

De la sensibilité de l'apprentissage implicite au type d'item à pister dans une tâche de temps de réaction séquentiel : le cas des enfants dyslexiques

A. SIMOËS*, P. LARGY**

* Maître de conférences en psychologie du développement, Laboratoire PDPS, Axe 4 - Psychologie des acquisitions et des apprentissages. E-mail : simoes@univ-tlse2.fr

** Professeur en psychologie du développement, Laboratoire PDPS, Axe 4 - Psychologie des acquisitions et des apprentissages, Université de Toulouse 2-Le Mirail, 5 allées Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex 9, France.

RÉSUMÉ : De la sensibilité de l'apprentissage implicite au type d'item à pister dans une tâche de temps de réaction séquentiel : le cas des enfants dyslexiques

Cette étude a pour objectif d'examiner l'impact de la nature du matériel à pister sur la performance d'enfants dans une tâche de temps de réaction séquentiel (TRS). Nous souhaitons mettre en évidence d'éventuelles différences dans la mobilisation des capacités d'apprentissage implicite entre des enfants normolecteurs et dyslexiques appariés sur la base de leur niveau de lecture et de leur âge réel. Cette étude a permis de souligner l'efficacité des capacités d'apprentissage implicite de séquence chez l'enfant normolecteur, et ce quelle que soit la nature de la cible impliquée dans le pistage. Par contre, chez l'enfant dyslexique, l'apprentissage implicite de séquence s'avère être dépendant de la nature linguistique ou non de la cible à pister en tâche de TRS.

Mots clés : Apprentissage implicite – Dyslexie – Tâche de temps de réaction séquentiel – Développement.

SUMMARY: From sensitivity of implicit learning to type of item to track in a sequential reaction time task: specific case of children with dyslexia

This study aims to examine the impact of the linguistic nature of the material to be tracked in a Serial Reaction Time task on the performance of children. Doing so, we wished to detect eventual differences in the mobilization of implicit learning skills between normal readers and dyslexics matched to age and reading level. On one hand, this study confirms the efficiency of implicit sequence learning in normal readers regardless of the nature of the item being tracked. On the other hand, this study indicates that the sequence learning of dyslexic children is sensitive to the nature of the target.

Key words: Implicit learning – Dyslexia – Serial reaction time task – Development.

RESUMEN: Desde la sensibilidad del aprendizaje implícito al tipo de ítem a detectar en una tarea de tiempo de reacción secuencial: el caso de los niños disléxicos

El objetivo de este estudio es examinar el impacto de la naturaleza del material a estudiar sobre el rendimiento de los niños en una tarea de tiempo de reacción secuencial (TRS). Queremos exponer las posibles diferencias en la movilización de las capacidades de aprendizaje implícito entre niños normolectores y niños disléxicos emparejados según su nivel de lectura y su edad real. Este estudio permite subrayar la eficiencia de las capacidades de aprendizaje implícito de secuencia en el niño normolector, sea cual sea la naturaleza de la selección empleada en la detección. Por el contrario, en el niño disléxico el aprendizaje implícito de secuencia es dependiente de la naturaleza lingüística y no de la selección empleada en la tarea TRS.

Palabras clave: Aprendizaje implícito – Dislexia – Tarea de tiempo de reacción secuencial – Desarrollo.

Cette étude s'inscrit dans la continuité de l'article de Simoës et Largy [29]. Parmi les pistes envisagées dans cet article de synthèse sur l'efficacité ou non de l'apprentissage implicite (AI) chez le sujet dyslexique, la question de l'impact de la nature plus ou moins linguistique du matériel proposé a été soulevée. Le présent article entend apporter une première contribution expérimentale à l'exploration de cette question.

La dyslexie est un trouble spécifique des apprentissages de la lecture. Les travaux portant sur ce trouble de l'identification des mots écrits sont nombreux et variés. Classiquement, nous parlons de « dyslexie développementale » lorsque les enfants présentent une efficacité intellectuelle normale, voire supérieure à la normale ; qu'avant le commencement de l'apprentissage de la lecture ils n'ont pas présenté de troubles psychologiques, psychiatriques, ou neurologiques particuliers ; qu'ils ont bénéficié d'une instruction scolaire adéquate et régulière ; qu'ils sont issus d'un milieu socioculturel normalement stimulant, et que leur niveau de lecture est d'au moins dix-huit mois inférieur à celui d'enfants du même âge [17].

Ce trouble est généralement attribué à un déficit phonologique. Cette hypothèse causale, reposant sur le fait que la dyslexie serait due à un dysfonctionnement des représentations phonologiques, s'est imposée comme « théorie » classique « de la dyslexie » [25]. Ces difficultés se traduiraient, pour une partie des dyslexiques au moins, par des difficultés relatives à l'utilisation des correspondances graphèmes-phonèmes [10, 12, 26, 30]. La plus ou moins grande efficacité de ces capacités a permis de définir deux profils de dyslexie. D'une part, la dyslexie phonologique, caractérisée par un déficit sélectif de la procédure phonologique de lecture et d'autre part la dyslexie de surface, caractérisée par un déficit sélectif de la procédure lexicale de lecture. Un troisième profil dit « mixte » distingue les dyslexiques ayant un double déficit. Même si d'autres origines sont aussi évoquées [1, 23, 33], la théorie d'un déficit phonologique est dominante dans la littérature. En effet, il semblerait que pratiquement tous les dyslexiques aient un déficit phonologique, y compris les dyslexiques de surface [17]. Cependant, certaines études conduisent à penser qu'il existerait un dysfonctionnement plus général qui affecterait la perception, auditive et visuelle [14, 34, 35], et la motricité [21, 22]. Les difficultés associées à la dyslexie seraient dues à un déficit dans l'acquisition des compétences d'apprentissage.

