

Université de Montréal

La catégorisation visuelle des lettres et les habiletés de lecture chez l'enfant

Par

Laurence Malo-Véronneau

Département de psychologie

Faculté des Arts et des Sciences

Essai doctoral présenté en vue de l'obtention du grade de Doctorat en psychologie clinique,
option neuropsychologie clinique (D.Psy)

Août 2020

© Laurence Malo-Véronneau, 2020

Table des matières

Résumé	ii
Abstract.....	iii
Liste des tableaux.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des abréviations.....	vi
Introduction	3
Objectifs et hypothèses	16
Méthodologie.....	17
Participants.....	17
Procédures	18
Mesures	19
Analyses	22
Résultats	23
Discussion	25
Références	29

Résumé

L'identification des lettres est un processus de catégorisation ; une large variété de stimuli visuels est regroupée en 26 catégories distinctes. La lecture de mots dépendrait du traitement de l'identité des lettres, indépendamment de leurs formes visuelles. Certaines évidences suggèrent une perception catégorielle des lettres chez l'adulte lettré. Toutefois, le lien entre la catégorisation visuelle des lettres et la lecture demeure peu étudié. La présente étude a employé un paradigme de perception catégorielle (étude de cas des lettres b-d) afin d'explorer si la perception des lettres est catégorielle chez l'enfant, et si une telle perception serait liée aux habiletés de lecture. Les résultats indiquent que les enfants perçoivent les lettres b et d de façon catégorielle, suggérant que leurs représentations abstraites des lettres influencent leur perception, et que celles-ci sont liées aux habiletés de lecture de mots irréguliers, mais non de pseudo-mots. Cette étude soutient l'importance de représentations abstraites des lettres en lecture, permettant de mieux comprendre les processus impliqués en lecture.

Mots-clés : lecture, perception catégorielle, identité abstraite des lettres, enfance, neuropsychologie clinique

Abstract

Letter identification is a process of categorization; a wide variety of visual stimuli are sorted into 26 distinct categories. Word reading is assumed to be dependant on the process of letter identities, abstracting over their visual forms. Some evidence suggest categorical perception of letters in literate adults. However, these studies focussed mostly on pre-lexical process of letters without the implication of the central reading processes. This current study employed a categorical perception paradigm with the letters b-d as a test case to examine the mode of perception of letters in children; and its role in reading. The results show that children perceived the letters b and d in a categorical manner, suggesting that their abstract letter representations influenced their perception. The results also show that categorial perception of letters seemed to be linked to irregular words, but not to pseudo-word reading ability. This study supports the importance of abstract representations in reading and allows a better understanding of the processes involved in reading.

Keywords : reading, categorical perception, abstract letter identity, children, clinical neuropsychology

Liste des tableaux

Tableau 1. <i>Caractéristiques sociodémographiques</i>	18
Tableau 2. <i>Résultats aux tâches de lecture</i>	25

Liste des figures

<i>Figure 1. Théorie de lecture de mots, incluant les processus prélexicaux ; adapté de McCloskey et al. (2013). Traduction libre.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2. Continuum de stimuli utilisé dans les tâches de catégorisation visuelle.</i>	<i>20</i>
<i>Figure 3. Habiletés de discrimination sur le continuum.....</i>	<i>24</i>

Liste des abréviations

IAL : Identité abstraite des lettres

CGP : Correspondances graphèmes-phonèmes

PE : Potentiels évoqués

ms : Millisecondes

PC : Perception catégorielle

n : Nombre d'individus

d' : Indice d-prime

DC : Détections correctes

FA : Fausses alarmes

LÉNEA : Laboratoire d'études en neuropsychologie de l'enfant et de l'adolescent

TELEQ : Test d'évaluation du langage écrit québécois

BALE : Batterie analytique du langage écrit

WISC-IV-_{CDN}: Test d'intelligence de Wechsler, 4^e édition, version pour francophones du Canada

É.-T. : Écart-type

M : Moyenne

ANOVA : Analyse de variance

η^2 : Eta-carré partiel

p : Seuil de signification

Introduction

L'article de recherche rédigé dans le cadre de la présente étude sera présenté dans la prochaine section. Il sera soumis à la revue Neuropsychologie clinique et appliquée.

Catégorisation visuelle et lecture chez l'enfant

Laurence Malo-Véronneau et Bruno Gauthier

Université de Montréal, Montréal, Canada

Notes sur les auteurs

Laurence Malo-Véronneau, Département de psychologie, Université de Montréal;

Bruno Gauthier, PhD, Département de psychologie, Université de Montréal.

Cette recherche a été financée par les Fonds de recherche du Québec - Société et Culture
(FRQSC).

Introduction

Les 26 lettres de l'alphabet latin peuvent être rapidement identifiées malgré d'importantes variations de style (police de caractère, écriture manuscrite), de casse (majuscule/minuscule), de grandeur, d'orientation, etc. (Rothlein et Rapp, 2017). Chez le lecteur expert, le système d'identification des lettres parvient à développer des catégories de lettres malgré que des formes d'une même lettre puissent être plus différentes visuellement (p. ex. g et G) que celles de deux identités distinctes (p. ex. C et G) (Schubert et McCloskey, 2013). Ceci serait possible puisque la reconnaissance des lettres se baserait sur l'identité abstraite des lettres (IAL) (Coltheart, 1981; Finkbeiner et Coltheart, 2009; Perea et Rosa, 2002; Schubert, 2015). Les IAL sont des représentations encodant l'identité des lettres indépendamment de leurs caractéristiques visuelles (Besner et al., 1984; Brunson et al., 2007; Rothlein et Rapp, 2017; Schubert, 2015).

Le concept d'IAL a été introduit par Coltheart (1981), dans une étude visant à déterminer si le traitement des mots se base uniquement sur les codes visuel, phonologique et sémantique, ou si un code supplémentaire pouvait être impliqué en lecture. Dans cette étude, des pseudo-mots (mots qui n'existent pas) étaient présentés en majuscule et en minuscule, et le patient devait répondre si les deux stimuli étaient le même mot (p. ex. aner/ANER versus aneg/ANER). Cette tâche a été administrée à un patient atteint d'une aphasie de conduction, présentant un déficit phonologique sévère impactant la dénomination de lettres et la lecture de mots, avec des habiletés visuelles et sémantiques par ailleurs préservées. Il était attendu que ce patient ne soit pas en mesure de comparer l'identité des pseudo-mots en se basant sur les trois codes (visuel, phonologique ou sémantique). En effet, il ne pouvait comparer les pseudo-mots sur la base du code visuel en raison de la variation visuelle entre les formes majuscule/minuscule, ni sur la base du code sémantique puisque les pseudo-mots n'ont pas de sens connus et ni sur la base du code phonologique de par

ses atteintes phonologiques. Alors que le patient ne devait pas être en mesure d'apparier les pseudo-mots, celui-ci a réussi la tâche sans difficulté. Coltheart (1981) a interprété ces résultats comme suggérant l'existence d'un autre code qui serait ni visuel, ni phonologique, mais basé sur l'identité des lettres, qu'il a nommé « Identité abstraite des lettres ».

L'identification des lettres via les IAL sous-tendrait la reconnaissance de mots écrits en lecture (Pelli et al., 2003). L'activation des représentations abstraites des lettres constituant le mot serait la première étape de la lecture de mot, puisque les IAL seraient les intrants aux voies de la lecture (Coltheart, 1981; McCloskey et al., 2013). Selon les modèles à double voie de la lecture, un mot peut être lu de deux façons : par la voie lexicale ou la voie sub-lexicale (Coltheart et al., 1993, 2001). La voie lexicale permet la reconnaissance des mots connus par l'activation de leurs représentations au sein du lexique orthographique. Ce dernier est vu comme un dictionnaire mental dans lequel sont conservées des représentations orthographiques globales (les IAL et leurs positions) des mots préalablement rencontrés (Allport et Funnellj, 1981). L'activation des représentations orthographiques des mots donne rapidement accès aux représentations phonologiques et sémantiques correspondantes. La lecture des mots irréguliers (p. ex. monsieur) n'est possible que par la voie lexicale puisqu'ils ne respectent pas les règles grapho-phonémiques. Les nouveaux mots et les pseudo-mots ne peuvent pas être reconnus via la voie lexicale puisqu'ils n'ont pas d'adresse dans le lexique orthographique. Ces derniers peuvent toutefois être lus par la voie sub-lexicale, qui s'appuie quant à elle sur des représentations de graphèmes¹ et de leurs correspondants de la forme orale, les phonèmes (Meletis, 2019; Rey et al., 2000). Les graphèmes

¹ Un graphème est l'unité minimale sub-lexicale de la forme écrite qui permet la transcription d'un phonème. Il peut être composé d'une seule lettre (graphème simple) ou de plusieurs lettres (graphème complexe ; p. ex. ch, on, eau) (Meletis, 2019).

sont successivement identifiés à partir des suites de lettres et transformés en phonèmes; les mots sont ainsi décodés en appliquant les règles de correspondances grapho-phonémiques (CGP) (Joubert et Lecours, 2000; Larsen et al., 2018; Perry et al., 2007). L'existence de deux procédures de lecture indépendantes (double voies) est supportée par les atteintes dissociées entre les types de dyslexie (Castles et Coltheart, 1993; Coltheart, 1981). En effet, les différents types de dyslexie découleraient de l'atteinte à l'une ou l'autre des deux voies de la lecture. En dyslexie lexicale, la difficulté à lire les mots irréguliers viendrait d'une atteinte de la voie lexicale limitant l'accès au lexique orthographique. Quant aux difficultés en lecture de pseudo-mots retrouvées en dyslexie phonologique, elles découleraient d'une atteinte de la voie sub-lexicale.

