

---

# Influence de la présentation des mots pour des lecteurs dyslexiques

**Damien Appert**

Université de Toulouse & CNRS  
IRIT  
Toulouse, France  
damien.appert@irit.fr

**Philippe Truillet**

Université de Toulouse & CNRS  
IRIT  
Toulouse, France  
philippe.truillet@irit.fr

**Résumé**

Dans cet article, nous présentons une expérimentation de mesure de l'effet de trois formes de présentation des mots sur les performances de lecture. Douze sujets non dyslexiques et huit sujets dyslexiques ont participé à cette expérience. Nous avons pu montrer qu'une forme de présentation des mots, parmi les trois, amenait de meilleurs résultats de lecture pour les sujets dyslexiques.

**Mots clés choisis par les auteurs**

Conception, expérimentation, dyslexie.

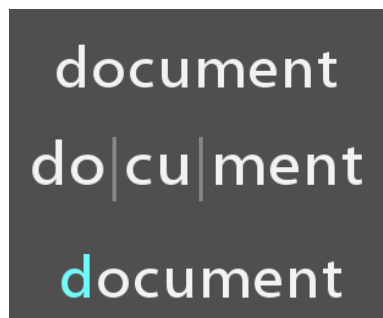
**Mot clés de la classification ACM**

H.5.2. Information interfaces and presentation, K4.2 Assistive technologies for persons with disabilities

**Introduction**

La dyslexie touche, dans tous les pays, à peu près 10% de la population. Elle correspond à un trouble de l'apprentissage du langage écrit et peut entraîner, au-delà de ces difficultés, des problèmes sociaux ou de comportement. Des études scientifiques [4, 18, 19] rapportent notamment des difficultés avec le traitement phonologique, la dénomination rapide ou un déficit de la vision, de la mémoire de travail, de la vitesse de traitement, etc. Ces difficultés de lecture et celles liées à l'orthographe continuent de causer des problèmes, en particulier pour les enfants dans le système scolaire. Le travail présenté dans ce papier est lié à la présentation

© ACM, 2015. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in Actes de la 27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, 2015.  
<http://dx.doi.org/10.1145/2820619.2825014>



**Figure 1.** Illustration des trois présentations des mots : standard, syllabique et phonétique pour le mot

du texte. Le principal résultat qui sera montré par la suite, est que les indices visuels ont un impact significatif sur les performances de lecture pour des lecteurs dyslexiques.

La section suivante relate les travaux connexes à cette étude et nos motivations. Nous présentons ensuite notre méthodologie expérimentale et les résultats principaux de cette étude. Nous concluons enfin par quelques perspectives.

### Travaux connexes

Si on peut considérer que les déficits phonologiques semblent être établis, la présence et la nature de déficiences visuelles sont encore très débattues. Certains auteurs ont montré que les mouvements oculaires des sujets dyslexiques sont différents de ceux des normo-lecteurs : il semble qu'ils aient des mouvements arrière plus fréquents afin de scanner les lettres plusieurs fois [11]. De nombreux travaux ont d'ailleurs testé l'impact de la perception visuelle avec des systèmes de suivi oculaire [1, 13, 14, 15].

Des études récentes affirment que la taille et l'épaisseur des lettres ont une influence sur les résultats de lecture en termes de vitesse et d'erreurs [7, 8, 13, 15]. En conséquence, il est fréquemment recommandé une présentation et une adaptation du matériel de lecture pour les personnes dyslexiques. Des polices de caractères spécifiques pour les dyslexiques ont été conçues en ce but. Par exemple, on peut citer les travaux de Boer<sup>1</sup>, Lexia Readable<sup>2</sup> Gill Dyslexic<sup>3</sup> ou

de Gonzalez<sup>4</sup>. Dans ce cadre, Rello a mesuré l'impact du type de fonte de caractères sur la performance de lecture [16]. Il a pu montrer que certains types de fontes améliorent de manière significative, la lisibilité des textes et donc des performances générales de lecture. Il est d'ailleurs à noter que la plupart des interfaces de lecture de documents pour des personnes dyslexiques permettent une personnalisation de l'affichage.

Dans un autre ordre d'idée, Gattegno a proposé, il y a plusieurs décennies une méthode dénommée « *Words in Color* » pour l'apprentissage de la lecture [6]. En résumé, cette méthode consiste à associer des phonèmes d'une langue à un code couleur. Ceci amène à une « conscience phonologique » des sons qui seront produits. Ce travail est à la base de l'étude que nous avons menée à l'aide d'un oculomètre qui nous a servi d'outil de contrôle de la lecture.