Une compétence d'apprentissage telle que la lecture est acquise à la fois par des processus explicites et par des processus implicites. L'apprentissage explicite correspond à l'effet direct de l'enseignement (e.g., correspondances graphèmes-phonèmes, morphologie écrite). L'apprentissage implicite correspond aux connaissances acquises par l'enfant, sans enseignement particulier, simplement par contact répété avec l'écrit et sans que ces connaissances soient verbalisables (e.g., régularités orthographiques, régularités graphophonologiques et graphomorphologiques) [11]. La littérature portant sur ces deux types d'apprentissage a mis en évidence des capacités d'apprentissage explicite préservées chez les dyslexiques [31]. En revanche, auprès de cette population, la question de la préservation des capacités d'AI se pose encore [16, 38].

Le paradigme de TRS (temps de réaction séquentiel) [24] est le plus fréquemment utilisé pour mettre en évidence la présence, ou non, d'un AI de séquence. Dans cette tâche, les participants ont pour consigne de pister une cible se déplaçant dans des fenêtres alignées sur l'écran d'un ordinateur à l'aide d'un périphérique de pointage (e.g., souris, clavier). Dans l'expérience initiale, Nissen et Bullemer [24] ont comparé les performances de deux groupes de sujets. Un groupe pistait une cible se déplaçant aléatoirement d'une fenêtre à une autre (groupe 1) et l'autre pistait une cible se déplaçant en suivant une séquence de dix éléments se répétant continuellement (groupe 2). Les résultats ont montré d'une part, que les temps de réaction (TR) des participants du groupe 2 diminuaient davantage au fil de la passation que les TR des participants du groupe 1 et d'autre part, que l'ensemble des participants se retrouvaient dans l'incapacité de décrire tout ou partie de la séquence répétée.

Le paradigme initial de TRS a fait l'objet de diverses adaptations méthodologiques visant à corriger certains biais expérimentaux. La version la plus contrôlée suit un plan intrabloc, version que nous utiliserons dans notre étude. Dans ce cas, des séquences aléatoires sont intercalées entre des séquences répétées. L'apprentissage est mis en évidence dans la comparaison des performances des sujets entre les deux types de séquences au fil de la passation [20, 36]. Cette méthode est intéressante puisqu'un unique groupe est soumis aux deux types de séquences, ce qui n'était pas le cas dans l'étude princeps de Nissen et Bullemer [24]. Ainsi, il est plus facile d'examiner l'apprentissage au fil de la passation pour chaque participant, puisque les TR sont enregistrés de façon continue pour les deux types de séquences. Enfin, cette méthode permet de masquer la structure de la séquence répétée, puisqu'elle est entourée de séquences aléatoires, ce qui rend quasi impossible sa découverte au fil de la passation. L'idée d'une généralité du phénomène d'AI est aujourd'hui encore défendue. Les arguments tiennent à une indépendance de l'AI en fonction de l'âge et du niveau intellectuel des sujets et une robustesse face à la pathologie [27]. Pourtant, de plus en plus d'études mettent en évidence des résultats allant à l'encontre de cette idée de généralité de l'AI [3, 8]. Les études menées dans le champ de la dyslexie soulignent la difficulté de concevoir l'AI comme un phénomène non affectable par les différences individuelles ou environnementales. En effet, les études utilisant le paradigme de TRS mettent en évidence des résultats contradictoires concernant l'efficacité de l'AI chez le sujet dyslexique [16, 18, 28, 36, 37, 38, 39]. L'explication de ces divergences peut trouver sa source dans l'analyse des méthodes mises en œuvre dans ces études. En effet, ces recherches sont difficilement comparables tant leurs méthodologies diffèrent. Malgré l'utilisation d'un même paradigme, des différences dans le choix de la population d'étude, de la procédure et du traitement statistique pourraient aisément expliquer l'absence de consensus.

Un élément, qui n'a jamais été manipulé dans la littérature, concerne la nature plus ou moins linguistique du matériel à pister en tâche de TRS [29]. Cet élément semble intéressant

car, si l'on cesse de considérer l'AI comme un phénomène général, indépendant des caractéristiques des sujets et de l'environnement, des difficultés de traitement de la cible à pister en tâche de TRS pourraient avoir un impact sur la mise en évidence des capacités d'AI.

Allant dans le sens d'une spécificité du phénomène, des études ont montré un déficit de l'AI chez les dyslexiques quand leurs ressources attentionnelles sont partagées entre deux tâches. Chez ces sujets, les ressources attentionnelles s'avèreraient insuffisantes pour exécuter une tâche qui n'est pas encore automatisée [21, 22, 40]. Les résultats de ces travaux indiquent qu'une compétence basique peut être dégradée chez les dyslexiques lorsqu'ils sont soumis, en parallèle, à une tâche attentionnellement coûteuse. Cependant, ces études en double tâche n'ont pas été menées avec l'utilisation du paradigme de TRS chez le dyslexique. Par contre, chez le sujet tout-venant, des études ont mis en évidence que l'ajout d'une tâche seconde à la tâche de TRS avait un effet défavorable sur l'apprentissage de séquence. Cohen, Ivry et Keele [5] ont montré qu'une tâche sonore associée à une tâche de TRS réduisait considérablement l'apprentissage de la séquence. D'autres recherches ont confirmé ces résultats [9, 32]. Ces conclusions peuvent être expliquées par le fait que la tâche sonore nécessite un recours à des ressources attentionnelles trop importantes, entraînant l'incapacité des participants à apprendre la séquence visuo-motrice.

D'autres études apportent également des arguments en faveur de cette idée de spécificité du phénomène d'AI en proposant aux sujets deux tâches d'AI indépendantes. Les travaux d'Howard *et al.* [15,16] ont souligné le caractère spécifique de l'AI en mettant en évidence des capacités d'AI préservées en tâche de contexte spatial¹ et une inefficience de l'AI en tâche de TRS. Ainsi, il est possible que la tâche de TRS sollicite des processus déficitaires chez le dyslexique contrairement à la tâche de contexte spatial.