Les modèles théoriques d'identification des lettres fondés sur les IAL sont supportés par plusieurs études : comportementales, cognitives et neuropsychologiques. Besner et al. (1984) ont effectué l'une des premières études comportementales évaluant les IAL chez les adultes normolecteurs. Dans cette étude, les participants devaient rapidement indiquer si des suites de lettres étaient visuellement identiques ou différentes. Les paires *visuellement identiques* comprenaient les mêmes lettres présentées sous la même apparence physique (p. ex. hiLe/hiLe), alors que les paires *visuellement différentes* pouvaient être de trois types : condition IAL (paires de lettres ayant la même identité mais qui diffèrent au niveau de la casse ; p. ex. hILe/HiLE), condition phonologie identique (paires de lettres différentes produisant le même son ; p. ex. hILe/HyLE) et condition phonologie différente (paires de lettres différentes ne produisant pas le même son ; p. ex. HiLE/HULE). Les résultats montrent que les participants prenaient significativement plus de temps pour juger que les paires de la condition IAL étaient visuellement différentes comparativement aux deux conditions phonologiques. Les auteurs ont interprété ce temps supplémentaire comme un indicateur que les lettres auraient été comparées au niveau de

leur identité, et non pas en fonction de leurs caractéristiques visuelles. Il serait difficile de répondre « *visuellement différent* » pour les suites de lettres variant de casse (p. ex. hILe/HilE) puisqu'elles sont traitées comme étant identiques au niveau de leur identité (IAL). Ainsi, il a été avancé que les IAL s'activeraient automatiquement dans le processus d'identification des lettres, même lorsque cela nuit à la performance, comme pour cette tâche demandant une comparaison strictement visuelle. Le délai de réponse viendrait du temps nécessaire pour inhiber cette activation des IAL, et ensuite déterminer si visuellement les lettres sont identiques ou non. Par ailleurs, les temps de réaction étaient équivalents entre les conditions phonologiques. Ceci suggère que le délai de réponse précédemment exposé ne serait pas attribuable à la similarité phonologique entre les paires de la condition IAL. Ainsi, cette étude avance que l'identification des lettres reposerait sur l'activation automatique de représentations abstraites des lettres, qui sont ni visuelles, ni phonologiques.

Kinoshita et Kaplan (2008) ont étudié les IAL avec des lettres isolées afin de contrôler l'implication possible des représentations lexicales et sémantiques dans la reconnaissance des mots. Dans cette étude, une tâche d'amorçage masqué avec des lettres isolées a été utilisée afin d'examiner si les représentations des lettres sont dépendantes ou indépendantes de leur apparence physique. Une lettre de référence est présentée aux participants, à laquelle s'ajoute séquentiellement une brève présentation d'une lettre (amorçage), puis d'une lettre cible. Les lettres de référence et d'amorçage apparaissent toujours dans la casse opposée aux lettres cibles. Les lettres amorces peuvent être de la même lettre (A-A-a) ou d'une lettre différente de la cible (A-B-a). Certaines paires amorçage-cible avaient des formes minuscules/majuscules visuellement semblables (c/C, x/X) et d'autres dissemblables (a/A, r/R). Les participants adultes devaient juger si les lettres de référence et cible avaient la même identité ou non. Les résultats suggèrent que le fait d'avoir

brièvement vu une amorce de la même identité facilite l'appariement de la cible à la lettre de référence, même si l'amorce et la cible n'apparaissent pas sous la même casse. Ces effets ne seraient pas attribuables à la similarité visuelle entre les paires de lettres, compte tenu du fait que les participants ont répondu que les paires avaient la même identité aussi rapidement pour les paires visuellement semblables (c/C) que dissemblables (r/R) entre casse. Ces résultats suggèrent donc que l'identification des lettres ne serait pas basée sur les aspects visuels mais plutôt sur les IAL. L'existence des IAL est d'ailleurs supportée par plusieurs autres études comportementales (Arguin et Bub, 1995; Carreiras et al., 2012; Evett et Humphreys, 1981; Humphreys et al., 1990).

Les études s'intéressant au développement des IAL suggèrent que les apprenti-lecteurs seraient sensibles aux différentes formes visuelles des lettres et des mots alors que les représentations des lettres deviendraient de plus en plus abstraites avec l'expérience en lecture (Gomez et Perea, 2020; McFarland et al., 1978; Perea et al., 2013). Les représentations des lettres atteindraient un niveau de maturité comparable à celui de l'adulte après environ deux ans d'apprentissage formel de la lecture (Biggsby, 1990; Perea et al., 2015; Thompson, 2009). Perea et al. (2015) ont exploré la nature développementale des IAL dans une écriture latine (espagnol), en intégrant trois groupes de lecteurs : *débutants* (7 ans), *intermédiaires* (9 ans) et *avancés* (adultes). Ils ont employé un paradigme d'amorçage masqué avec une tâche de décision lexicale (*le mot cible est-il un mot en espagnol?*). Les participants se faisaient présenter des mots et des pseudo-mots cibles (toujours en majuscule). Parmi les stimuli cibles, certains étaient des mots dont les formes minuscules/majuscules sont visuellement semblables (p. ex. vivo/VIVO) ou dissemblables (p. ex. arte/ARTE). Le stimulus cible était précédé d'une amorce présentée brièvement, qui pouvait être : 1) le même mot que la cible, de la même casse (p. ex. amorce : ARTE - cible : ARTE), 2) le même mot que la cible, de la casse inverse (p. ex. arte-ARTE), 3) un autre mot que la cible (p. ex. ALTA-

ARTE) ou 4) un pseudo-mot (p. ex. ETDA-ARTE). Chez les lecteurs débutants, un effet d'amorçage basé sur l'identité des lettres a été observé uniquement pour les mots dont les formes majuscules/minuscules sont semblables. Ainsi, pour les mots semblables, la décision lexicale était plus rapide lorsque la cible était précédée par la présentation du même mot (peu importe la casse ; vivo-VIVO = VIVO-VIVO) que d'un autre mot. Toutefois, pour les mots dissemblables, la présentation du mot en minuscule n'a pas du tout facilité l'activation du mot cible (ARTE-ARTE > arte-ARTE), au même titre que la présentation de mots complètement différents. Ainsi, les effets d'amorçage observés chez les lecteurs débutants seraient dus à la similarité visuelle entre les mots plutôt qu'à l'activation d'une identité commune, ce qui suggère qu'ils n'ont pas développés d'IAL. Les lecteurs intermédiaires et adultes ont, quant à eux, montré des effets positifs d'amorçage avec la présentation du mot en casse inverse également pour les mots dissemblables (ARTE-ARTE = arte-ARTE), ce qui exigerait d'avoir des IAL. Ainsi, cette étude suggère que les IAL ne seraient pas encore complètement développées chez les enfants de 7 ans, mais que des représentations abstraites comparables à celles des adultes seraient présentes déjà deux ans plus tard, chez des enfants de 9 ans. Une étude similaire conduite auprès d'enfants dans un système d'écriture arabe suggère que les enfants d'environ 8 ans auraient développé des représentations abstraites des lettres (Perea et al., 2013). D'ailleurs, l'âge d'atteinte de la maturité des IAL coïncide avec l'âge auquel les inversions de lettres diminuent et que la lecture devient plus fluide (Terepocki et al., 2002; Ziegler et Goswami, 2005). Les inversions de lettres, communes chez les apprenti-lecteurs, témoigneraient de représentations instables des lettres, gouvernées par les caractéristiques visuelles (Terepocki et al., 2002).

