

Essai d'adaptation de la lisibilité du matériel écrit par l'augmentation de l'espace inter-lettres dans le cadre de l'apprentissage de la lecture chez les personnes trisomiques 21

Auteur : Mittelette, Solène

Promoteur(s) : Comblain, Annick

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en logopédie, à finalité spécialisée en communication et handicap

Année académique : 2018-2019

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/6522>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



Faculté de Psychologie, Logopédie et des Sciences de l'Éducation

**Essai d'adaptation de la lisibilité du matériel écrit par
l'augmentation de l'espace inter-lettres dans le cadre de
l'apprentissage de la lecture chez les personnes trisomiques 21.**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de master en Logopédie

MITTELETTE Solène
Promoteur : Annick Comblain
Année académique : 2018-2019

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	p1
INTRODUCTION THÉORIQUE.....	p3
1. LA LECTURE.....	p3
1.1 Définition et modèles explicatifs.....	p3
1.1.1 Les voies de lecture : l'assemblage et l'adressage.....	p5
1.2 Compétences associées à la lecture.....	p6
1.2.1 La conscience phonologique.....	p6
1.2.2 La mémoire phonologique à court terme.....	p7
1.2.3 La dénomination rapide automatisée.....	p8
1.2.4 La conscience de l'écrit.....	p8
1.3 Mécanismes physiologiques de la lecture : le système visuel.....	p8
1.3.1 Description anatomique.....	p9
1.3.2 Le rôle fonctionnel de l'œil dans la lecture.....	p9
2. LA TRISOMIE 21 ET LA LECTURE.....	p10
2.1 Qu'est-ce que la trisomie 21 ?	p11
2.2 Profil cognitif général et langagier des personnes trisomiques 21.....	p12
2.2.1 Profil cognitif perceptif et comportement social.....	p12
2.2.2 Profil langagier.....	p12
2.3 Compétences associées à l'apprentissage de la lecture.....	p14
2.3.1 La voie d'assemblage.....	p14
2.3.2 La voie d'adressage.....	p14
2.3.3 La conscience phonologique.....	p15
2.3.4 Les compétences en langage oral.....	p17
2.3.5 La compréhension du langage.....	p18
2.4 Entraînement des capacités associées à la lecture.....	p19
2.4.1 Compétences générales.....	p19
2.4.2 Compétences phonologiques.....	p19

3. LISIBILITÉ ET LECTURE.....	p21
3.1 Définition.....	p21
3.2 Paramètres de lisibilité visuelle influençant la qualité de la lecture.....	p22
3.2.1 Le contraste.....	p22
3.2.2 La police.....	p22
3.2.3 La couleur.....	p23
3.2.4 La taille des caractères.....	p23
3.2.5 Encombrement visuel (crowding), espacement et empan visuel.....	p24
SYNTHÈSE.....	p26
OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES.....	p28
4. MÉTHODOLOGIE.....	p30
4.1 Participants.....	p30
4.2 Matériel.....	p33
4.2.1 Matériel d'appariement.....	p33
4.2.2 Matériel expérimental.....	p34
4.3 Procédure générale.....	p35
5. RÉSULTATS.....	p37
5.1 Comparaisons inter-groupes.....	p37
5.2 Comparaisons intragroupes.....	p39
5.2.1 Groupe enfants normo-typiques (ENT)	p39
5.2.2 Groupe trisomiques 21.....	p41
5.3 Analyse des digraphes.....	p42
5.3.1 Comparaisons inter-groupes.....	p43
5.3.2 Comparaisons intragroupes.....	p45
DISCUSSION.....	p48
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	p54
BIBLIOGRAPHIE.....	p57
ANNEXES.....	p61
RESUME.....	p64

REMERCIEMENTS

Je voudrais dans un premier temps remercier tous les participants qui ont accepté de prendre part à cette étude ainsi que leurs familles. Je les remercie particulièrement pour le temps qu'ils m'ont consacré ainsi que pour leur générosité.

Je tiens à remercier chaleureusement ma promotrice Madame Annick Comblain pour sa disponibilité et son encadrement pour mener à bien ce mémoire.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Liège pour son engagement dans la proposition d'une formation tant théorique que pratique de qualité.

Je souhaite également remercier tous les professionnels qui se sont impliqués dans ce mémoire en m'aidant à rencontrer les participants de cette étude. J'aimerais également remercier de façon plus spécifique les enseignants et directeurs des écoles qui m'ont accueilli généreusement dans leurs locaux.

Je tiens également à remercier particulièrement mes amies pour l'intérêt qu'elles ont exprimé pour ce travail, pour leurs encouragements, leur écoute et leur disponibilité.

