semaine durant 8 semaines. Ils ont été évalués avant (temps T1) et immédiatement après l'entraînement (temps T2), ainsi que huit semaines après l'arrêt de l'entraînement (temps T3). La conversion graphème-phonème mesurée par l'épreuve de lecture de pseudo-mots de la batterie de tests EVALEO constituait le critère primaire d'évaluation. Les critères secondaires étaient 1) la sécurité du dispositif, 2) les compétences phonologiques via l'épreuve de



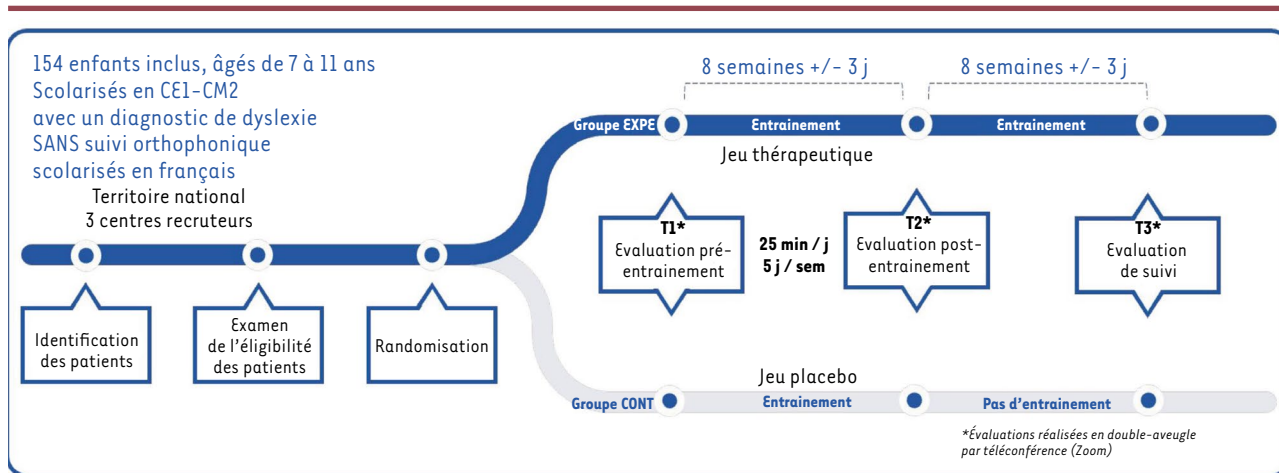


Figure 1. Organisation de l'essai randomisé. Groupe EXPE désigne le groupe Mila-learn, et groupe CONT, le groupe placebo.

suppression de phonème de la batterie de tests BALE, 3) les compétences en lecture de mots en termes de vitesse et de précision grâce à l'épreuve de lecture de mots en 2 minutes Eval2M (EVALEO), 4) la conversion phonème-graphème mesurée par la transcription de pseudo-mots, 5) l'estime de soi (échelle de Rosenberg), et finalement 6) le critère primaire à T3. Les critères d'évaluation de la performance en lecture étaient issus de deux batteries de tests validées en France. Les données du critère principal d'évaluation et du critère de sécurité du dispositif ont été analysées pour l'échantillon complet (échantillon « intention de traiter »), ainsi que pour l'échantillon final des enfants ayant suivi le protocole prescrit (échantillon « per protocole »). Cet échantillon final était constitué par les enfants qui s'étaient présentés pour les évaluations au moins aux deux premiers temps de mesure (T1 et T2) et qui avaient joué plus de la moitié du temps recommandé, soit un total de 93 enfants (48 pour le groupe *Mila-Learn* et 45 pour le groupe placebo) sur les 151 participants à l'étude.