Différentes études ont permis d'identifier les bases cognitives du processus d'identification des lettres et des IAL. Les études employant des techniques de potentiels évoqués (PE) suggèrent

que le traitement cognitif des lettres serait hiérarchique, passant par des niveaux de représentations de plus en plus abstraits (voir Figure 1) (Carreiras et al., 2013; Chauncey et al., 2008; Grainger et al., 2008; Petit et al., 2006; Vergara-Martínez et al., 2015). Les techniques de PE permettent de déterminer le déroulement temporel des différents stades impliqués dans le traitement des lettres à partir de la présentation d'un mot écrit. Dès les 100 ms suivant la présentation du mot écrit, le cortex visuel primaire du lobe occipital serait activé (Madec et al., 2012; Petit et al., 2006; Rey et al., 2009). Au début du traitement visuel de bas niveau, les propriétés physiques simples (lignes, courbes, angles, etc.) seraient extraites, puis combinées pour créer une seule forme (Caramazza et Hillis, 1990). Les représentations de forme de caractère, correspondants à de vraies lettres, activeraient ensuite les allographes emmagasinés dans la mémoire à long terme (vers 150 ms) (Petit et al., 2006; Schubert et McCloskey, 2013). Les allographes sont des représentations invariantes à la forme des lettres, mais spécifiques à la casse (les majuscules et minuscules activent différents allographes ; Schubert et McCloskey, 2013). Finalement, les allographes activeraient les IAL, qui sont des représentations de l'identité de la lettre invariantes à la forme et à la casse. Les IAL seraient activées vers 220 ms suivant la présentation du mot écrit (Petit et al., 2006). Cette activation se retrouverait dans les gyrus fusiforme gauche moyen et parahippocampique de la voie ventrale du système visuel (Dehaene et al., 2004; Polk et Farah, 2002; Rothlein, 2015; Rothlein et Rapp, 2014). Plusieurs études en neuroimagerie ont démontré que ces régions sont insensibles aux caractéristiques visuelles, phonologiques et motrices des lettres, et donc abstraites (Burgund et al., 2009; Polk et Farah, 2002; Wimmer et Ludersdorfer, 2018). Ces régions sont juxtaposées à l'*Aire de la forme visuelle des mots*, située dans le gyrus fusiforme gauche, reconnue comme étant spécialisée dans la reconnaissance visuelle des formes des mots comme son nom l'indique (Cohen et al., 2002; Dehaene et Cohen, 2011). Cette co-localisation cérébrale supporte l'hypothèse du rôle

fonctionnel des IAL en lecture (Finkbeiner et Coltheart, 2009; Rothlein et Rapp, 2014). Par ailleurs, les IAL sont des représentations amodales, c'est-à-dire qu'elles sont activées par plusieurs modalités d'entrée (visuelle, auditive, motrice, etc. ; Rothlein, 2015).

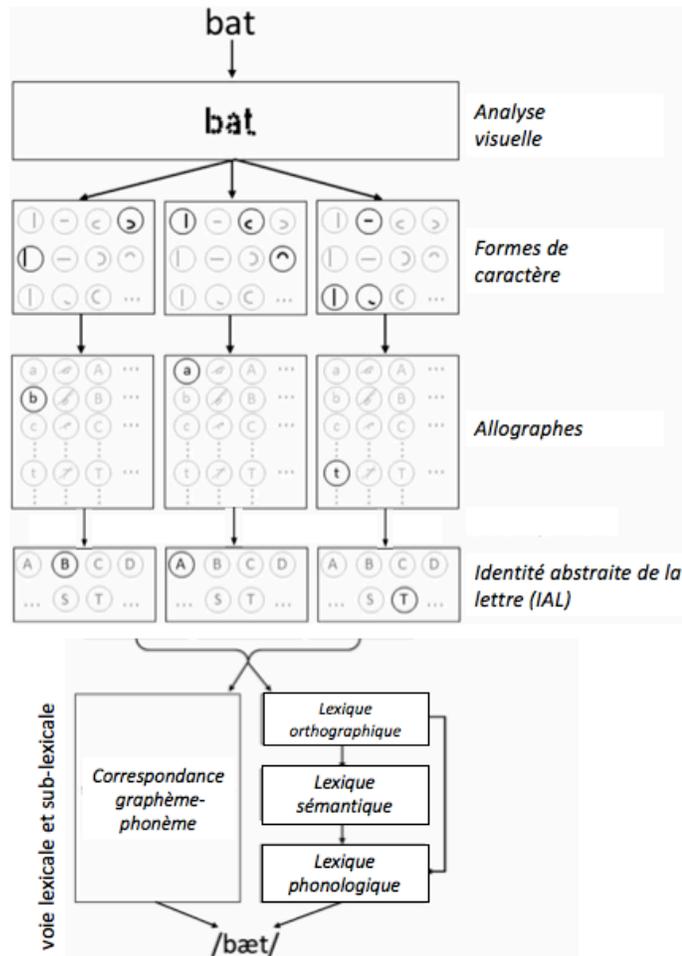


Figure 1. Théorie de lecture de mots, incluant les processus prélexicaux ; adapté de McCloskey et al. (2013). Traduction libre.

Des études neuropsychologiques portant sur des patients ayant des troubles de la lecture permettent de distinguer les différents niveaux d'abstraction des représentations de lettres. Plusieurs études ont rapporté des patrons d'atteintes cognitives similaires chez des patients présentant une alexie, suite à un accident vasculaire cérébral provoquant des lésions dans les régions occipito-temporales gauches (Friedmann et al., 2012; Miozzo et Caramazza, 1998; Rapp

et Caramazza, 1989; Schubert et McCloskey, 2013). Les difficultés de lecture chez ces patients alexiques découleraient d'un déficit d'identification des lettres. Les erreurs de lecture seraient principalement des substitutions de lettres visuellement proches, touchant les deux voies de lecture. L'analyse détaillée de leurs profils permet de cerner plus précisément la nature de l'atteinte, soit au niveau de l'activation des IAL à partir des allographes. Les difficultés d'identification de lettres ne seraient pas dues à des problèmes de perception visuelle puisque les patients sont en mesure de dire que des suites de lettres et de pseudo-lettres (ne variant pas de casse) sont les mêmes. Ils seraient également capables de discriminer avec précision une lettre d'une pseudo-lettre, ce qui atteste de l'intégrité du niveau des allographes. Toutefois, les patients auraient d'importantes difficultés de dénomination visuelle de lettres et ne seraient pratiquement pas en mesure d'apparier les formes majuscules et minuscules d'une lettre sous la même identité. Ces différentes opérations demandent l'intervention des IAL, ce qui suggère que les patients alexiques ont des atteintes à ce niveau. Toutefois, il semblerait que leurs déficits relèveraient plutôt d'une atteinte dans l'accès aux IAL à partir des allographes, puisque ces deux niveaux de représentations seraient en soi préservés. En effet, le niveau des IAL serait intact chez les patients alexiques puisqu'ils parviennent sans difficulté à nommer des mots épelés oralement. Leur capacité à identifier les lettres et à les assembler pour retrouver la représentation de mots irréguliers et de pseudo-mots épelés oralement permet de croire que les IAL ainsi que les voies lexicales et sub-lexicales sont préservées. Ainsi, cette importante dissociation inter-modale (visuelle vs auditive) des capacités d'identification des mots suggère que les représentations abstraites des lettres seraient intactes, mais que leur activation visuelle serait déficitaire chez certains patients alexiques.

Brunsdon et al. (2006) a rapporté un profil d'atteintes très semblable à celui des adultes alexiques chez un enfant ayant une dyslexie développementale. Cet enfant avait une atteinte d'accès aux IAL qui rendait quasi-impossible la lecture de mots irréguliers et de pseudo-mots. Ces déficits étaient sévères et ont persistés malgré des interventions visant directement le développement des IAL et l'apprentissage du son des lettres. De plus, une étude explorant le processus d'identification des lettres chez des enfants normolecteurs et dyslexiques concluait que les IAL seraient nécessaires à la lecture puisque des déficits d'accès aux IAL étaient présents seulement chez les enfants ayant une dyslexie (Biggsby, 1990).

Ainsi, différents types d'évidences suggèrent que l'identification des lettres passerait par des niveaux de représentations de plus en plus abstraits ; de l'analyse visuelle à des représentations invariantes à la forme (allographes), puis invariantes à la casse (IAL). L'activation de séquences d'IAL serait le point d'entrée aux voies de la lecture de mots. L'acquisition des IAL serait essentielle au développement d'une lecture fluide.

Perception catégorielle

Les IAL sont des catégories conceptuelles qui permettent d'identifier une lettre sous ses différentes formes visuelles, tout en discriminant les lettres visuellement semblables. L'identification de lettres est donc un processus de catégorisation ; une large variété de formes visuelles regroupées en 26 catégories distinctes (Schubert, 2015). Par exemple, à force de classer *B* et *b* dans une même catégorie (sous la même IAL), celles-ci sont perçues comme étant plus similaires que *B* et *p*, malgré que leurs différences physiques soient équivalentes (Lupyan et al., 2010; Wiley et al., 2016). La perception des lettres de bas niveau serait donc influencée par les catégories abstraites des lettres (IAL), ce qui s'inscrit dans le phénomène de perception catégorielle (Goldstone et Hendrickson, 2010; Harnad, 1987).

La perception catégorielle (PC) est un phénomène par lequel la perception est influencée par les catégories que la personne possède (Goldstone et Hendrickson, 2010). La PC implique donc une interaction entre les systèmes conceptuels de haut niveau et les systèmes perceptuels de plus bas niveau. Des tâches de classification et de discrimination sont utilisées conjointement pour démontrer la présence de PC (Harnad, 1987). Une tâche de classification implique d'identifier à quelle catégorie appartient un stimulus. Quant à elle, la tâche de discrimination consiste à déterminer si deux stimuli sont identiques ou différents. Il y a PC lorsque des stimuli, variant de façon continue selon une dimension le long d'un continuum, sont perçus comme appartenant à des catégories distinctes (Goldstone et Hendrickson, 2010). Les membres de différentes catégories semblent plus différents (*séparation inter-catégorielle*) et les membres d'une même catégorie semblent plus similaires (*compression intra-catégorielle*), alors que ce n'est pas ce qui serait attendu strictement sur la base de leurs caractéristiques physiques (Harnad, 1987).