La présente étude, menée auprès d'enfants dyslexiques et normolecteurs, a pour objectif de contribuer au débat actuel concernant l'efficacité ou l'inefficacité de l'AI de séquence chez les sujets dyslexiques. Nous pensons que le manque de consensus à ce sujet provient principalement de différences méthodologiques entre les études. Nous faisons l'hypothèse que la mise en évidence des capacités d'AI de séquence dépend de la nature de la cible à pister en tâche de TRS. Nous voulons ici caractériser la sensibilité des enfants dyslexiques à la nature plus ou moins linguistique de la cible impliquée, en la comparant avec la sensibilité de sujets, de même âge réel et de même niveau de lecture, qui ne présentent aucune difficulté d'apprentissage de la langue écrite. Ces deux comparaisons (en termes d'âge réel et de niveau de lecture) sont essentielles lorsqu'il s'agit de

contraster les performances de normolecteurs et de dyslexiques [2]. Nous pensons ainsi mettre en évidence, soit un simple retard d'apprentissage, soit un profil atypique relatif à des difficultés d'ordre développementales [17]. Les études menées en double tâche auprès de sujets dyslexiques nous ont conduits à penser que le pistage d'items linguistiques exigerait un effort de traitement particulier chez ces sujets. Ainsi, la mobilisation de ressources attentionnelles pourrait affecter leur AI de séquence. Nous nous attendons à observer des capacités d'AI inférieures chez l'enfant dyslexique lors du pistage d'une cible linguistique que lors du pistage d'une cible non linguistique. Par contre, chez l'enfant normolecteur, nous pensons observer un AI efficace, quelle que soit la nature de l'item à pister.

MÉTHODE

Participants

Trois groupes de sujets (N = 66) ont participé à l'expérience. Un groupe de 22 enfants dyslexiques (DYS) et deux groupes de 22 enfants normolecteurs appariés selon l'âge réel, $F(1,42) = 2.68$, ns. (CONT-AR) et selon le niveau de lecture, $F < 1$, ns. (CONT-AL) ont été soumis à une tâche de TRS. Le niveau de lecture a été évalué grâce au test « l'Alouette » [19]. Tous les enfants étaient droitiers et de langue maternelle française. Les dyslexiques ont été recrutés sur la base du volontariat grâce à l'association APEDYS Haute-Garonne. Nous avons utilisé les bilans complets des enfants établis par des professionnels de la santé. Ainsi, tous présentaient une dyslexie de type mixte, tous avaient un niveau d'expression oral dans la moyenne (L2MA, [4]), et de bonnes capacités visuelles. Les informations relatives aux participants sont présentées dans le *tableau 1*.

Tableau 1. Caractéristiques des participants.

	DYS	CONT-AR	CONT-AL
Sexe	10F, 12G	14F, 8G	11F, 11G
Age	10.87 (1.12)	8.13 (1.11)	10.45 (.47)
Niveau de lecture	8.04 (.81)	8.28 (.83)	10.19 (.51)

La tâche d'apprentissage de séquence

Il s'agit d'une adaptation de la tâche de TRS. Ce paradigme permet l'évaluation d'un AI de séquence grâce au report des TR des sujets, entre l'apparition de la cible à pister dans l'une des quatre localisations présentes à l'écran, et la réponse motrice de l'enfant sur le clavier. Les TR sont automatiquement enregistrés par le logiciel.

Quatre fenêtres vides, fixes, sont présentées au sujet sur l'écran d'un ordinateur. Elles sont respectivement dénommées de gauche à droite A, B, C et D. Quatre touches du clavier sont définies et correspondent aux quatre positions possibles d'apparition de la cible (A, B, C ou D). Deux touches, à gauche du clavier, correspondent aux positions « A » et « B ». L'enfant y place deux doigts (index et majeur) de la main gauche. Deux touches à droite du clavier correspondent aux positions « C » et « D ». L'enfant y place deux doigts (index et majeur) de la main droite.

¹ Dans la tâche de contexte spatial d'Howard *et al.* [16] les participants sont installés face à un écran d'ordinateur sur lequel apparaît un tableau contenant 11 éléments 'L' et une cible à pister 'T'. Chaque élément peut apparaître dans n'importe quelle orientation, seule la cible n'apparaît qu'orientée vers la gauche ou vers la droite. Les sujets sont soumis à plusieurs tableaux de configurations nouvelles ou répétées avec pour consigne d'appuyer sur une des touches du clavier en fonction de l'orientation de la cible (droite ou gauche).

Les touches définissant les quatre positions possibles de la cible sont les touches « X », « C », « N », et « ? » sur un clavier de type AZERTY. Un cache est conçu afin de ne laisser visibles que les touches « réponses ». De même, une gommette noire est collée sur ces dernières afin de cacher les lettres ('X', 'C' et 'N') et les symboles ('?' et ';') présents sur les touches.

Deux items cibles ont été choisis sur la base de leur nature linguistique ou non : « mot (ami) » et « symbole (###) ». La passation est divisée en 2 parties correspondant chacune au pistage d'un des deux items cibles. Dans chaque partie, l'enfant est soumis à 5 blocs de stimuli. Chaque bloc correspond à la chaîne suivante :

4A+6R+4A+6R+4A+6R+4A+6R+4A+6R+4A².

Les séquences aléatoires et répétées répondent toutes deux aux critères suivants : 1) la cible ne peut pas apparaître deux fois de suite dans la même fenêtre ; 2) il y a autant de réponses 'main droite' que de réponses 'main gauche'. Nous inspirant de la méthodologie de Waber *et al.* [39], des séquences répétées de 6 essais ont été élaborées dans cette expérience. Dans les tâches classiques de TRS menées auprès d'adultes, des séquences de dix ou douze essais sont généralement choisies. Or, ce dernier type de séquence s'avère être trop long et trop difficile à apprendre pour des enfants. Il requiert un allongement de la tâche trop conséquent qui peut entraîner des effets de démotivation, de fatigue et/ou d'indifférence à la tâche.