Enfin, je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à ma famille et plus particulièrement à mes parents pour leur soutien sans faille tout au long de mes années d'étude, pour la foi qu'ils ont en moi, pour leur engagement dans mes études, pour leur disponibilité et leurs encouragements.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La lecture est aujourd'hui un incontournable dans notre société. Accès à l'information, divertissement, intégration sociale... Elle est un enjeu fondamental pour la réussite scolaire et l'insertion professionnelle. Malgré un important apprentissage réalisé lors de la scolarisation, lire reste difficile pour de nombreux enfants (Casalis, Leloup & Bois Parriaud, 2013). En 2017, Schillings, Géron et Dupont rapportent les résultats de l'enquête PIRLS de 2016 sur le développement des compétences en lecture des enfants de quatrième année de primaire. L'enquête révèle que la France et la Fédération Wallonie-Bruxelles figurent en bas du classement, derrière les autres pays européens. L'enquête montre également que pour ces deux pays, les performances en lecture sont moins bonnes que lors de la précédente étude réalisée en 2011. Depuis plusieurs années, on assiste ainsi à une augmentation significative du pourcentage d'élèves francophones concernés par des difficultés d'acquisition du langage écrit. De plus, nous savons également que les enfants avec des difficultés importantes en lecture apparaissant dès les années de primaire sont plus à risque de voir leurs difficultés perdurer après l'enseignement secondaire (Wanzek et al., 2018). Il est absolument nécessaire d'aider ces enfants à accéder plus facilement à la lecture afin de développer leur autonomie face au monde qui s'offre à eux. Dans le présent travail, nous ciblerons une population particulière de personnes avec des difficultés de lecture.

Il y a quelques années encore, nous pensions que la lecture n'était pas accessible aux personnes avec une déficience intellectuelle. Nous savons maintenant que cet apprentissage est possible pour une partie d'entre eux, selon le degré de déficience intellectuelle observé (INSERM, 2016). Ici nous nous intéresserons particulièrement à la lecture chez des personnes trisomiques 21. Cette pathologie chromosomique s'accompagne habituellement d'une déficience intellectuelle variable, généralement modérée, rendant ainsi possible l'acquisition de la lecture pour certains d'entre eux (Comblain & Thibaut, 2009). Le profil cognitif particulier de la personne porteuse de trisomie 21 rend cependant difficile cet accès au langage écrit. L'objectif principal de notre étude est de faire varier des paramètres de mise en forme du matériel écrit afin d'en améliorer la lisibilité. Nous mesurerons alors l'efficacité potentielle de ce matériel écrit rendu plus lisible.

Alors que quelques recherches ont été faites sur des échantillons d'enfants dyslexiques, il existe à l'heure actuelle peu de littérature sur l'impact d'une amélioration de la lisibilité sur la qualité de la lecture chez les personnes trisomiques 21. Ainsi, des recherches récentes (Zorzi et al., 2012) ont montré que l'augmentation de l'espace inter-lettres dans le matériel écrit proposé à des enfants dyslexiques diminuait les erreurs lors du décodage¹ et augmentait la vitesse de lecture. L'intérêt du présent travail serait de tenter de reproduire cette technique de manipulation de l'espace inter-lettres avec des personnes trisomiques 21 lectrices et d'en mesurer l'efficacité.

Notre question de recherche sera donc la suivante : l'augmentation de l'espace inter-lettres d'un matériel écrit permet-elle à des personnes trisomiques 21 d'améliorer leur lecture (en termes de vitesse et/ou de précision) ?

Dans l'introduction théorique de notre travail, nous commencerons d'abord par un rappel des mécanismes d'acquisition de la lecture et des compétences requises pour lire. Nous détaillerons également l'intervention du système visuel dans la lecture. Ensuite, après avoir défini la trisomie 21 et dressé le profil cognitif général et langagier de cette population nous passerons en revue le profil particulier des personnes trisomiques 21 concernant les habiletés de lecture. Dans cette section nous parlerons également de l'entraînement des capacités associées à la lecture. Enfin, après une définition de la lisibilité, nous nous attarderons sur les paramètres de lisibilité qui influencent la qualité de la lecture.

¹ Opération qui consiste à identifier les sons associés à chacune des lettres pendant la lecture

INTRODUCTION THÉORIQUE

1. La lecture

1.1 Définition et modèles explicatifs

La lecture est la capacité d'accéder au sens d'un énoncé écrit. Gough et Tunmer définissaient déjà en 1986 la célèbre équation : « Lecture = décodage x compréhension ». Le décodage fait référence à la maîtrise des correspondances graphèmes²-phonèmes³, c'est-à-dire la correspondance entre les lettres et les sons. Ce décodage est indispensable pour reconnaître les mots d'un texte. Il nécessite un apprentissage spécifique à chaque langue. L'identification des mots écrits est la composante spécifique de la lecture. La compréhension renvoie quant à elle à la capacité de comprendre le sens des mots. Le bon fonctionnement de ces deux composantes est indispensable au bon déroulement de la lecture, c'est-à-dire à la possibilité de comprendre le texte écrit. Mais comment lit-on concrètement ?