La PC a été étudiée pour la première fois avec les sons de la parole par Liberman et al. (1957). Ceux-ci ont démontré que certains phonèmes comme les consonnes (p. ex. /b/ et /d/) sont perçus de façon catégorielle. Toute une gamme de sons acoustiquement différents serait perçue comme étant un même phonème, puisque le sujet ne distingue pas, ou très difficilement, les variations acoustiques (allophones) d'une même catégorie phonémique (*compression intra-catégorielle*). La PC réside dans le fait que des différences acoustiques de même amplitude ne sont perçues que si elles appartiennent à deux catégories phonémiques distinctes (*séparation inter-catégorielle*).

La PC des phonèmes serait nécessaire au développement des habiletés de lecture. Le fait de ne pas percevoir les variations acoustiques (allophones) d'un phonème, mais plutôt les phonèmes comme tels, aurait une implication fonctionnelle pour la lecture. Pour apprendre à lire

(relier les graphèmes à leurs phonèmes correspondants), il est essentiel d'acquérir des catégories phonémiques bien définies et stables (Bogliotti, 2003; Delahaie et al., 2004). D'ailleurs, les enfants ayant une dyslexie auraient un déficit de PC des phonèmes se manifestant par une faible discriminabilité des différences acoustiques entre les catégories phonémiques et par une discriminabilité accrue des différences intra-catégorielles (allophones) (Serniclaes et al., 2001; Sprenger-Charolles et Serniclaes, 2004). La dyslexie serait donc associée à un mode de perception des sons de la parole basé sur les allophones plutôt que sur les phonèmes (Serniclaes et Seck, 2018). Ainsi, les enfants ayant une dyslexie n'auraient pas de catégories phonémiques clairement définies ce qui entraînerait des obstacles importants dans l'établissement des CGP en lecture.

Certains arguments en faveur d'une PC des graphèmes ont été avancés, bien que la question demeure peu étudiée. Yasuhara et Kuklinski (1978) semblent les premiers à avoir fourni certaines évidences de PC des graphèmes chez l'adulte. Ils ont employé un continuum allant d'un prototype de la lettre « V » à un prototype de la lettre « X », sur lequel 16 stimuli varient graduellement selon la localisation de l'intersection entre les deux lignes constituant le caractère. En tâche de classification, les participants ont perçu les stimuli comme appartenant à l'une ou l'autre des catégories graphémiques (V ou X). Une frontière catégorielle nette entre les deux catégories a été observée. En tâche de discrimination, un pic de discrimination a été obtenu à la frontière catégorielle. Pour des différences physiques équivalentes, des stimuli de part et d'autre de la frontière catégorielle étaient plus facilement discriminés que des membres d'une même catégorie graphémique. Ceci suggère que les graphèmes sont perçus de façon catégorielle. De plus, la PC des graphèmes semble se produire à travers les systèmes d'écriture, puisqu'elle a également été observée avec des caractères chinois (Yang et Wang, 2018). Cette étude explorait les différences de PC entre des participants adultes de deux écritures chinoises (*chinois traditionnel* et *chinois*

simplifié) afin de déterminer si l'expérience avec un système d'écriture influence la perception des caractères. Les résultats de classification et de discrimination suggèrent que les deux groupes percevraient les caractères chinois de façon catégorielle, mais à différents degrés. Une plus grande sensibilité aux différences visuelles a été observée chez le groupe *chinois simplifié* comparativement au groupe *chinois traditionnel*. Les auteurs ont avancé que la complexité des caractéristiques visuo-orthographiques entre les systèmes d'écriture aurait un impact sur le système perceptuel, puisque les caractères chinois simplifiés, de par leurs caractéristiques visuelles plus restreintes, exigeraient des habiletés de discrimination visuelle plus sensibles afin d'être en mesure de distinguer des lettres visuellement semblables. L'identification des caractères du chinois traditionnel, étant visuellement très différents les uns des autres, n'exigerait pas le même degré d'invariance des représentations de caractères.

L'étude de McIntyre et Di Lollo (1991) soutient également que les graphèmes sont perçus de façon catégorielle. Dans cette étude conduite auprès de participants adultes, un même stimulus (trait vertical) était présenté dans trois contextes différents : contexte géométrique (ajout d'un \wedge au milieu du trait vertical, variant de hauteur) ; contexte de lettre isolée (lettres formées à partir du trait vertical et d'un \cap , n et h en fonction de la longueur du trait vertical) et contexte lexical (lettres n et h dans des mots ; p. ex. *hot / not*). Les résultats de cette étude suggèrent qu'un stimulus (trait vertical) serait perçu différemment selon le contexte dans lequel il apparaît, c.-à-d. s'il est imbriqué dans une forme géométrique, dans une lettre isolée ou dans un mot. Le trait vertical serait perçu de façon continue dans le contexte géométrique et de façon catégorielle en contexte de lettres et de mots. Cette étude suggère donc qu'un stimulus serait perçu de façon continue à un niveau sensori-perceptuel (contexte géométrique), alors que la perception deviendrait catégorielle

lorsqu'un stimulus représente un concept de haut niveau (lettres et mots). Les graphèmes seraient donc perçus de façon catégorielle en raison de la nature symbolique de leur représentation.

Objectifs et hypothèses

Bien que certaines études proposent des arguments en faveur d'une PC des graphèmes, celles-ci comportent plusieurs limites, notamment des échantillons de très petites tailles. La PC des graphèmes n'a d'ailleurs jamais été étudiée chez les enfants, ni explicitement mise en lien avec les habiletés de lecture. La présente étude vise donc à explorer la perception des lettres chez les enfants afin de vérifier si elle est catégorielle² et, le cas échéant, à explorer la relation entre les habiletés de catégorisation visuelle des lettres et les habiletés de lecture. Comme rien ne nous porte à croire qu'il y aurait une grande différence entre les lecteurs adultes et enfants, nous nous attendons à ce que les lettres soient perçues de façon catégorielle chez les enfants. La maturité des IAL déjà atteinte chez les enfants d'âge scolaire primaire permet de supposer que ces catégories conceptuelles influenceront la perception des lettres chez l'enfant, de façon à ce que les formes visuelles d'une même identité soient moins perceptibles qu'entre les différentes catégories. De plus, par analogie à la PC des phonèmes, il apparaît raisonnable de croire qu'une PC des lettres basée sur des représentations invariantes (IAL) soit elle aussi nécessaire à la lecture et participe à

² Le terme « PC des lettres » sera utilisé dans cette étude plutôt que le terme « PC des graphèmes » employé dans les études antérieures. Il nous semblait plus approprié d'utiliser le terme « PC des lettres », puisque les IAL sont des représentations des lettres et non des graphèmes. De plus, les IAL (ou les lettres) seraient communes aux deux voies de la lecture, alors que les graphèmes n'interviendraient que dans la voie sub-lexicale (Coltheart et al., 2001; Perry et al., 2007).

l'étape d'entrée des voies de la lecture (McClelland et Rumelhart, 1981). Il est donc attendu que le degré de PC des lettres soit lié aux habiletés de lecture de mots irréguliers et de pseudo-mots.

Méthodologie

Participants

Soixante dix-huit enfants de la 2^e à la 6^e année du primaire ont participé à l'étude. Pour être éligibles, ils devaient (1) avoir le français comme langue maternelle et d'enseignement ; (2) n'avoir aucun échec scolaire ; (3) ne pas recevoir d'interventions visant le langage écrit et (4) ne pas avoir de diagnostic de trouble neurodéveloppemental (p. ex. trouble du déficit de l'attention / hyperactivité, trouble d'apprentissage, etc.) ou de santé mentale (p. ex. trouble anxieux). Les enfants ayant obtenu des scores à plus de deux écarts-types sous la moyenne de leur groupe d'âge aux mesures de lecture de texte et d'estimés du niveau d'aptitude verbale et non-verbale ont été exclus (voir *Mesures*).

L'échantillon final était constitué de 69 enfants âgés entre 7 et 12 ans ($M = 9,68$, $É.-T. = 1,38$). Un total de neuf enfants a été retiré de l'échantillon ; soit deux enfants sur la base de l'estimé du niveau d'aptitude verbal/non-verbal, deux enfants pour leur habileté de lecture de texte, cinq enfants pour leurs résultats extrêmes aux tâches de Catégorisation visuelle des lettres (voir *Mesures*). Les caractéristiques socio-démographiques de l'échantillon sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1

Caractéristiques sociodémographiques (n = 69)

	<i>n</i>	%
Genre		
Garçon	34	49,28
Fille	35	50,72
Niveau scolaire		
2 ^e année	11	15,94
3 ^e année	20	28,99
4 ^e année	15	21,74
5 ^e année	13	18,84
6 ^e année	10	14,49
Dominance manuelle		
Droitiers	62	89,86
Gauchers	7	10,14

Procédures

Les participants ont été recrutés, sur une base volontaire, dans des écoles et des camps de jour de la grande région de Montréal. Ils ont été rencontrés à domicile ou à l'Université de Montréal par un membre du laboratoire, étudiant au baccalauréat en psychologie ou au doctorat en neuropsychologie, formé à l'administration des tests. Un questionnaire sociodémographique a été complété par les parents et différents tests ont été administrés aux participants, toujours dans le même ordre, afin d'explorer la PC des lettres et d'évaluer les habiletés de lecture (voir *Mesures*).