Dans le but d'associer une série répétée à chaque partie (pistage d'un type d'item cible), quatre séquences ont été élaborées et sont contrebalancées d'un sujet à l'autre. Les quatre séquences sont les suivantes : séquence 1 (ABCADC) ; séquence 2 (BCDBAD) ; séquence 3 (CDACBA) ; séquence 4 (DABDCB)³.

La passation est individuelle. L'enfant est assis devant l'ordinateur. On lui apprend à placer ses doigts sur les quatre touches du clavier. Une phase d'entraînement est proposée à chaque participant avant le début de la passation. Les TR lors de cette phase ne sont pas pris en compte dans l'analyse des résultats. L'interrogation « prêt ? » s'affiche à l'écran avant le début de chacun des blocs. L'apparition de la cible dans une nouvelle fenêtre suit chaque réponse après un délai de 250 ms.

La tâche de connaissance explicite

Une fois la tâche de TRS accomplie, nous avons demandé aux participants de répondre à un questionnaire inspiré de

² « A » correspond aux essais de la série aléatoire. La position du stimulus visuel n'est pas définie de façon répétée, ni séquentielle. « R » correspond aux essais de la série répétée. La position du stimulus visuel répond à une suite définie à l'avance.

³ Cohen *et al.* [5] ont déterminé trois différents types de séquences expérimentales : unique, ambiguë et hybride. Dans une séquence unique, chaque localisation a une association unique avec une autre localisation (e.g., 12341234). A contrario, dans une séquence ambiguë, toutes les localisations possibles sont équitablement représentées (e.g., 123213). Enfin, une séquence hybride (e.g., 123134) contient des éléments de séquence unique. Cohen *et al.* [5] ont montré que seules les séquences uniques et hybrides ont été apprises par les sujets de leur étude. Ils expliquent ces résultats par le fait que les éléments des séquences ambiguës ayant des fréquences d'apparition égales, aucune paire d'association n'est prédictible. Pour cette raison, ce type de séquence a été choisi pour notre étude.

l'épreuve de connaissance explicite d'Howard et Howard [15]. Les questions ont été simplifiées pour faciliter leur compréhension auprès d'enfants.

1. Que penses-tu de la tâche ?
2. As-tu noté quelque chose de particulier la concernant ?
3. As-tu noté des régularités dans le déplacement de la cible dans les cases ?
4. As-tu essayé de t'aider de ce que tu as remarqué pour aller de plus en plus vite ou pour faire moins d'erreurs ? Est-ce que cela t'a aidé ?
5. En fait, il y avait bien des régularités. Par moment, la cible se déplaçait en suivant toujours les mêmes cases sur l'écran. Selon toi, quels déplacements se répétaient ? Peux-tu me les décrire en me les montrant sur le clavier, ou sur l'écran ?

RÉSULTATS

Les données ont été analysées à l'aide d'une ANOVA à 3 (groupes : DYS, CONT-AR, CONT-AL) x 2 (conditions : aléatoire vs. répétée) x 5 (blocs : 1, 2, 3, 4, 5) x 2 (items : mot vs. symbole) avec mesures répétées sur les trois derniers facteurs.

Deux variables dépendantes ont été retenues : 1) le temps de réaction (TR) médian, correspondant au temps qui s'écoule entre l'apparition de la cible à l'écran et la bonne réponse du participant sur le clavier et 2) le taux de bonnes réponses (TBR), correspondant à la bonne réponse motrice du participant sur le clavier lors de l'apparition de la cible sur l'écran et ce, du premier coup.

Les données temporelles relatives aux mauvaises réponses ont été retirées de l'analyse. Nous calculons la taille de l'effet à l'aide de l'indice η^2_{partiel} qui représente la part de variance de la variable dépendante (VD) expliquée par la variable indépendante (VI). Pour simplifier, nous le noterons η^2_p . Les conventions de tailles d'effets dans les ANOVA [6] sont les suivantes : l'effet est petit pour $.01 < \eta^2_p < .06$; l'effet est moyen pour $.06 < \eta^2_p < .14$; l'effet est grand pour $\eta^2_p > .14$.

LA TÂCHE DE TRS

Analyse globale

L'analyse globale révèle des TR qui diffèrent significativement entre nos trois groupes de sujets (DYS = 597 ms ; CONT-AR = 528 ms ; CONT-AL = 604 ms), $F(2,63) = 5.07$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .14$. Lorsque nous comparons les groupes deux à deux, nous remarquons que cette différence de TR est significative entre les DYS et les CONT-AR, $F(1,42) = 10.73$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .20$, ainsi qu'entre les CONT-AR et les CONT-AL, $F(1,42) = 7.57$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .15$. Par contre, l'analyse ne met pas en évidence de différence significative en temps entre les DYS et les CONT-AL, $F < 1$, ns.

Concernant le TBR, l'analyse souligne des différences significatives entre nos trois groupes d'enfants (DYS = 86 % ; CONT-AR = 90 % ; CONT-AL = 84 %). L'analyse deux à deux montre que le TBR des CONT-AR est significativement plus élevé que celui des DYS, $F(1,42) = 18.29$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .30$; qui est lui-même significativement plus élevé que celui des CONT-AL, $F(1,42) = 4.88$, $p < 0.04$, $\eta^2_p = .10$.

De façon plus intéressante, nous observons un effet significatif du facteur condition tant pour les TR, $F(1,63) = 42.36$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .40$ que pour le TBR, $F(1,63) = 10.78$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .15$. Cet effet indique des TR plus courts en condition répétée (567 ms) qu'en condition aléatoire (586 ms), et un TBR plus élevé en condition répétée (87 %) qu'en condition aléatoire (86 %).

