

INTERFERENCES AUDIOVISUELLES CHEZ LE DYSLEXIQUE LORS DE LA MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION OCULAIRE.

(Le texte original de ces articles scientifiques est disponible sur le site de Pubmed. Il contient des schémas explicatifs non reproduits ici)

- **Quercia P, Pozzo T, Marino A, Guillemant AL, Cappe C, Gueugneau N. Alteration in binocular fusion modifies audiovisual integration in children. Clin Ophthalmol. 2019 Jul 4;13:1137-1145.**
- **Quercia P, Pozzo T, Marino A, Guillemant AL, Cappe C, Gueugneau N. Children with Dyslexia Have Altered Cross-Modal Processing Linked to Binocular Fusion. A Pilot Study. Clin Ophthalmol. 2020 Feb 13;14:437-448.**

L'existence de pertes visuelles apparaissant dès lors qu'on a modifié la vision binoculaire et que le sujet est soumis à des sons, est certainement l'élément le plus important dans la compréhension du rôle de la proprioception chez l'enfant dyslexique. C'est aussi l'anomalie la plus difficile à gérer avec le traitement. Malgré cela, c'est le but à atteindre.

Le protocole que nous avons publié dans la revue Clinical Ophthalmology en 2019 et 2020 a comparé deux groupes d'enfants dans le cadre d'un dispositif expérimental validé par l'U1093 INSERM de l'Université de Bourgogne. 10, 11 Les groupes étaient respectivement composés de 14 enfants dyslexiques non traités (8 garçons et 6 filles, âge moyen = 10,7 ± 1,2 ans, extrêmes = 8-13) et de 10 enfants témoins (5 garçons et 5 filles, âge moyen = 11,3 ± 1,6, plage = 10-13). Les critères d'inclusion pour les dyslexiques étaient les suivants : dyslexie depuis l'enfance avec un diagnostic documenté, des antécédents d'orthophonie et 24 mois de retard au test d'identification de mots écrits (TIME 3).

Les enfants témoins et dyslexiques ont bénéficié du même protocole. Les participants étaient soumis à des tâches d'intégration multi sensorielle au cours desquelles les entrées auditives ou proprioceptives étaient stimulées au cours d'une tâche de reconnaissance visuelle simple.

La vision binoculaire a été modifiée en utilisant le test de Maddox tel qu'il a été décrit précédemment. Pour évaluer le rôle de cette modification de vision binoculaire, lors de la stimulation auditive uniquement, une image identique à ce qui est perçu pendant le test de Maddox a été créée à l'aide d'un laser permettant de produire une ligne horizontale rouge sur la source de lumière. Notez bien que dans ce cas le patient voit avec les deux yeux une image similaire à celle qu'il voit pendant le test de Maddox, mais la fusion rétinienne est respectée et aucun changement de la proprioception oculaire ne se produit. On obtient ainsi deux situations où le cerveau perçoit la même image : dans l'une, la proprioception oculaire est modifiée alors que dans l'autre (laser) elle fonctionne dans des conditions habituelles puisque la fusion rétinienne est conservée.

Ce paradigme permet ainsi d'étudier le rôle de la proprioception oculaire sur les interférences entre la vision et l'audition dans les groupes dyslexiques et non dyslexiques.

1. Tâches d'intégration multisensorielle :

*L'étude a été réalisée dans une grande pièce silencieuse éclairée par une lumière naturelle. Les enfants étaient assis dans une position confortable à 4 mètres de la LED située dans le plan horizontal du regard. Que la stimulation soit auditive ou proprioceptive, il a été demandé à l'enfant de regarder directement le point lumineux. Afin de déterminer le lieu des éventuelles pertes visuelles, six dessins de huit centimètres de haut (extraits de la police Wingdings - Word 2010 *), séparés par une distance de 0,4 degré et faciles à identifier par les enfants, étaient placés sur chaque côté de la lumière. Il a été demandé au patient de spécifier devant quel (s) dessin(s) une partie du trait rouge lui semblait disparaître.*

***Tâche audiovisuelle :** l'ensemble des stimulations auditives était réalisé avec l'écran de Maddox placé devant l'œil droit et devant l'œil gauche dans un ordre aléatoire. Les sons sont émis simultanément dans les deux oreilles par un casque Sennheiser HD 200 PRO. Chaque bip sonore dure 500 ms avec une intensité de 50 dB. Le patient reçoit successivement une série de vingt-deux impulsions sonores de 500 Hz et de vingt-trois impulsions sonores de 1000 Hz délivrées en mode aléatoire permettant à l'enfant de réagir sans stress.*

L'enfant doit dire si - et où - des pertes visuelles apparaissent. Une période de repos minimale de 10 secondes est respectée avant chaque stimulation auditive. L'ensemble du test comprenant 45 stimulations dure de 15 à 20 minutes en fonction de la rapidité avec laquelle l'enfant donne la réponse et de la présence ou non de pertes visuelles.