Une compensation financière de 15\$ leur a été remise à la fin de l'évaluation. Puis, une double vérification de la cotation des épreuves a été faite par les membres de l'équipe de recherche. La présente étude a reçu une approbation éthique par le Comité d'éthique de la recherche en arts et en sciences (CÉRAS) de l'Université de Montréal (n° de certificat : CERAS-2015-16-080-P).

Mesures

Mesures d'éligibilité. L'Alouette-R (Lefavrais, 2005) a été utilisée comme mesure contrôle du niveau de lecture de texte pour l'inclusion des participants à l'étude. Il s'agit d'une épreuve chronométrée évaluant la précision et la vitesse de lecture de texte. Les indices de précision et de vitesse de lecture ont été pondérés en fonction du niveau scolaire. Puis, les sous-tests *Vocabulaire* et *Matrices* du test d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents (WISC-IV-CDN; Wechsler, 2005) ont respectivement été utilisés afin d'estimer le niveau d'aptitude verbale et non-verbale. Ces sous-tests ont été retenus puisqu'ils sont ceux qui sont les mieux corrélés à leurs indices respectifs. Des corrélations significatives sont retrouvées entre le sous-test *Vocabulaire* et l'indice de Compréhension verbale (0,77), et le sous-test *Matrices* et l'indice de Raisonnement perceptif (0,54). Ces estimés ont permis de contrôler le niveau d'aptitude verbale et non-verbale dans l'inclusions des participants.

Catégorisation visuelle des lettres. La PC des lettres a été évaluée à partir de tâches informatisées développées au Laboratoire d'études en neuropsychologie de l'enfant et de l'adolescent (LÉNEA). Il s'agit de tâches de discrimination et de classification conçues avec les lettres miroirs d et b. Ces tâches sont basées sur un continuum de 10 stimuli (S) (cinq exemplaires de chaque lettre : « d » de S1 à S5 et « b » de S6 à S10; voir Figure 2). Les stimuli ont été créés à partir d'un trait vertical (hauteur de 5 cm) et d'une boucle (\subset / \supset). La largeur de la boucle (distance entre le trait vertical et l'apex de la boucle) était de 2,1 cm aux extrémités du continuum (S1 et

S10) et de 1,4 cm au centre du continuum (S5 et S6), avec une variation de 0,175 cm entre chaque stimuli.

Ces tâches ont été administrées sur des ordinateurs portables avec le logiciel E-Prime v2.0. Les participants se situaient à environ 50 cm de l'écran (résolution 1920 x 1080 pixels par pouce). La durée était d'environ 10 minutes.

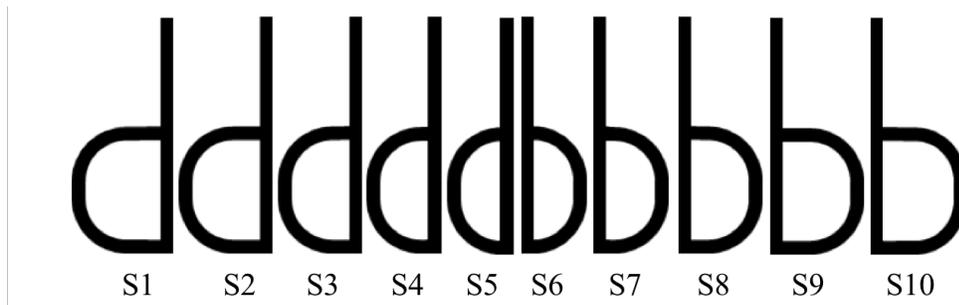


Figure 2. Continuum de stimuli utilisé dans les tâches de catégorisation visuelle.

Tâche de classification. Une tâche de classification a été utilisée pour explorer les habiletés d'identification des lettres b et d. Des lettres apparaissaient une à la fois au centre de l'écran, et le participant devait indiquer le plus rapidement possible s'il s'agissait d'un « d » ou d'un « b » en appuyant sur une touche du clavier. S2 à S9 ont été présentés aléatoirement huit fois chacun, pour un total de 64 essais. S1 et S10 ont été utilisés à titre d'exemple lors des consignes. La tâche a été précédée d'une session de pratique (10 essais aléatoires) avec rétroaction (Correct/Incorrect). Un point de fixation (*) apparaissait au centre de l'écran entre chaque essai, suivi des stimuli qui demeuraient à l'écran jusqu'à ce qu'une réponse soit donnée. Les touches de réponse sur le clavier (S ou L) représentant le « b » ou le « d » ont été contrebalancées aléatoirement entre les participants ; par exemple, une réponse « d » était représentée par la touche S pour certains, et par la touche L pour d'autres participants. Un indice de précision global de classification a été mesuré

pour l'ensemble du continuum (pourcentage de bonnes réponses pour les 64 essais). Les participants ayant une précision globale de classification à trois écarts-types en dessous de la moyenne de tous les participants ont été retirés ($n = 2$).

Tâche de discrimination. Une tâche de discrimination a été employée afin d'évaluer les habiletés de discrimination visuelle des lettres. Des paires de stimuli apparaissaient à l'écran et le participant devait appuyer le plus rapidement possible sur une touche du clavier afin d'indiquer si ces deux stimuli étaient physiquement identiques ou différents. S1 et S10 n'ont pas été inclus dans la tâche de discrimination, afin de limiter le nombre d'essais. Chaque paire était présentée quatre fois, aléatoirement, pour un total de 32 paires « identiques » (p. ex. S2-S2, S3-S3) et 28 paires « différentes » (stimuli adjacents sur le continuum, pour un total de sept combinaisons différentes ; p. ex. S2-S3, S8-S9). La discrimination devait être strictement visuelle, et non conceptuelle ; les participants devaient répondre « différent » s'il y avait une variation visuelle entre des exemplaires d'une même identité de lettre. La tâche de discrimination a été précédée de 10 essais aléatoires de pratique avec rétroaction (Correct/Incorrect). Entre chaque essai, un point de fixation (*) apparaissait au centre de l'écran, suivi des stimuli. Les stimuli demeuraient à l'écran jusqu'à ce qu'une réponse soit donnée. Les touches de réponse sur le clavier (S et L) ont été contrebalancées aléatoirement entre les participants ; par exemple, la réponse « différent » était représentée par la touche S pour la moitié de l'échantillon et par la touche L pour l'autre.

La précision de discrimination a été représentée par l'indice *d-prime* (d') qui offre une mesure de sensibilité indépendante des biais de réponses (Stanislaw et Todorov, 1999). Le d' représente la différence (en score z) entre les détections correctes (DC), c.-à-d. la proportion de réponses « Différent » aux paires différentes, et les fausses alarmes (FA), c.-à-d. la proportion de réponses « Différent » aux paires identiques (Green et Swets, 1966). Les proportions extrêmes (0

ou 1) ont respectivement été converties à $0,5/\text{nombre d'essais}$ et $(\text{nombre d'essais}-0,5)/\text{nombre d'essais}$ (Macmillan et Kaplan, 1985). Un d' a été calculé pour chaque paire, pour chaque participant. Les participants dont le d' moyen (pour les sept paires du continuum) était négatif ont été retirés ($n = 3$). Un d' de 0 représente une performance au seuil de la chance, et donc un d' négatif suggère une confusion de réponses ou une mauvaise compréhension des consignes (Stanislaw et Todorov, 1999).

Habiletés de lecture. Les habiletés de lecture de mots isolés ont été mesurées à partir du sous-test *Lecture de mots et de pseudo-mots* du Test d'évaluation du langage écrit québécois (TELEQ ; Laniel et al., 2020). Il s'agit de listes de 39 mots irréguliers et de 40 pseudo-mots pour lesquelles la précision et la vitesse de lecture ont été évaluées. Le temps de lecture a été chronométré par les évaluateurs formés. Les tâches de lecture ont été enregistrées afin d'obtenir un accord inter-juges quant à la précision et la vitesse de lecture. Les habiletés phonologiques ont été mesurées avec le sous-test *Identification de la consonne initiale* de la Batterie Analytique du Langage Écrit (BALE ; Jacquier-Roux et al., 2010). Ce test permet d'analyser la discrimination auditive donnant accès aux phonèmes.

Analyses

Pour que les lettres b-d soient perçues de façon catégorielle, la discrimination des paires inter-catégorielles doit être supérieure à la discrimination des paires intra-catégorielles. Ainsi, les paires ont été réparties en deux types : inter-catégorielle (S5-S6) et intra-catégorielles (moyenne de d' des paires S2-S3, S3-S4, S4-S5, S6-S7, S7-S8 et S8-S9). Une ANOVA à mesures répétées des indices de discrimination en fonction du type de paires (inter- vs intra-catégorielles) a été effectuée.