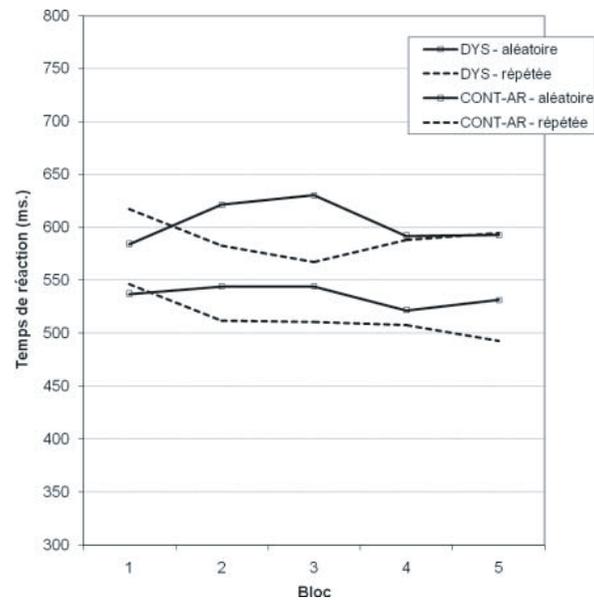
L'analyse met en évidence les interactions suivantes : TR : condition x bloc, $F(4,252) = 10.83$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .15$; groupe x condition x bloc, $F(8,252) = 2.39$, $p < 0.02$, $\eta^2_p = .07$; groupe x condition x bloc x item, $F(8,252) = 2.43$, $p < 0.02$, $\eta^2_p = .07$; TBR : condition x bloc, $F(4,252) = 4.34$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .06$; groupe x bloc x item, $F(8,252) = 1.99$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = .06$; groupe x condition x bloc, $F(8,252) = 4.19$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .12$; groupe x condition x bloc x item, $F(8,252) = 2.11$, $p < 0.04$, $\eta^2_p = .06$. Nous avons souligné en introduction l'importance de la comparaison en termes d'âge réel et de niveau de lecture lorsqu'il s'agit d'effectuer une analyse comparative entre normolecteurs et dyslexiques [2]. Ainsi l'implication du facteur groupe dans ces interactions nous conduit à effectuer une analyse deux à deux (dyslexiques vs sujets contrôles de même âge réel et dyslexiques vs sujets contrôles de même niveau de lecture).

DYS vs CONT-AR

L'analyse montre un effet du facteur condition pour les TR, $F(1,42) = 15.65$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .27$ et le TBR, $F(1,42) = 9.99$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .19$. Tous groupes confondus, les performances en temps et en bonnes réponses sont meilleures en condition répétée (555 ms ; 89 %) qu'en condition aléatoire (570 ms ; 87 %).

Concernant les TR, l'interaction condition x bloc est significative, $F(4,168) = 10.19$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .20$, associée à l'interaction significative groupe x condition x bloc x item, $F(4,168) = 4.94$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .11$, elle met en évidence des TR qui évoluent de manière différenciée en fonction du groupe et de la nature de la cible à pister. L'analyse groupe par groupe a permis de montrer que chez les CONT-AR, même si le facteur item s'avère significatif (mot = 537 ms ; symbole = 520 ms), $F(1,21) = 7.08$, $p < 0.02$, $\eta^2_p = .25$, il n'interagit pas avec les autres facteurs. Par ailleurs, l'interaction condition x bloc est significative, $F(4,84) = 5.09$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .20$, elle indique des TR qui tendent à diminuer davantage en condition répétée qu'en condition aléatoire au fil de la passation (voir figure 1). Chez les DYS, l'interaction condition x bloc est également significative, $F(4,84) = 7.37$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .26$ (voir figure 1), associée à l'interaction, condition x bloc x item, $F(4,84) = 2.78$, $p < 0.04$, $\eta^2_p = .12$, elle indique une évolution différenciée des TR en fonction de la nature de l'item à pister et de la condition. L'analyse item par item révèle que les TR tendent globalement à diminuer au fil de la passation, et ce davantage en condition répétée, lors du pistage de symboles, $F(4,84) = 7.04$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .25$. Ce n'est pas le cas lors du pistage de mots puisque les TR tendent à augmenter au fil de la passation et ce, de façon indifférenciée entre les deux conditions, $F(4,84) = 1.52$, ns.

Figure 1. TR pour chaque bloc en fonction du groupe (DYS = dyslexiques ; CONT-AR = normolecteurs appariés sur la base de l'âge réel) et de la condition (aléatoire ; répétée).



Concernant le TBR, l'interaction condition x bloc x item est significative, $F(4,168) = 7.79$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .10$.

Associée à l'interaction significative groupe x condition x bloc x item, $F(4,168) = 3.53$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .07$, elle met en évidence des TR qui évoluent de manière différenciée en fonction du groupe et en fonction de la nature de la cible à pister. L'analyse groupe par groupe a permis de montrer que chez les CONT-AR, le facteur item n'était pas significatif, $F < 1$, ns. C'est également le cas de l'interaction condition x bloc ($F < 1$, ns.) malgré un TBR qui reste significativement plus élevé en condition répétée (91 %) qu'en condition aléatoire (87 %), $F(1,21) = 7.82$, $p < 0.02$, $\eta^2_p = .27$. Chez les DYS, l'interaction condition x bloc est significative, $F(4,84) = 6.06$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .22$, associée à l'interaction condition x bloc x item, $F(4,84) = 9.63$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .31$, elle indique une évolution différenciée des TBR en fonction de la nature de l'item à pister et de la condition. L'analyse item par item révèle que les TBR tendent globalement à baisser au fil de la passation lors du pistage de mot, $F(4,84) = 10.78$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .34$. Inversement, on observe une tendance à l'augmentation du TBR lors du pistage de symbole au fil de la passation, $F(4,84) = 5.71$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = 0.21$.