### Design expérimental

Le principal objectif de notre étude préliminaire est de tester l'impact de trois présentations visuelles différentes des mots sur les mouvements des yeux pour des sujets atteints de dyslexie. Le processus de lecture peut-il être amélioré avec un code couleur ou un code sémantique ? Quels indices visuels sont les plus intéressants ?

Nous avons défini trois types de présentations des mots (voir Figure 1) :

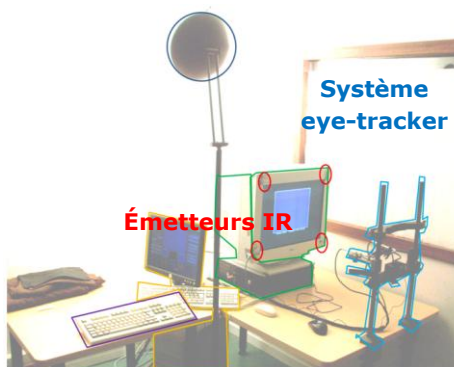
- une présentation de référence dite « présentation standard » : les mots sont écrits en blanc (code

<sup>1</sup> <http://www.studiostudio.nl>

<sup>2</sup> <http://www.k-type.com/?p=520>

<sup>3</sup> <http://www.pixelscript.net/gilldyslexic>

<sup>4</sup> <http://opendyslexic.org>



**Figure 3.** Plateforme expérimentale. Le système eye-tracker est composé d'émetteurs infrarouges (cercles rouges aux coins de l'écran) qui envoient des rayons IR dans les yeux du sujet dont le menton est posé sur la mentonnière ainsi que deux caméras infrarouges qui captent les rayons IR réfléchis par la cornée. Un logiciel d'analyse transforme ces données en données oculométriques. Un microphone était placé sous la mentonnière

- hexadécimal de la couleur #F2F2F2) sur un fond sombre (couleur #4F4F4F) ;
- une présentation dite « syllabique » pour laquelle chaque syllabe est séparée par une barre verticale qui est utilisée comme indice visuel de séparation ;
- une présentation dite « phonétique » dans laquelle la lettre « d » est colorée en couleur cyan et la lettre « t » en orange (selon la méthode de [6]). Les phonèmes associés à ces lettres, sont proches et causent de fréquentes erreurs de décodage pour les personnes dyslexiques.

Nous avons utilisé la fonte « Sassoon Sans Bold » (cf. Figure 2). Cette fonte est dérivée de la fonte « Sassoon Primary », conçue avec et pour les enfants et connue pour être très lisible [17].

A Æ B C D ð E F G H I J K L Ì M N  
O C E Ø P Þ Q R S T U V W X Y Z  
a æ b c d ð e f f i g h i j k l ì m n  
o æ ø p þ q r s ß t u v w x y z

**Figure 2.** Fonte utilisée durant l'expérimentation (Sassoon Sans Bold<sup>5</sup>).

Nous avons défini un ensemble de 24 mots et de 12 non mots [10] commençant par les lettres « d » et « t ». Tous les mots contiennent 3 ou 4 syllabes. Afin de contrôler l'impact des indices visuels, les mots ont été placés à la même hauteur mais décalés vers la droite de l'écran (entre 1 et 4 centimètres aléatoirement). Ceci oblige l'œil à effectuer une saccade non automatique pour lire le mot.

<sup>5</sup> <http://www.sassoonfont.co.uk>

## Méthodologie

### Conception

Les données ont été récoltées via un système eye-tracker [2] et un enregistrement sonore horodaté.

Le type de présentation et le type de sujet (Dyslexiques – D – et Non Dyslexiques – ND –) sont nos variables indépendantes et nous utilisons deux variables dépendantes : le nombre de fixations (depuis la première saccade jusqu'à la fin de l'enregistrement sonore) et le nombre d'erreurs de lecture.

*Nombre de fixations* : nous utilisons le nombre de fixations comme un indice objectif de facilité de lecture. En effet, selon Hyönä et Olson, le nombre de fixations peut être le reflet de problèmes d'identification de mots [9]. Nous corrélons cette variable avec les erreurs de lecture.

*Erreurs de lecture* : avec l'enregistrement sonore, nous avons été capables de corrélérer la lecture avec les mouvements oculaires.

Nous avons formulé les hypothèses suivantes :

*H1* : le type de présentation a un impact sur le nombre de fixations pour les sujets dyslexiques ;

*H2* : les sujets dyslexiques font moins d'erreurs avec la présentation phonétique qu'avec la présentation standard.