Puis, afin d'observer si les habiletés de PC des lettres sont liées aux habiletés de lecture, un *indice de PC* représentant une mesure globale de perception catégorielle a été calculé. Il s'agit de l'écart entre le d' de la paire inter-catégorielle et la moyenne des d' des paires intra-catégorielles. Un écart élevé représente une facilité à discriminer les membres de catégories distinctes comparativement à des membres d'une même catégorie. Puis, des corrélations partielles ont été faites entre l'indice de PC et les mesures de lecture (précision et vitesse), en contrôlant pour les habiletés phonologiques. Cette mesure contrôle a été ajoutée puisque le son des lettres pourrait avoir influencé la nature du jugement en tâche de discrimination (Miller et Vaknin, 2012). Comme les lettres d'une même identité produisent le même son, le rapprochement intra-catégoriel pourrait être de nature phonologique. De plus, les habiletés phonologiques ont été contrôlées puisqu'elles sont fortement liées aux habiletés de lecture (Badian, 2005).

Résultats

Afin d'explorer le mode de perception des lettres, les résultats aux tâches de classification et de discrimination sont d'abord présentés. La tâche de classification a été réussie par tous les participants avec une précision moyenne de 96,30% ($\bar{E.-T.} = 3,89$). Il n'y avait pas de différences significatives de précision de classification entre les niveaux scolaires. Ainsi, les participants n'ont pas eu de difficulté à classer les lettres dans leur catégorie. Cette mesure ne sera donc pas utilisée pour les analyses subséquentes.

La Figure 3 présente la moyenne des scores de discrimination (d') par paire sur le continuum. Les résultats indiquent un pic de discrimination à la paire inter-catégorielle (S5-S6). L'ANOVA à mesures répétées révèle une différence significative entre les indices de discrimination en fonction du type de paires (inter vs intra). L'indice de discrimination de la paire

inter-catégorielle ($M = 1,40$, $\acute{E}.-T. = 1,05$) est significativement plus élevé que celui des paires intra-catégorielles ($M = 1,14$, $\acute{E}.-T. = 0,54$) ; $F(1, 68) = 4,076$, $p = 0,04$, $\eta^2 = 0,06$.

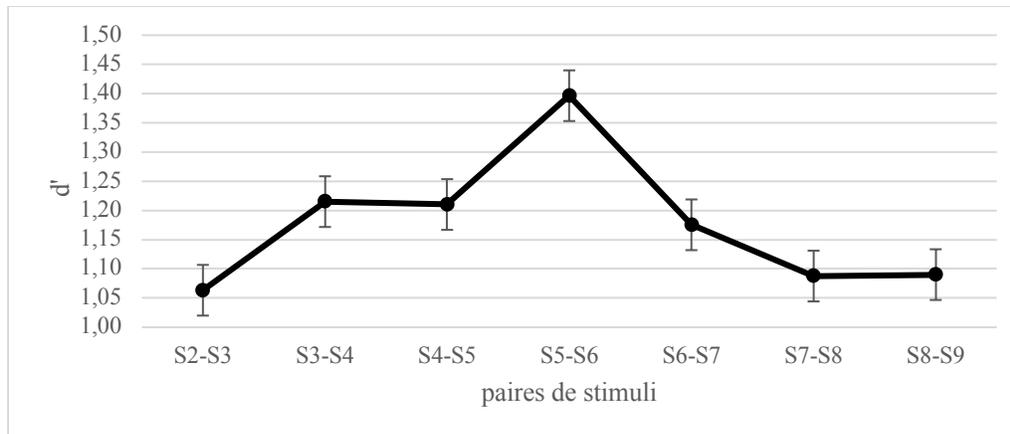


Figure 3. Hâbiletés de discrimination sur le continuum.

Les résultats aux tâches de lecture sont présentés dans le Tableau 2. La relation entre les hâbiletés de PC des lettres et les hâbiletés de lecture a été explorée à l'aide de corrélations partielles avec la mesure d'hâbiletés phonologiques en covariable. L'indice de PC des lettres est positivement lié à la précision ($r = 0,25$, $p = 0,038$) et négativement lié à la vitesse de lecture de mots irréguliers ($r = -0,27$, $p = 0,027$). Il n'y a pas de relation significative entre l'indice de PC des lettres et la lecture de pseudo-mots, tant au niveau de la précision ($r = 0,07$, $p = 0,567$) que de la vitesse ($r = -0,21$, $p = 0,089$).

Tableau 2

Résultats aux tâches de lecture (n = 69)

	<i>M</i>	<i>É.-T.</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Lecture de mots irréguliers				
Précision (%) ^{1,2}	90,74	9,86	54,00	100,00
Vitesse (sec) ^{1,2}	37,68	18,60	16,51	137,68
Lecture de pseudo-mots				
Précision (%) ^{1,2}	78,65	11,23	50,00	95,00
Vitesse (sec) ^{1,2}	77,61	21,50	39,00	165,00
Habiletés phonologiques (/10) ^{1,3}	8,96	1,51	3,00	10,00

Note. ¹Scores bruts ; ² Test d'Évaluation du Langage Écrit Québécois ; ³ Batterie Analytique du Langage Écrit

Discussion

Le but de cette étude était d'explorer si les lettres sont perçues de façon catégorielle chez l'enfant, en utilisant les lettres b-d comme étude de cas. Ceci a été vérifié en utilisant le paradigme de PC, soit des tâches de classification et de discrimination de lettres variant sur un continuum allant de la lettre d à la lettre b. Puis, nous voulions examiner s'il existe un lien entre cette PC des lettres et les habiletés de lecture chez les enfants. En premier lieu, nos participants semblent avoir développé de bonnes représentations catégorielles des lettres b et d, comme en témoignent les résultats quasi-parfaits à la tâche de classification. À la tâche de discrimination, un pic de discrimination a été observé à la frontière entre les deux catégories. Les différences physiques entre les lettres d'une même catégorie ont été plus difficilement discriminées qu'entre les lettres de catégories distinctes. Ces résultats s'inscrivent dans le phénomène de PC (Harnad, 1987) et sont

concordants avec les conclusions des études antérieures en PC des graphèmes chez l'adulte. La tâche de discrimination utilisée ne demandait pas d'identifier les lettres, mais seulement de les discriminer visuellement; les résultats obtenus suggèrent ainsi que les catégories conceptuelles de haut-niveau ont influencé la perception des lettres (Besner et al., 1984; Lupyan et al., 2010). Les catégories abstraites des lettres (IAL) semblent donc avoir influencé la perception des enfants à cette tâche, en réduisant les différences physiques perceptibles entre les lettres activant la même identité (Besner et al., 1984; Rothlein et Rapp, 2017). Ainsi, comme les présents résultats suggèrent que la perception des lettres serait influencée par un processus de plus haut niveau, il est possible de croire que des régions plus antérieures du système visuel soient impliquées dans l'identification abstraite des lettres tel qu'avancé dans les études sur l'*Aire de la forme visuelle des mots* (Dehaene et al., 2005).

Puis, il était attendu qu'une PC des lettres soit liée aux habiletés de lecture de mots irréguliers et de pseudo-mots. Les résultats indiquent que le degré de PC avec lequel les enfants traitent les lettres b-d est lié à leurs habiletés de lecture de mots irréguliers, en précision comme en vitesse de lecture. Ainsi, une PC élevée des lettres suppose que l'enfant a de bonnes représentations abstraites des lettres qui lui permettraient d'activer rapidement et précisément la représentation des mots irréguliers (des séquences d'IAL) dans son lexique orthographique. Toutefois, les résultats suggèrent l'absence d'un lien entre le degré de PC des lettres b-d et la précision en lecture de pseudo-mots. Il est possible que les représentations catégorielles des lettres n'impacteraient pas la précision de lecture de pseudo-mots puisque l'unité orthographique de la voie sub-lexicale serait le graphème, et non la lettre (IAL) (Perry et al., 2013; Rey et al., 2000). La lecture d'un pseudo-mot se ferait donc par CGP, en traitant les graphèmes (p. ex. ch) plutôt que les lettres isolées (c et h), afin d'activer les phonèmes correspondants. Cette activation de la

phonologie du mot à partir des graphèmes, plutôt que lettre-par-lettre, serait particulièrement importante dans les langues opaques (c.-à-d. dans lesquelles les correspondances sont plus ou moins directes entre l'orthographe et la phonologie). Malgré les résultats obtenus, il est possible de croire qu'une perception totalement non-catégorielle des lettres nuirait considérablement à la précision en lecture de pseudo-mots puisque certaines habiletés de discrimination visuelle basée sur les catégories sont nécessaires pour distinguer les lettres entre elles. Ainsi, les représentations catégorielles des lettres permettraient d'identifier les lettres et ensuite les regrouper en graphèmes (Perry et al., 2007). Une perception moins catégorielle des lettres n'impacterait possiblement pas directement la lecture de pseudo-mots, mais serait tout de même nécessaire pour accéder à l'unité fonctionnelle de la voie sub-lexicale, le graphème. Ceci peut d'ailleurs expliquer la relation modérée et approchant le seuil de signification entre le degré de PC des lettres et la vitesse de lecture de pseudo-mots que nous avons retrouvée. Il est possible que le fait d'avoir des représentations catégorielles des lettres facilite la discrimination des lettres entre elles et donc permette d'activer plus rapidement les graphèmes puis les phonèmes associés.