DYS vs CONT-AL

Concernant les TR, l'analyse montre un effet du facteur condition, $F(1,42) = 31.69$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .43$. Tous groupes confondus, les performances en temps sont meilleures en condition répétée (590 ms) qu'en condition aléatoire (612 ms). L'interaction condition x bloc est significative, $F(4,168) = 7.99$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .16$, associée aux interactions groupe x condition, $F(1,42) = 4.14$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = .09$ et groupe x condition x bloc, $F(4,168) = 2.48$, $p < 0.05$, $\eta^2_p = .06$, elle met en évidence des TR qui évoluent de manière différenciée en fonction du groupe et de la condition. Contrairement à la comparaison effectuée

entre DYS et CONT-AR, il n'y a pas ici d'implication du facteur item. Tout se passe comme si les CONT-AL et les DYS se comportaient de la même façon lors du pistage d'items de nature différente en tâche de TRS. L'analyse groupe par groupe montre que chez les CONT-AL, les TR varient significativement au fil des blocs, $F(4,84) = 6.52$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .24$ (1 = 599 ms ; 2 = 594 ms ; 3 = 644 ms ; 4 = 600 ms ; 5 = 583 ms), ainsi qu'en fonction de la condition, $F(1,21) = 32.84$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .61$ (aléatoire = 619 ms ; répétée = 589 ms). De même, l'interaction condition x bloc est significative, $F(4,84) = 3.37$, $p < 0.02$, $\eta^2_p = .14$ (voir *tableau 2*). Les données descriptives mettent en avant une hausse des TR au bloc 3. Ce pic de temps se retrouve dans les deux conditions. Afin de nous assurer qu'il ne soit pas responsable de la significativité des effets mis en évidence, nous l'avons retiré de cette analyse. Nous avons ainsi effectué une ANOVA à 2 (conditions : aléatoire vs. répétée) x 4 (blocs : 1, 2, 4, 5) x 2 (items : mot vs. symbole). Les résultats confirment la présence d'un apprentissage de séquence de la part des CONT-AL. Même si dans cette analyse l'effet simple du bloc est non significatif, l'interaction significative condition x bloc, $F(3,63) = 4.56$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .18$ et l'effet significatif du facteur condition, $F(1,21) = 17.41$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .45$ (aléatoire = 606 ms ; répétée = 582 ms) mettent en évidence une diminution des TR significativement plus importante lors du pistage de la cible en condition répétée qu'en condition (voir *tableau 2*).

Concernant le TBR, l'effet du bloc est significatif, $F(4,168) = 2.64$, $p < 0.04$, $\eta^2_p = .06$. Ce facteur est impliqué dans toutes les interactions significatives, condition x bloc, $F(4,168) = 9.56$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .19$; groupe x bloc, $F(4,168) = 2.66$, $p < 0.04$, $\eta^2_p = .06$; groupe x condition x bloc, $F(4,168) = 2.92$, $p < 0.03$, $\eta^2_p = .07$; condition x bloc x item, $F(4,168) = 10.38$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .20$; groupe x condition x bloc x item, $F(4,168) = 3.76$, $p < 0.01$, $\eta^2_p = .08$. L'analyse groupe par groupe a permis de montrer que chez les CONT-AL, le facteur item n'est pas significatif, $F < 1$, ns. L'interaction condition x bloc est significative, $F(4,84) = 6.43$, $p < 0.001$, $\eta^2_p = .23$. Associée à l'absence d'interaction significative condition x bloc x item, $F < 1$, ns, ces résultats vont dans le sens d'un

Tableau 2. Temps de réaction médian par condition et par bloc des normolecteurs appariés selon le niveau de lecture (CONT-AL).

Bloc	Condition	Temps de réaction médian (ms)	
		Moyenne (E-type)	Intervalle de confiance à 95 %
1	1	593,27 (23.4)	[544,56 % ; 641,98]
	2	604,03 (26.4)	[549,22 % ; 658,83]
2	1	601,43 (25.4)	[548,59 % ; 654,28]
	2	585,89 (27.9)	[527,93 % ; 643,85]
3	1	670,95 (28.5)	[611,68 % ; 730,21]
	2	618,22 (33.7)	[548,15 % ; 688,28]
4	1	620,24 (27.8)	[562,53 % ; 677,95]
	2	581,52 (25.7)	[528,10 % ; 634,93]
5	1	609,31 (26.1)	[555,08 % ; 663,54]
	2	557,30 (22.7)	[510,08 % ; 604,52]

apprentissage de séquence indifférencié en fonction du type d'item pisté.

La tâche de connaissance explicite

Le questionnaire de connaissance explicite a montré que les participants n'étaient pas capables de décrire la séquence répétée. En effet, nous avons pu noter que la majorité des enfants s'arrêtait à la question 3, en y répondant négativement. Parmi les enfants normolecteurs, quatre ont répondu avoir perçu une forme de régularité. Un seul de ces quatre enfants a affirmé s'être servi de ce qu'il avait remarqué pour aller de plus en plus vite et pour faire moins d'erreurs. Cependant, lorsque nous lui avons demandé de décrire ces régularités, il n'a pu identifier correctement aucune des séries répétées. Dans le groupe d'enfants dyslexiques, aucun n'a dit remarquer de régularités dans le mouvement de la cible. Le questionnaire final a souligné l'absence de connaissance explicite de la séquence chez les enfants de cette étude.

DISCUSSION

Nous avons testé l'hypothèse selon laquelle la mise en évidence des capacités d'AI de séquence dépend de la nature de la cible à pister en tâche de TRS chez les enfants dyslexiques et ce, contrairement aux enfants normolecteurs appariés en âge ou en niveau de lecture chez qui l'AI est systématiquement présent quelle que soit la cible.