### Équipement

La plateforme expérimentale (voir Figure 3) est composée d'un système eye tracker (SMI Eyelink II), de caméras PTZ et d'un microphone afin de collecter la réponse des sujets. Nous avons utilisé un écran TFT 21 pouces avec une résolution de 1024x768 pixels. La

précision temporelle de la mesure de l'eye-tracker est de 0,004 seconde. Les sujets étaient placés à 570 mm de l'écran, de sorte que n'importe quel mouvement oculaire d'un degré d'angle corresponde à exactement 10 mm (i.e. 26 pixels) sur l'écran.

#### Tâche expérimentale

Chaque sujet était assis sur une chaise, le menton posé sur une mentonnière, le front apposé à une barre prévue à cet effet. Le système eye-tracker fut adapté à la morphologie de chaque sujet. Après la lecture des consignes et la calibration de l'eye-tracker, les sujets commençaient la phase de test. Cette phase était composée de trois séries de présentations différentes. Chaque série comportait douze mots, choisis pseudo-aléatoirement parmi l'ensemble des trente-six mots afin d'équilibrer les mots et non-mots de 3 et 4 syllabes. Au final, tous les sujets ont lu l'ensemble des trente-six mots à travers trois séries de présentations différentes. L'ordre de présentation était contrebalancé entre les sujets. Les sujets devaient à la fois, lire et répéter le mot affiché à voix haute.

L'expérience s'est déroulée à l'Université Toulouse III - Paul Sabatier et a duré une heure environ par sujet. Toutes les données récoltées ont été postsynchronisées avant analyse.

### Résultats

#### Participants

L'étude a été menée avec 12 sujets non dyslexiques et 8 sujets dyslexiques (8 femmes et 12 hommes). L'âge variait de 19 à 50 ans avec une moyenne de 27,3 ans. Personne n'avait de déficience mentale et tous les participants avaient une bonne vue (pas de lunettes). Les sujets devaient d'abord passer un test préliminaire (« L'alouette » [12]) afin de déterminer leur niveau de

lecture. Notons que tous les sujets dyslexiques étaient reconnus comme handicapés par la MDPH<sup>6</sup>.

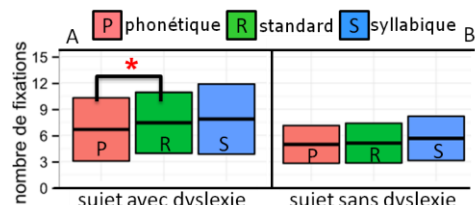
Nous avons utilisé le test de Kruskal-Wallis par rangs et des tests de la médiane pour l'ensemble des données en utilisant le logiciel de statistique R. Afin d'étudier les résultats significatifs, nous avons utilisé le test non-paramétrique de Friedman et le test de Wilcoxon pour des échantillons appariés. La correction de Bonferroni a été appliquée quand nécessaire. Les graphiques représentent des moyennes (fig. 4 à 6) et des écarts-types (fig. 4 à 6).

#### Nombre de fixations

Nous avons calculé le nombre de fixations pour les trois présentations par catégorie de sujets. Nous pouvons constater graphiquement qu'il y a plus de fixations quand le sujet est dyslexique (voir Figure 4).

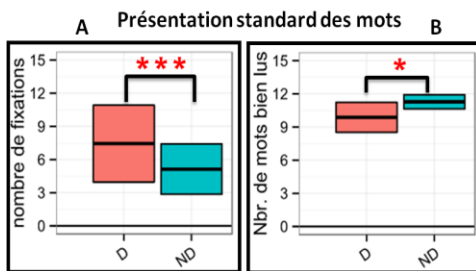
Pour les utilisateurs dyslexiques, nous avons trouvé un effet significatif entre les types de présentation (Kruskal-Wallis  $\chi^2=12,90$ ,  $df=2$ ,  $p < 0,01$ ). De plus, les présentations phonétique et standard sont significativement différentes (Pairwise Wilcoxon rank sum post-hoc  $p < 0,02$ ). En comparaison avec la forme de présentation standard, nos résultats montrent une réduction moyenne du nombre de fixations de 10,8% avec la forme phonétique (Figure 4A). Par contre, nous n'avons pas trouvé d'effets significatifs entre les présentations phonétiques et standards pour les sujets non-dyslexiques (Figure 4B ; Kruskal-Wallis  $\chi^2=14,1$ ,  $df=2$ ,  $p = n.s.$ ).