Toutefois, il est important d'interpréter les résultats avec prudence compte tenu que les habiletés visuelles n'ont pas été formellement évaluées et que le continuum utilisé ne présente pas d'ambiguïté quant à la catégorie d'appartenance des stimuli. Le fait que les différences physiques entre les stimuli composant la paire inter-catégorielle et les paires intra-catégorielles ne soient pas équivalentes a sans doute joué un rôle sur le degré de discrimination. Cependant, les résultats obtenus demeurent intéressants dans la mesure où les enfants ont montré une certaine difficulté à discriminer les différences physiques entre les membres d'une même catégorie. Il serait intéressant que la PC des lettres chez l'enfant soit revisitée dans de futures études, en employant un continuum de lettres où la frontière catégorielle est ambiguë (voir Gauthier et al., sous presse). En effet, il est

important d'employer des continuums ambigus afin que la variation visuelle sur le continuum soit continue, et que la frontière catégorielle ne soit pas déterminée par des catégories conceptuelles pré-établies (voir Blesser et al., 1974). De futures études pourraient également explorer le mode de perception des lettres d'enfants ayant une dyslexie et le comparer aux enfants sans trouble de lecture. Le déficit de PC des phonèmes est reconnu comme étant une cause de la dyslexie développementale, toutefois cette théorie ne permet pas d'expliquer tous les types de dyslexie, notamment la dyslexie lexicale (Castles et Coltheart, 1993). Il serait donc intéressant d'explorer l'idée qu'un déficit de PC des lettres puisse être en cause dans la dyslexie lexicale. Il est possible que des représentations instables des lettres, ou encore basées davantage sur les caractéristiques visuelles que sur l'identité abstraite, engendreraient des erreurs dans l'identification des lettres composant le mot, menant vers des difficultés d'apprentissage de la lecture. Les difficultés de lecture de mots irréguliers pourraient alors résulter du fait que cette combinaison erronée d'identités de lettres ne corresponde pas à l'adresse du mot dans le lexique orthographique.

La présente étude propose un appui d'une perception catégorielle des lettres chez l'enfant, et de sa relation avec les habiletés de lecture de mots. Une PC des lettres permettrait de discriminer visuellement les lettres entre elles et d'activer les représentations de mots dans le lexique orthographique. Ces résultats suggèrent que l'unité fonctionnelle de la lecture dépend de la voie empruntée : IAL en voie lexicale et graphème en voie sub-lexicale. La lecture ne reposerait pas strictement sur des habiletés phonologiques et visuelles, mais également sur des représentations abstraites ; ce qui permet de mieux comprendre les processus impliqués dans la lecture et ses troubles.

Références

- Allport, D., et Funnell, E. (1981). Components of the mental lexicon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 295(1077), 397-410. <https://doi.org/10.1098/rstb.1981.0148>
- Arguin, M., et Bub, D. (1995). Priming and Response Selection Processes in Letter Classification and Identification Tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(5), 1199-1219. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.5.1199>
- Badian, N. A. (2005). Does a visual-orthographic deficit contribute to reading disability? *Annals of dyslexia*, 55(1), 28-52. <https://doi.org/10.1007/s11881-005-0003-x>
- Besner, D., Coltheart, M., et Davelaar, E. (1984). Basic processes in reading: computation of abstract letter identities. *Canadian journal of psychology*, 38(1), 126-134. <https://doi.org/10.1037/h0080785>
- Bigby, P. (1990). Abstract letter identities and developmental dyslexia. *British Journal of Psychology*, 81(2), 227-263. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02358.x>
- Blesser, B., Shillman, R., Kuklinski, T., Cox, C., Eden, M., et Ventura, J. (1974). A theoretical approach for character recognition based on phenomenological attributes. *International Journal of Man-Machine Studies*, 6(6), 701-714. [https://doi.org/10.1016/S0020-7373\(74\)80033-7](https://doi.org/10.1016/S0020-7373(74)80033-7)
- Bogliotti, C. (2003). Relation between categorical perception of speech and reading acquisition. *15th International Congress of Phonetic Sciences*, 885-888.
- Brunsdon, R., Coltheart, M., et Nickels, L. (2006). Severe developmental letter-processing impairment: A treatment case study. *Cognitive Neuropsychology*, 23(6), 795-821. <https://doi.org/10.1080/02643290500310863>
- Burgund, E. D., Guo, Y., et Aurbach, E. L. (2009). Priming for letters and pseudoletters in mid-

- fusiform cortex: examining letter selectivity and case invariance. *Experimental Brain Research*, 193(4), 591-601. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1661-9>
- Caramazza, A., et Hillis, A. E. (1990). Levels of representation, co-ordinate frames, and unilateral neglect. *Cognitive Neuropsychology*, 7, 391-445. <https://doi.org/10.1080/02643299008253450>
- Carreiras, M., Perea, M., Gil-López, C., Abu Mallouh, R., et Salillas, E. (2013). Neural correlates of visual versus abstract letter processing in Roman and Arabic scripts. *Journal of cognitive neuroscience*, 25(11), 1975-1985. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00438
- Carreiras, M., Perea, M., et Mallouh, R. A. (2012). Priming of abstract letter representations may be universal: The case of Arabic. *Psychonomic Bulletin and Review*, 19(4), 685-690. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0260-8>
- Castles, A., et Coltheart, M. (1993). Varieties of developmental dyslexia. *Cognition*, 47(2), 149-180. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(93\)90003-E](https://doi.org/10.1016/0010-0277(93)90003-E)
- Chauncey, K., Holcomb, P. J., et Grainger, J. (2008). Effects of stimulus font and size on masked repetition priming: An event-related potentials (ERP) investigation. *Language and Cognitive Processes*, 23(1), 183-200. <https://doi.org/10.1080/01690960701579839>
- Cohen, L., Lehericy, S., Chochon, F., Lemer, C., Rivaud, S., et Dehaene, S. (2002). Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area. *Brain*, 125(5), 1054-1069. <https://doi.org/10.1093/brain/awf094>
- Coltheart, M. (1981). Disorders of reading and their implications for models of normal reading. *Visible Language*, 15(3), 245-286.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., et Haller, M. (1993). Models of Reading Aloud: Dual-Route and Parallel-Distributed-Processing Approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589-608.

<https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.4.589>

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., et Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological review*, *108*(1), 204-256.

<https://doi.org/10.1037//0033-295X.108.1.204>

Dehaene, S., et Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(6), 254-262. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.04.003>

Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., et Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in cognitive sciences*, *9*(7), 335-341.

Dehaene, S., Jobert, A., Naccache, L., Ciuciu, P., Poline, J.-B., Le Bihan, D., et Cohen, L. (2004). Letter binding and invariant recognition of masked words: behavioral and neuroimaging evidence. *Psychological science*, *15*(5), 307-313. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00674.x>

Delahaie, M., Sprenger-Charolles, L., Serniclaes, W., Billard, C., Tichet, J., Poiteau, S., et Vol, S. (2004). Perception catégorielle dans une tâche de discrimination de phonèmes et apprentissage de la lecture. *Revue française de pédagogie*, *147*, 91-105. <https://doi.org/10.3406/rfp.2004.3123>

Evett, L. J., et Humphreys, G. W. (1981). The use of abstract graphemic information in lexical access. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *33*(4), 325-350. <https://doi.org/10.1080/14640748108400797>

Finkbeiner, M., et Coltheart, M. (2009). Letter recognition: From perception to representation. *Cognitive Neuropsychology*, *26*(1), 1-6. <https://doi.org/10.1080/02643290902905294>

Friedmann, N., Biran, M., et Gvion, A. (2012). Patterns of visual dyslexia. *Journal of Neuropsychology*, *6*(1), 1-30. <https://doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02000.x>

- Gauthier, B., Champagne, L., Girad-Joyal, O., Laniel, P., et Picotte-Lavoie, M. (sous presse).
Categorical perception of letters in children with and without dyslexia : A pilot study. *Journal of the International Neuropsychological Society*.
- Goldstone, R. L., et Hendrickson, A. T. (2010). Categorical perception. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(1), 69-78. <https://doi.org/10.1002/wcs.26>
- Gomez, P., et Perea, M. (2020). Masked identity priming reflects an encoding advantage in developing readers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104911>
- Grainger, J., Rey, A., et Dufau, S. (2008). Letter perception: from pixels to pandemonium. *Trends in cognitive sciences*, 12(10), 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.06.006>
- Green, D. M., et Swets, A. J. (1966). *Signal Detection Theory and Psychophysics*. Wiley.
- Harnad, S. (1987). *Categorical Perception: The Groundwork of Cognition*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1002/0470018860.s00490>
- Humphreys, G. W., Evett, L. J., et Quinlan, P. T. (1990). Orthographic processing in visual word identification. *Cognitive psychology*, 22(4), 517-560. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(90\)90012-S](https://doi.org/10.1016/0010-0285(90)90012-S)
- Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., et Zorman, M. (2010). *BALE: batterie analytique du langage écrit*.
- Joubert, S. A., et Lecours, A. R. (2000). The Role of Sublexical Graphemic Processing in Reading. *Brain and Language*, 72(1), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/brln.1999.2279>
- Kinoshita, S., et Kaplan, L. (2008). Priming of abstract letter identities in the letter match task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(12), 1873-1885. <https://doi.org/10.1080/17470210701781114>