Des résultats encourageants pour la lecture de mots

Si dans l'échantillon « intention de traiter », aucune différence significative

n'a été constatée entre les deux groupes d'enfants pour les variables analysées, l'utilisation du dispositif *Mila-Learn* s'est traduite par une amélioration des capacités de lecture des enfants dyslexiques de l'échantillon « per protocole » par rapport au groupe placebo : amélioration de la précision de lecture de 5,1 points en moyenne (intervalle de confiance à 95 % : 0,2-10 ; $p < 0,05$) et amélioration de la vitesse de lecture de 5,4 points en moyenne (intervalle de confiance à 95 % : 0,6-11 ; $p < 0,05$) (Figure 2). Cet effet bénéfique concerne la lecture de mots réels, une compétence fondamentale dans l'apprentissage. L'absence d'effet constaté sur le décodage de pseudo-mots suggère que l'intervention a agi davantage sur l'amélioration des capacités de reconnaissance lexicale que sur les mécanismes de conversion graphème-phonème. Ce résultat est en accord avec ceux des recherches précédentes, qui ont montré des bénéfices pour la lecture de mots après un entraînement musical et rythmique comparé à des cours d'arts plastiques [11], et suggère que l'entraînement musical et rythmique reste pertinent dans des environnements numérisés. Les résultats de cette étude sont d'autant plus encourageants que l'échantillon testé était représentatif de la population des enfants dyslexiques,

puisqu'il incluait des enfants avec des comorbidités neurodéveloppementales souvent associées à la dyslexie, telles que des troubles du langage oral (dysphasie), un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité, ou un déficit de la coordination. L'excellent profil de sécurité du dispositif testé, sa facilité d'utilisation, et son caractère ludique en font un outil particulièrement adapté aux enfants, dont la motivation pour l'utiliser pourrait se maintenir durablement.

Limites de l'étude et perspectives

Dans le cas de la présente étude, l'absence de résultats statistiquement significatifs dans l'échantillon primaire (échantillon « intention de traiter »), qui prend en compte la randomisation, l'efficacité et les effets indésirables, constitue une limitation notable pour une éventuelle décision de généraliser l'utilisation de ce dispositif à toute la population des enfants dyslexiques. Néanmoins, cette limitation pourrait être moins pertinente pour les jeux sérieux dont les effets indésirables sont négligeables et dont la pratique effective conditionne l'efficacité thérapeutique. Par ailleurs, il est vrai que la constitution d'un échantillon secondaire (échantillon *per protocole*) pourrait avoir atténué les avantages de la

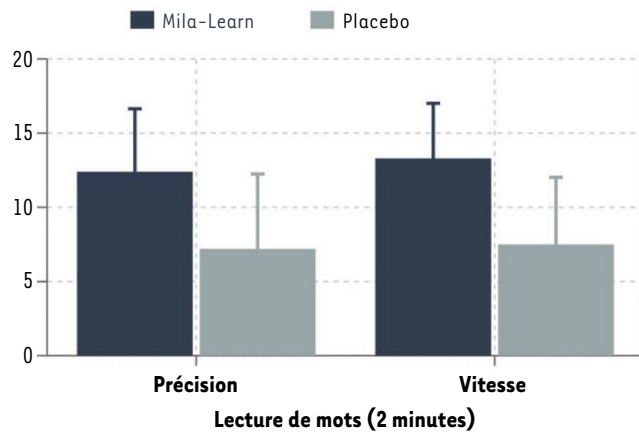


Figure 2. Résultats pour la lecture de mots en deux minutes au temps T2 de l'étude (i.e., immédiatement après la période d'entraînement de 8 semaines).

randomisation de l'échantillon primaire pour l'interprétation des résultats, même si dans notre cas, les caractéristiques des deux groupes (groupe *Mila-Learn* et groupe placebo) de l'échantillon *per protocole*, en termes de capacité de lecture, restaient semblables au temps T1, c'est-à-dire avant l'utilisation du dispositif thérapeutique. Une seconde limitation est le manque de compréhension des mécanismes impliqués puisque notre hypothèse principale sur la conscience phonologique n'a pas été confirmée. À l'avenir, il sera nécessaire d'évaluer, chez les enfants dyslexiques, d'autres caractéristiques telles que la vitesse de traitement cognitif et les problèmes visuo-attentionnels qui sont impliqués dans l'apprentissage de la lecture afin de mieux comprendre le rôle de ces mécanismes sous-jacents. Cette étude marque une étape importante dans la validation clinique des interventions numériques en orthophonie. Elle constitue la première démonstration contrôlée de l'efficacité d'un dispositif médical numérique dans la dyslexie,

rejoignant les rares exemples de jeux thérapeutiques validés comme *EndeavorRx* pour le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité [12]. Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour l'intégration de dispositifs numériques dans la prise en charge de la dyslexie afin de répondre au défi de santé publique que représente l'accès au soin pour les patients ayant des troubles des apprentissages.