C'est pourquoi, nous nous sommes focalisés par la suite sur les résultats entre présentation standard et

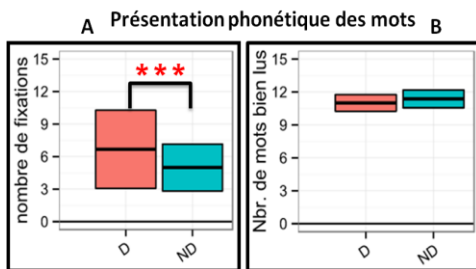


**Figure 4.** Nombre de fixations par type de présentation (R pour présentation standard de référence) – A pour les sujets dyslexiques et B, non dyslexiques (\*,  $p < 0,05$ ).

<sup>6</sup> Maison départementale des personnes handicapées



**Figure 5.** A : nombre et de fixations et B : mots bien lus (présentation standard pour les sujets non dyslexiques et dyslexiques (\*,  $p < 0,05$  ; \*\*\*,  $p < 0,001$ ))



**Figure 6.** A : nombre et de fixations et B : mots bien lus (Présentation phonétique pour les sujets non dyslexiques et dyslexiques (\*\*\*,  $p < 0,001$ ))

phonétique. La question suivante a été de savoir si ce résultat pouvait être corrélé avec de meilleures performances de lecture à haute voix.

#### *Forme de présentation et mots bien lus*

Comme nous avons enregistré la lecture de mots, nous avons pu comparer les mots bien énoncés avec le type de présentation (voir Figure 5 et 6). Pour la présentation standard, il y a un effet significatif entre le nombre de fixations entre sujets dyslexiques et non-dyslexiques (voir Figure 5A ; Kruskal-Wallis  $\chi^2=59,95$ ,  $df=1$ ,  $p < 0,001$ ) tout comme le nombre de mots correctement lus (voir Figure 5B ; Kruskal-Wallis  $\chi^2=5,29$ ,  $df=1$ ,  $p < 0,03$ ).

Concernant la présentation phonétique, nous avons trouvé un effet significatif concernant le nombre de fixations entre sujets dyslexiques et non-dyslexiques (voir Figure 6A ; Kruskal-Wallis  $\chi^2=33,69$ ,  $df=1$ ,  $p < 0,001$ ). Néanmoins, il n'y a pas d'effet significatif concernant les mots correctement lus (voir Figure 6B ; Kruskal-Wallis  $\chi^2=1,13$ ,  $df=1$ ,  $p = n.s.$ ). En fait, il semble que la présentation phonétique permet de réduire les erreurs de lecture. La performance des sujets dyslexiques s'approche alors de celle des normo-lecteurs. Enfin, il est à noter que cette présentation n'affecte pas les performances des normo-lecteurs.

### **Discussion**

Comme nous venons de le voir, la présentation phonétique semble a priori, réduire le nombre de fixations et permettre d'approcher des performances de lecture des normo-lecteurs. Cependant, les résultats obtenus ne sont pas nécessairement généralisables à une lecture silencieuse de textes ou de segments de phrases.

Néanmoins, [9] a montré que dans la lecture à voix haute, les mouvements oculaires sont fortement corrélés aux processus de reconnaissance de mots.

Ces premiers résultats sur la lecture de mots et de la prononciation montrent que le type de présentation des mots a un effet sur la performance de lecture uniquement pour les sujets dyslexiques. Ceci est cohérent avec d'autres recherches et avec les recommandations de présentation de textes pour sujets dyslexiques [5, 16, 20]. Toutefois, ces études se sont principalement focalisées sur la structure de documents ou sur les polices utilisées et finalement peu souvent sur les mots eux-mêmes et les indices visuels.

Il pourrait être intéressant de lier ces résultats aux études en neurosciences. La « saillance » des mots permet-elle de « voir » mieux et de mieux comprendre ce qui est écrit ? Est-il plus efficace de couper les mots en syllabes afin d'avoir une meilleure lecture (décodage) et une meilleure compréhension ?

### **Conclusion et perspectives**

La principale conclusion de ce travail préliminaire est que le type de présentation « phonétique » a un impact à la fois sur le nombre de fixations des sujets dyslexiques et sur la facilité de lecture des mots. Ces premiers résultats peuvent guider l'analyse, la conception et l'évaluation d'interface de lecture pour les sujets dyslexiques. Nous sommes en train d'intégrer ce travail sur l'interface Ysilex [3] afin de tester dans des conditions plus écologiques la lecture de textes.