Afin de vérifier si les interférences éventuelles entre audition et vision pouvaient être supprimées par une action sur des capteurs connus pour modifier le Maddox, il est demandé au patient de signaler si une disparition des pertes visuelles reste présente dans 5 situations : réflexe linguo-palatin, réflexe de Bratlawski, appui lingual sur les ligaments dentaires inférieurs, modification de la proprioception du rachis en se redressant, et mise en place d'éléments de semelles de posture.

***Tâche visuoproprioceptive :** cette tâche a été effectuée avant ou après la tâche audiovisuelle, dans un ordre aléatoire. Pour limiter la fatigue des enfants, l'écran de Maddox est toujours placé devant l'œil dominant (déterminé par la « méthode du trou »). Les vibrations sont produites à l'aide d'un vibreur manuel (Vibrasens ©, Tecno Concept France) muni d'un embout pour application tendineuse. La fréquence de vibration est de 80Hz. Le patient, assis confortablement dans un siège sans dossier, reçoit successivement une série de 3 vibrations pendant environ 3 secondes réparties dans un ordre aléatoire au niveau de 4 sites à droite et à gauche: muscles paravertébraux dorsaux (devant les vertèbres T5-T6), muscles paravertébraux lombaires (devant les vertèbres L4-L5), tendon d'Achille (4 cm*

au-dessus de la limite supérieure de la tubérosité postérieure du calcanéum), surface externe de l'avant-bras (6 cm au-dessus de la base du pouce, où les tendons du muscle brachioradial se rencontrent). Au total, 12 stimulations sont ainsi réalisées à droite et à gauche, soit au niveau des muscles posturaux, soit au niveau de muscles ou de tendons périphériques. Comme dans la tâche audiovisuelle, l'enfant doit dire si - et où- des pertes visuelles sont apparues. Une période de repos de 10 secondes au moins est respectée avant chaque stimulation.

2. Analyse de données et statistiques. (Les pertes visuelles sont nommées « scotomes visuels = SV)

Pourcentage d'occurrence de SV. Le nombre d'essais avec au moins un SV était basé sur le nombre total d'essais pour chaque condition expérimentale. Par exemple, dans la tâche d'intégration audio-visuelle, lorsqu'un participant a vécu au moins un SV lors de 5 essais sur un total de 22 essais, cela donnait $(5 \times 100) / 22 = 22,72\%$, soit le pourcentage d'occurrences du SV. Nous avons obtenu ce pourcentage pour chaque participant et chaque condition expérimentale, pour lequel nous avons calculé la moyenne du groupe (\pm SE) dans chaque condition expérimentale.

Taille des SV. Nous avons quantifié la taille du SV de deux manières pour chaque condition expérimentale : premièrement, en considérant le nombre de SV basé sur l'ensemble des essais pour chaque condition ; deuxièmement, en considérant le nombre de SV basé uniquement sur les essais avec SV. Pour les deux variables, nous avons calculé la moyenne (\pm SE) dans chaque condition expérimentale. Comme les SV étaient absents dans certains essais, nous avons pu quantifier précisément la taille moyenne de SV à partir de ces deux variables (section résultats).