- Laniel, P., Vallières-Lavoie, G., Champagne, L., et Gauthier, B. (2020). *Création et pré-validation du sous-test Lecture de mots et de pseudomots du TELEQ.*
- Larsen, L., Kohnen, S., McArthur, G., et Nickels, L. (2018). An investigation of grapheme parsing and grapheme-phoneme knowledge in two children with dyslexia. *Reading and writing, 31*(4), 991-1015. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9823-z>
- Lefavrais, P. (2005). Alouette-R: test d'analyse de la vitesse en lecture à partir d'un texte. *Les Éditions du centre de psychologie appliquée.*
- Lieberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., et Griffith, B. C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of experimental psychology, 54*(5), 358-368. <https://doi.org/10.1037/h0044417>
- Lupyan, G., Thompson-Schill, S. L., et Swingley, D. (2010). Conceptual penetration of visual processing. *Psychological Science, 21*(5), 682-691. <https://doi.org/10.1177/0956797610366099>
- Macmillan, N. A., et Kaplan, H. L. (1985). Detection Theory Analysis of Group Data: Estimating Sensitivity From Average Hit and False-Alarm Rates. *Psychological Bulletin, 98*(1), 185-199. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.98.1.185>
- Madec, S., Rey, A., Dufau, S., Klein, M., et Grainger, J. (2012). The time course of visual letter perception. *Journal of Cognitive Neuroscience, 24*(7), 1645-1655. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00178
- McClelland, J. L., et Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological review, 88*(5), 375-407. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- McCloskey, M., Fischer-Baum, S., et Schubert, T. (2013). Representation of letter position in

- single-word reading: Evidence from acquired dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 30(6), 396-428. <https://doi.org/10.1080/02643294.2014.880675>
- McFarland, C. E., Frey, T. J., et Landreth, J. M. (1978). The acquisition of abstract letter codes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 25(3), 437-446. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(78\)90067-X](https://doi.org/10.1016/0022-0965(78)90067-X)
- McIntyre, M. C., et Di Lollo, V. (1991). Categorical processing of visual stimuli in relation to geometrical, graphemic, or lexical context. *Psychological Research*, 53(2), 142-148. <https://doi.org/10.1007/BF01371822>
- Meletis, D. (2019). The grapheme as a universal basic unit of writing. *Writing Systems Research*, 11(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/17586801.2019.1697412>
- Miller, P., et Vaknin, V. (2012). The involvement of letter names in the silent processing of isolated letters: A developmental perspective. *Memory and Cognition*, 40(8), 1276-1288. <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0223-3>
- Miozzo, M., et Caramazza, A. (1998). Varieties of pure alexia: The case of failure to access graphemic representations. *Cognitive Neuropsychology*, 15(1-2), 203-238. <https://doi.org/10.1080/026432998381267>
- Pelli, D. G., Farell, B., et Moore, D. C. (2003). The remarkable inefficiency of word recognition. *Nature*, 423(6941), 752-756. <https://doi.org/10.1038/nature01516>
- Perea, M., Jiménez, M., et Gomez, P. (2015). Do young readers have fast access to abstract lexical representations? Evidence from masked priming. *Journal of Experimental Child Psychology*, 129, 140-147. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.09.005>
- Perea, M., Mallouh, R. A., et Carreiras, M. (2013). Early access to abstract representations in developing readers: evidence from masked priming. *Developmental Science*, 16(4), 564-573.

<https://doi.org/10.1111/desc.12052>

- Perea, M., et Rosa, E. (2002). Does « whole-word shape » play a role in visual word recognition? *Perception and Psychophysics*, 64(5), 785-794. <https://doi.org/10.3758/BF03194745>
- Perry, C., Ziegler, J. C., et Zorzi, M. (2007). Nested incremental modeling in the development of computational theories: The CDP+ model of reading aloud. *Psychological review*, 114(2), 273-315. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.2.273>
- Perry, C., Ziegler, J. C., et Zorzi, M. (2013). A computational and empirical investigation of graphemes in reading. *Cognitive Science*, 37(5), 800-828.
- Petit, J.-P., Midgley, K. J., Holcomb, P. J., et Grainger, J. (2006). On the time course of letter perception: A masked priming ERP investigation. *Psychonomic bulletin & review*, 13(4), 674-681. <https://doi.org/10.3758/bf03193980>
- Polk, T. A., et Farah, M. (2002). Functional MRI evidence for an abstract, not perceptual, word-form area. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131(1), 65-72. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.131.1.65>
- Rapp, B. C., et Caramazza, A. (1989). Letter processing in reading and spelling: Some dissociations. *Reading and Writing*, 1(1), 3-23. <https://doi.org/10.1007/BF00178834>
- Rey, A., Dufau, S., Massol, S., et Grainger, J. (2009). Testing computational models of letter perception with item-level event-related potentials. *Cognitive Neuropsychology*, 26(1), 7-22. <https://doi.org/10.1080/09541440802176300>
- Rey, A., Ziegler, J. C., et Jacobs, A. M. (2000). Graphemes are perceptual reading units. *Cognition*, 75(1), B1-B12. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(99\)00078-5](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(99)00078-5)
- Rothlein, D. (2015). *Letter representations in the mind and brain* [Sheridan Libraries]. <http://jhir.library.jhu.edu/handle/1774.2/39629>

- Rothlein, D., et Rapp, B. (2014). The similarity structure of distributed neural responses reveals the multiple representations of letters. *Neuroimage*, 89, 331-344. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.11.054>
- Rothlein, D., et Rapp, B. (2017). The role of allograph representations in font-invariant letter identification. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 43(7), 1411-1429. <https://doi.org/10.1037/xhp0000384>
- Schubert, T. M. (2015). *Cognitive processes of letter and digit identification* [Johns Hopkins University]. <http://jhir.library.jhu.edu/handle/1774.2/37937>
- Schubert, T., et McCloskey, M. (2013). Prelexical representations and processes in reading: Evidence from acquired dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 30(6), 360-395. <https://doi.org/10.1080/02643294.2014.880677>
- Serniclaes, W., et Seck, M. (2018). Enhanced Sensitivity to Subphonemic Segments in Dyslexia: A New Instance of Allophonic Perception. *Brain sciences*, 8(4), 54. <https://doi.org/10.3390/brainsci8040054>
- Serniclaes, W., Sprenger-Charolles, L., Carré, R., et Demonet, J.-F. (2001). Perceptual discrimination of speech sounds in developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 44(2), 384-399. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/032\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/032))
- Sprenger-Charolles, L., et Serniclaes, W. (2004). Nature et origine des déficits dans la dyslexie développementale: l'hypothèse phonologique. Dans S. Valdois, P. Colé, & D. David (Éds.), *Apprentissage de la lecture et dyslexies développementales. De la théorie à la pratique orthophonique et pédagogique* (p. 113-146). Solal.
- Stanislaw, H., et Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(1), 137-149.

<https://doi.org/10.3758/BF03207704>

Terepocki, M., Kruk, R. S., et Willows, D. M. (2002). The incidence and nature of letter orientation errors in reading disability. *Journal of Learning Disabilities*, 35(3), 214-233.

<https://doi.org/10.1177/002221940203500304>

Thompson, G. B. (2009). The long learning route to abstract letter units. *Cognitive Neuropsychology*, 26(1), 50-69. <https://doi.org/10.1080/02643290802200838>

Vergara-Martínez, M., Gómez, P., Jiménez, M., et Perea, M. (2015). Lexical enhancement during prime–target integration: ERP evidence from matched-case identity priming. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, 15(2), 492-504. <https://doi.org/10.3758/s13415-014-0330-7>

Wechsler, D. (2005). *Test de rendement individuel de Weschler, 2e édition, version pour francophones du Canada*. Pearson Canada Assessment Inc.

Wiley, R. W., Wilson, C., et Rapp, B. (2016). The effects of alphabet and expertise on letter perception. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 42(8), 1186-1203. <https://doi.org/10.1037/xhp0000213>

Wimmer, H., et Ludersdorfer, P. (2018). Searching for the Orthographic Lexicon in the Visual Word Form Area. Dans T. Lachmann & T. Weis (Éds.), *Reading and Dyslexia* (Vol. 21, Numéro 3, p. 57-69). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90805-2_3

Yang, R., et Wang, W. S. Y. (2018). Categorical perception of Chinese characters by simplified and traditional Chinese readers. *Reading and Writing*, 31(5), 1133-1154. <https://doi.org/10.1007/s11145-018-9832-y>

Yasuhara, M., et Kuklinski, T. T. (1978). Category boundary effect for grapheme perception. *Perception & Psychophysics*, 23(2), 97-104. <https://doi.org/10.3758/BF03208288>

Ziegler, J. C., et Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3-29. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>