### **Remerciements**

Nous remercions Sylvie Athènes et Jean-Luc Vinot sans qui le projet n'aurait jamais pu se réaliser tout comme les utilisateurs qui ont participé aux tests.

## Références

- [1] Ahissar M., Lubin Y., Putter-Katz H., Banai K., Dyslexia and the failure to form a perceptual anchor, *Journal: Nature Neuroscience*, vol. 9, pp. 1558–1564, 2009
- [2] Appert, D., Outils d'analyse de mouvements oculaires, Master Thesis, June 2011, University of Toulouse
- [3] Athènes S., Raynal M., Truillet Ph., Vinot J-L. Ysilex: a Friendly reading Interface for Dyslexics, ICTA 2009, 2nd International Conference on Information and Communication Technologies and Accessibility, May 7-9 2009, Hammamet (Tunisia)
- [4] Expertise Collective de l'INSERM, (2007). Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données scientifiques. Editions INSERM, Paris.
- [5] French M. M. J., Blood A., Bright N. D., Futak D.; Grohmann M. J., Hasthorpe A., Heritage J., Poland R., Reece S., Tabor J. Changing Font in Education: How the benefits vary with ability and dyslexia , *The Journal of Educational Research*, 106:301-304, 2013
- [6] Gattegno, C., Teaching Reading with Words in Color: A Scientific Study of the Problems of Reading, Educational Solutions, 1967-2011
- [7] Gregor P., Newell A., An empirical investigation of ways in which some of the problems encountered by some dyslexics may be alleviated using computer techniques, *ASSETS'00*, November 13-15, pp. 85-91
- [8] Hughes, L.E. & Wilkins, A.J. 2000, Typography in children's reading schemes may be suboptimal: Evidence from measures of reading rate. *Journal of Research in Reading*, 23(3), 314-324.
- [9] Hyönä J., Olson R. K., Eye Fixation Patterns AMons Dyslexic and Normal Readers: Effects of Word Length and Word Frequency, *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory and Cognition*, 1995, vol.21 n°6, 1430-1440,
- [10] Jacquier-Roux M., Valdois S., Zorman M., ODEDYS - Outil de dépistage des dyslexies, Académie de Grenoble, 2005, 55 pages, available at:<http://www.pedagonet.com/other/dyslexie.pdf>
- [11] Kapoula Z, Bucci MP, Vernet M, Gerard C. Normal speed and accuracy of saccade and vergence eye movements in dyslexic children. All-European Dyslexia Conference of the European Dyslexia Association, Bruges, Belgique, 22 to 24, April, 2010,
- [12] Lefavrais P., Description, définition et mesure de la dyslexie, Utilisation du test « L'Alouette ». *Revue de Psychologie Appliquée*, 15 (1), 33-44, 1965
- [13] MacKeben M, Trauzettel-Klosinski S, Reinhard J, Dürrwächter U, Adler M, Klosinski G., Eye movement control during single-word reading in dyslexics, *Journal of Vision*, 2004 May 14;4(5):388-402.
- [14] Prado, C., Dubois, M., Valdois, S. Eye movements in reading aloud and visual search in developmental dyslexia: impact of the VA span. *Vision Research*, 47, 2521-2530,
- [15] Rello L., Kanvinde G., Baeza-Yates R., Layout guidelines for web and a web service to improve accessibility for dyslexics, International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A), Lyon, April 2012,
- [16] Rello L, Baeza-Yates R., Good Fonts for Dyslexia, *ASSETS'13*, October 21-23 2013, pp. 14-22
- [17] Sassoon R., Computers and Typography, Intellect book, 1993
- [18] Shaywitz, S.E., Escobar, M.D., Shaywitz, B.A., Fletcher, J.M. & Makuch, R. (1992). Evidence that dyslexia may represent the lower tail of a normal distribution of reading ability. *New England Journal of Medicine*, 326(3), 145-150, Shovman, M., Ahissar, M.. Isolating the impact of visual perception on dyslexics' reading ability. *Vision Research*, 46, 3514-3525.
- [19] Trauzettel-Klosinski S, MacKeben M, Reinhard J, Feucht A, Dürrwächter U, Klosinski G., Pictogram naming in dyslexic and normal children assessed by SLO., *Vision Res.* 2002 Mar;42(6):789-99
- [20] Zikl, P, Bartosova I, Viskova, K., Hvlickova K, Kucirkova A., Navratilova J., Zetkova B., The possibilities of ICT use for compensation of difficulties with reading in pupils with dyslexia, *IETC 2014, Procedia Social and Behavioral Sciences*, 175(2015), 915-922