Distribution spatiale des SV. Nous avons mesuré le pourcentage d'occurrence de SV pour chaque emplacement d'image dans l'affichage visuel. Pour chaque image, nous avons résumé les essais avec apparition de SV et les avons divisés par le nombre total d'essais. C'est-à-dire que pour chaque participant et condition expérimentale, nous avons obtenu un pourcentage d'occurrences de SV pour chaque emplacement d'image. Cela nous a permis de préciser la position de l'occurrence du SV dans le champ visuel du participant. Les données relatives au pourcentage d'occurrence de SV et à la taille de SV étaient normalement distribuées (tests de Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) et la sphéricité (tests de Mauchly, $p > 0,05$) était respectée. Pour la tâche audio-visuelle, ces variables ont été entrées dans une ANOVA à mesures répétées de conception mixte avec Groupe (dyslexique, contrôle) en tant que facteur inter-sujet ; et MADDOX (Maddox pour l'œil gauche, Maddox pour l'œil droit, vision binoculaire) et la fréquence du son (500Hz, 1000Hz) en tant que facteurs internes au sujet. De plus, la normalité étant systématiquement violée pour les variables liées à la distribution spatiale des SV, nous avons utilisé un test de Friedman (test non paramétrique) (groupe 2 x 3 Maddox x 2 fréquences sonores).

Pour la tâche visuoproprioceptive, le pourcentage d'occurrence de SV et la taille de SV ont été entrés dans une ANOVA à mesures répétées de conception mixte avec le groupe (dyslexique, contrôle) comme facteur inter-sujet ; et le site de vibration (poignet, dos) en tant que facteurs intra-sujet. Comme la normalité a été violée pour les variables liées à la distribution spatiale des SV, nous avons utilisé un test de Friedman avec un effet de localisation pour chacune des 4 conditions expérimentales (2 sites de vibration du groupe x 2).

3. Résultats.

Tout d'abord, il convient de mentionner qu'aucun sujet, quel que soit son groupe, n'a connu de phénomènes de SV sans stimulation sensorielle.

Tests visuels. La vision stéréoscopique, les phories horizontales et verticales pour la vision de loin et la convergence de chaque œil permettent de distinguer clairement le groupe des dyslexiques du groupe des non-dyslexiques. Cela correspond à ce qui est décrit dans la littérature scientifique (figure 11).

Tâche audio-visuelle. Lors du test de Maddox, des scotomes visuels apparaissent lors des stimulations auditives. Ils sont beaucoup plus fréquents dans le groupe de dyslexiques et leur nombre est beaucoup plus élevé quand on modifie la vision binoculaire ($p < 0,001$). Ils ne dépendent pas de la fréquence du son ni de l'œil devant lequel l'écran de Maddox est placé. La taille moyenne des SV en fonction des conditions expérimentales a suivi un schéma de modulation qualitativement similaire au pourcentage d'occurrence des SV. Qualitativement, aucun schéma clair de modulation spatiale n'a pu être observé pour l'ensemble des conditions.

Tâche visuoproprioceptive. En moyenne, le pourcentage d'apparition de SV pour les deux conditions de vibrations (muscles posturaux ou non) était de $60,3 \pm 9,07\%$ et de $15,9 \pm 7,01\%$ pour les sujets dyslexiques et les sujets témoins, respectivement. Les effets de site de vibration et d'interaction n'étaient pas significatifs ($F_{1,22} = 0,02$; $p = 0,86$ et $F_{1,22} = 0,48$; $p = 0,49$ respectivement). La taille moyenne des SV en fonction des vibrations est plus importante chez les dyslexiques.

Corrélations. La présence et les caractères des SV ne sont pas corrélés aux particularités ophtalmologiques ou au niveau de dyslexie. Par contre les SV sont corrélés à l'index de labilité au test de Maddox.

Effets de l'action sur les capteurs.

Il apparaît clairement une action positive des capteurs oraux sur la disparition des scotomes visuels lors des stimulations auditives au cours du test de Maddox.

4. Conclusion.

Cette étude montre pour la première fois l'apparition de pertes visuelles transitoires produites par des stimulations sensorielles associées à la manipulation de l'équilibre oculomoteur, effet qui est considérablement plus important dans une population d'enfants dyslexiques. D'un point de vue clinique, il convient de noter que les enfants dyslexiques ont été testés dans des conditions proches de celles de la lecture, au cours desquelles ils doivent associer des phonèmes à des graphèmes correspondants. L'utilisation du test de Maddox permet de modifier la proprioception oculaire en accentuant un équilibre binoculaire décrit comme étant souvent de mauvaise qualité chez cette population d'enfants. Cependant, bien qu'il y ait eu une différence très significative entre les deux groupes, nous n'avons pas été en mesure de corréler l'occurrence des SV avec les performances de lecture du dyslexique. Ce travail reste à faire. Les

pertes visuelles peuvent être supprimées dans un grand nombre de cas par une action sur des capteurs agissant sur la régulation posturale au travers de la proprioception générale.