À la suite de cette étude, un module d'entraînement spécifique du langage écrit a été développé et ajouté à l'entraînement rythmique, avec l'objectif de mieux cibler les processus de décodage, la transcription, ainsi que la compréhension, but ultime de la lecture. Cette nouvelle version améliorée du dispositif [13] fait l'objet d'un deuxième essai clinique randomisé contrôlé, en cours, afin d'évaluer le bénéfice de son intégration dans les parcours de soin des enfants dyslexiques. ♦

Dyslexia and music rhythm perception: a computer-based training to improve reading speed and accuracy

LIENS D'INTÉRÊT

MD et CG sont employées par *bMotion Technologies*. VF est le fondateur de *bMotion Technologies*. DC déclare une relation avec *bMotion Technologies* qui inclut des bons de souscription d'actions. JX déclare n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

RÉFÉRENCES

1. World Health Organization. *ICD-11: International classification of diseases*. Geneva : WHO, 2022.
2. Peterson RL, Pennington BF. Developmental dyslexia. *Lancet* 2012 ; 379 : 1997-2007.
3. Araujo J, Simons BD, Peter V, et al. Atypical low-frequency cortical encoding of speech identifies children with developmental dyslexia. *Front Hum Neurosci* 2024 ; 18 : 1403677.
4. Begel V, Dalla Bella S, Devignes Q, et al. Rhythm as an independent determinant of developmental dyslexia. *Dev Psychol* 2022 ; 58 : 339-58.
5. Habib M. The neurological basis of developmental dyslexia and related disorders: A reappraisal of the temporal hypothesis, twenty years on. *Brain Sci* 2021 ; 11 : 708.
6. Chobert J, Francois C, Velay JL, Besson M. Twelve months of active musical training in 8- to 10-year-old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time. *Cereb Cortex* 2014 ; 24 : 956-67.
7. Gordon RL, Fehd HM, McCandless BD. Does music training enhance literacy skills? A meta-analysis. *Front Psychol* 2015 ; 6 : 1777.
8. Lewis JD, Kim SJ. Scoping review of music interventions aimed at improving reading skills in children with specific learning disorders in reading. *J Music Ther* 2024 ; 61 : 218-43.
9. Vonthron F, Yuen A, Pellerin H, et al. A serious game to train rhythmic abilities in children with dyslexia: Feasibility and usability study. *JMIR Serious Games* 2024 ; 12 : e42733.
10. Descamps M, Grossard C, Xavier J, et al. Rhythm training improves word-reading in children with dyslexia. *Sci Rep* 2025 ; 15 : 17631.
11. Flaunacco E, Lopez L, Terribili C, et al. Music training increases phonological awareness and reading skills in developmental dyslexia: A randomized control trial. *PLoS One* 2015 ; 10 : e0138715.
12. Kolling SH, DeLoss DJ, Canadas E, et al. A novel digital intervention for actively reducing severity of paediatric ADHD (STARS-ADHD): a randomised controlled trial. *Lancet Digital Health* 2020 ; 2 : e168-78.
13. Grossard C, Descamps M, Pellerin H, et al. Children's improvement after language and rhythm training with the digital medical device Poppins for dyslexia: A single-arm study. *JMIR Serious Games* 2025 ; 13 : e76435.



Tarifs d'abonnement m/s - 2026
Abonnez-vous
à médecine/sciences

» Grâce à m/s, vivez en direct les progrès
 des sciences biologiques et médicales

Abonnez-vous sur
www.medecinesciences.org