L'analyse globale a permis de dégager des différences significatives entre nos trois groupes d'enfants. Elle a montré que les enfants dyslexiques sont plus lents lors du pistage et qu'ils commettent davantage d'erreurs que les enfants normolecteurs de même âge réel. Ces résultats peuvent trouver leur explication dans la littérature portant sur les hypothèses causales de la dyslexie ; et notamment dans l'hypothèse d'un déficit cérébelleux qui stipule un déficit d'automatisation des processus et des difficultés d'ordre moteur [7]. Ces résultats sont concordants avec la majorité des travaux ayant apparié des sujets dyslexiques à des sujets normolecteurs de même âge réel [18, 38, 37]. En revanche, l'analyse a révélé des TR indifférenciés entre dyslexiques et normolecteurs appariés selon le niveau de lecture mais un TBR significativement plus élevé chez les dyslexiques. Ce résultat est intéressant puisqu'à notre connaissance aucune étude n'a comparé un échantillon de sujets dyslexiques selon ces deux dimensions (âge et niveau de lecture) dans une tâche de TRS relevant ces deux variables. Ces résultats se confirment dans les analyses deux à deux effectuées. En effet, chez les enfants normolecteurs, quel que soit l'âge ou le niveau de lecture, les résultats ont confirmé la présence d'un AI de séquence et ce, indépendamment de la nature de l'item à pister. Cet apprentissage se traduit par de meilleures performances en condition répétée qu'en condition aléatoire au fil de la passation, avec une absence de connaissance explicite mise en évidence par le questionnaire. Par contre, chez les dyslexiques, nos résultats ont souligné l'implication de la nature de la cible à pister dans les performances d'apprentissage de séquence. En effet, nous mettons en évidence 1) un profil de performances semblable à celui des enfants normolecteurs lors du pistage d'items non linguistiques, c'est-à-dire une efficacité de l'AI de

séquence, et 2) une absence d'apprentissage de séquence lors du pistage d'items linguistiques. Ces résultats sont compatibles avec les études postulant une efficacité de l'AI de séquence chez l'enfant dyslexique ([13, 28, 40]. En effet, ces trois études ont utilisé une cible de nature symbolique (image d'un chien, astérisque) et ont mis en évidence des capacités d'AI toutes aussi performantes chez les enfants présentant des troubles du langage écrit que chez les enfants normolecteurs. Parmi les études en AI de séquence menée auprès de dyslexiques, aucune n'a utilisé une cible à pister de nature linguistique. Pourtant, nos résultats révèlent des différences de performances auprès de cette population lorsque nous faisons varier la nature même de l'item cible à pister. Des éléments d'interprétation apparaissent dans les travaux en double tâche [21, 22]. En effet, ces études soulignent un déficit de la part des dyslexiques dans des tâches nécessitant des compétences de base (comme l'équilibre) lorsque celles-ci sont associées à une autre tâche effectuée simultanément. Le coût attentionnel exigé pour la réalisation de la tâche seconde aurait une influence sur les performances de la tâche initiale. À notre connaissance aucune étude en double tâche menée avec l'utilisation d'un paradigme d'AI auprès d'enfants dyslexiques n'a été réalisée. Pourtant nos résultats semblent mettre en évidence que l'exposition à un matériel linguistique en tâche de TRS pourrait perturber l'AI de séquence des dyslexiques, puisque le traitement de mots semble exiger de leur part un effort supplémentaire et plus intense. L'AI tend encore aujourd'hui à être considéré comme un phénomène général, indépendant de la tâche proposée aux sujets. Toutefois, les divergences de résultats soulignés chez les enfants dyslexiques montrent que certaines variables méthodologiques peuvent peser sur les conclusions auxquelles on pense aboutir. Les stimuli que nous traitons dans notre vie quotidienne ne se limitent pas à des symboles, nous sommes sans cesse confrontés au langage écrit. Les différences dans la mise en évidence des capacités d'apprentissage implicite entre normolecteurs et dyslexiques soulignent de probables divergences dans le traitement des stimuli de l'environnement. De ce fait, nos résultats vont dans le sens d'une spécificité du phénomène d'AI, phénomène pouvant être dépendant des caractéristiques des sujets.

RÉFÉRENCES

- [1] BOSSE (M.L.), TAINURIER (M.J.), VALDOIS (S.), "Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis". *Cognition*, 104(2), 2007, pp. 198-230.
- [2] BRYANT (P.E.), IMPEY (L.), "The similarities between normal readers and developmental and acquired dyslexic children". *Cognition*, 24, 1986, pp. 121-137.
- [3] CHANNON (S.), SHANKS (D.), JOHNSTONE (T.), VAKILI (K.), CHIN (J.), SINCLAIR (E.), "Implicit learning spared in amnesia? Rule abstraction and item familiarity in artificial grammar learning". *Neuropsychologia*, 1404, 2002, pp. 1-13.
- [41] CHEVRIE-MULLER (C.), SIMON (A.M.), FOURNIER (S.), *L2MA*. Paris, Editions du Centre de psychologie appliquée, 1997.
- [5] COHEN (A.), IVRY (R.I.), KEELE (S.W.), "Attention and Structure in Sequence Learning". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(1), 1990, pp. 17-30.
- [6] COHEN (J.), *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- [7] FAWCETT (A.J.), NICOLSON (R.I.), "Performance of dyslexic children on cerebellar and cognitive tests". *Journal of Motor Behaviour*, 1, 1999, pp. 68-78.
- [8] FLETCHER (J.), MAYBERRY (M.T.), BENNETT (S.), "Implicit learning differences: A question of developmental level?" *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(1), 2000, pp. 246-252.
- [9] FRENCH (P.A.), MINER (C.S.), "Effects of presentation rate and individual differences in short-term memory capacity on an indirect measure of serial learning". *Memory Cognition*, 22, 1994, pp. 95-110.
- [10] FRITH (C.), Brain, mind and behaviour in dyslexia. In C. Hulme, M.J. Snowling (Eds.), *Dyslexia: Biology, cognition and intervention* (pp. 1-19). London, Whurr Publishers, 1997.
- [11] GOMBERT (J.E.), "Implicit and explicit learning to read: implication as for subtypes of dyslexia". *Current Psychology Letters: Behaviour, Brain Cognition*, 10 (1), 2003.
- [12] GOSWAMI (U.), "Phonological representations, reading development and dyslexia: towards a cross-linguistic theoretical framework". *Dyslexia*, 6(2), 2000, pp. 133-151.
- [13] GRIFFITHS (Y.), POLLEY (M.), MILLAR (R.), ROSSELLO (A.), CARAVOLAS (M.), *A developmental study of implicit sequence learning in good and poor spellers*. Paper presented at the BDA International Conference "Dyslexia: Making Links", 2008.
- [14] HANSEN (P.), STEIN (J.), ORDE (S.), WINTER (J.), TALCOTT (J.), "Are dyslexics' visual deficits limited to measures of Dorsal Stream Function?" *NeuroReport*, 12, 2001, pp. 1527-1530.
- [15] HOWARD (J.H.), HOWARD (D.V.), "Age differences in implicit learning of higher order dependencies in serial patterns". *Psychology and aging*, 12(4), 1997, pp. 634-656.
- [16] HOWARD (J.H.), HOWARD (D.V.), JAPIKSE (K.C.), EDEN (G.F.), "Dyslexics are impaired on implicit higher-order sequence learning but not on implicit spatial context learning". *Neuropsychologia*, 44, 2006, pp. 1131-1144.
- [17] INSERM, « Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques ». Les éditions Inserm, 2007.
- [18] KELLY (W.), GRIFFITHS (S.), FRITH (U.), "Evidence for implicit learning in dyslexia". *Dyslexia*, 8, 2002, pp. 43-52.
- [19] LEFAVRAIS (P.), *Test de l'Alouette de P. Lefavrais*. Paris, Les Éditions du Centre de psychologie appliquée, 1967.
- [20] MEULEMANS (T.), VAN DER LINDEN (M.), PERRUCHET (P.), "Implicit sequence learning in children". *Journal of Experimental Child Psychology*, 69, 1998, pp. 199-221.
- [21] NICOLSON (R.I.), FAWCETT (A.J.), "Automaticity: A new framework for dyslexia research?" *Cognition*, 35(2), 1990, pp. 159-182.
- [22] NICOLSON (R.I.), FAWCETT (A.J.), "Comparison of deficits in cognitive and motor skills among children with dyslexia". *Annals of Dyslexia*, 44, 1995, pp. 147-164.
- [23] NICOLSON (R.I.), FAWCETT (A.J.), DEAN (P.), "Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis". *Trends in Neurosciences*, 24, 2001, pp. 508-511.
- [24] NISSEN (M.J.), BULLEMER (P.), "Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures". *Cognition Psychology*, 19, 1987, pp. 1-32.
- [25] RAMUS (F.), « Aux origines cognitives, neurobiologiques et génétiques de la dyslexie ». *Les journées de l'ONL*, février 2005.
- [26] RAMUS (F.), ROSEN (S.), DAKIN (S.C.), DAY (B.L.), CASTELLOTE (J.M.), "Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults". *Brain*, 126, 2003, pp. 841-865.
- [27] REBER (A.S.), *Implicit learning and tacit knowledge: an essay on the cognitive unconscious*. New York, NY, USA, Oxford University Press.
- [28] ROODENRYS (S.), DUNN (N.), "Unimpaired implicit learning in children with developmental dyslexia". *Dyslexia*, 14, 2008, pp. 1-15.

- [29] SIMOËS (A.), LARGY (P.), « L'apprentissage implicite chez l'enfant présentant des troubles du langage écrit ». *A.N.A.E.*, 96-97, 2008, pp. 27-32.
- [30] SNOWLING (M.J.), *Dyslexia* (2nd ed.). Oxford. U.K, Blackwell Publishers, 2000.
- [31] SPERLING (A.J.), LU (Z.L.), MANIS (F.R.), "Slower implicit categorical learning in adult poor readers". *Annals of Dyslexia*, 54(2), 2004, pp. 281-303.
- [32] STADLER (M.A.), "Role of attention in implicit learning". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 1995, pp. 674-685.
- [33] STEIN (J.), "The magnocellular theory of developmental dyslexia". *Dyslexia*, 7, 2001, pp. 12-36.
- [34] STEIN (J.), TALCOTT (J.), "Impaired neuronal timing in developmental dyslexia – the magnocellular hypothesis". *Dyslexia*, 5, 1999, pp. 59-77.
- [35] STEIN (J.), WALSH (V.), "To see but not to read ; the magnocellular theory of dyslexia". *Trends in Neurosciences*, 20, 1997, pp. 147-152.
- [36] STOODLEY (C.J.), HARRISON (E.P.D.), STEIN (J.), "Implicit motor learning deficits in dyslexic adults". *Neuropsychologia*, 44, 2006, pp. 795-798.
- [37] VICARI (S.), FINZI (A.), MENGHINI (D.), MAROTTA (S.), BALDI (S.), PETROSINI (L.), "Do children with developmental dyslexia have an implicit learning deficit?" *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 76, 2005, pp. 1392-1397.
- [38] VICARI (S.), MAROTTA (L.), MENGHINI (D.), MOLINARI (M.), PETROSINI (L.), "Implicit learning deficit in children with developmental dyslexia". *Neuropsychologia*, 41, 2003, pp. 108-114.
- [39] WABER (D.P.), MARCUS (D.J.), FORBES (P.W.), BELLINGER (D. C.), WEILER (M.D.), SORENSEN (L.G.), *et al.*, "Motor sequence learning and reading ability: Is poor reading associated with sequencing deficits?" *Journal of Experimental Child Psychology*, 84, 2003, pp. 338-354.
- [40] YAP (R.L.), VAN DER LEIJ (A.), "Testing the automatization deficit hypothesis of dyslexia via a dual-task paradigm". *Journal of Learning Disabilities*, 27(10), 1994, pp. 660-666.