De nombreux modèles permettant de rendre compte du fonctionnement des procédures d'identification des mots écrits ont été élaborés. Actuellement, le modèle de référence est le modèle à double voie (dual route computational, Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001). Ce modèle présente deux manières possibles et toutes deux indispensables pour lire les mots. Nous allons expliquer les bases de ce modèle dont une illustration est présentée à la figure 1.

Nous allons commencer par décrire brièvement les différents composants de ce modèle. Le premier composant est le système d'analyse visuelle. Ce système fait référence à la vision du lecteur des traits graphiques composant les lettres. Cette vision active une représentation abstraite des lettres qui sont alors identifiées. À partir de là, deux voies sont possibles pour lire cette séquence de lettres. Une des possibilités concerne l'intervention du système de conversion grapho-phonémique. Ce système permet de lire le mot grâce à la conversion des

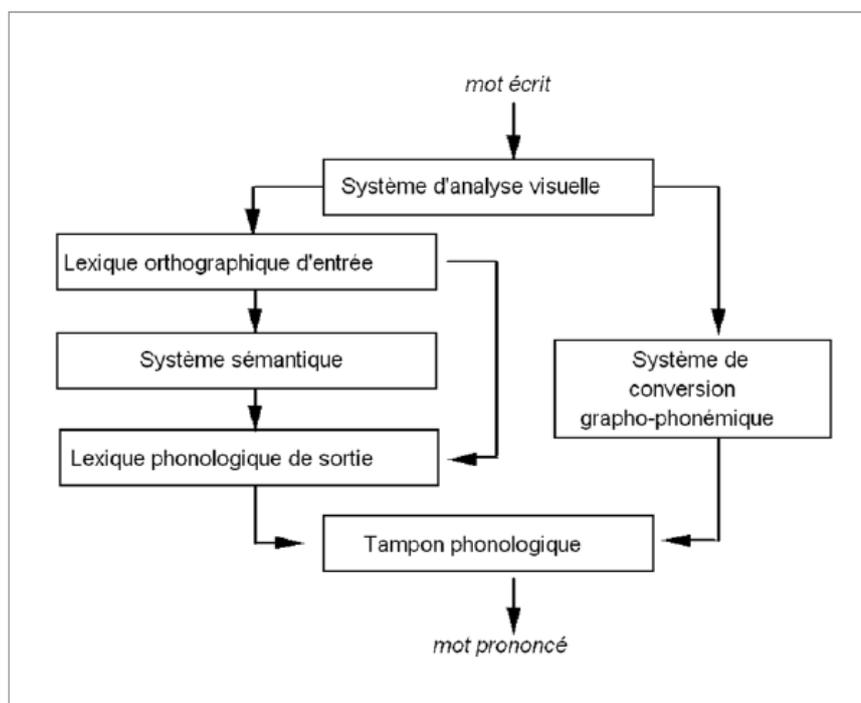
² Lettre ou groupe de lettres transcrivant un phonème

³ Unité distinctive de son

graphèmes (les lettres) en leur phonème associé (le son que fait la lettre, ou le groupe de lettres). Cette succession de phonèmes est ensuite prise en charge par le tampon phonologique dont le rôle consiste à stocker temporairement les phonèmes constitutifs du mot qui pourra être prononcé une fois que les traitements articulatoires seront prêts.

La seconde possibilité pour que le mot soit lu à partir du moment où les lettres sont identifiées est que la succession de lettres évoque un mot déjà rencontré auparavant. Dans ce cas-là, le mot familier se trouve dans ce que les auteurs appellent le lexique orthographique d'entrée. Il s'agit d'un composant qui stocke la représentation orthographique des mots écrits familiers. Le sens du mot familier n'est accessible qu'au moment de l'activation du composant suivant : le système sémantique. Le mot est alors compris. Ensuite, le lexique phonologique de sortie est activé. Il stocke les représentations phonologiques des mots. Puisqu'il s'agit ici d'un mot familier, la succession de phonèmes fait partie de ce lexique et est activée par la représentation sémantique. Intervient alors le tampon phonologique décrit plus haut. Une fois que le traitement articulatoire est possible, le mot est prononcé. Finalement, que peut-on retirer de ce modèle concernant la lecture ?

Figure 1. Les composants du modèle à deux voies. À gauche la voie d'adressage, à droite la voie d'assemblage. Dual route computational, Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001.



1.1.1 Les voies de lecture : l'assemblage et l'adressage

Dans un système orthographique tel que le français, deux types de connaissances sont nécessaires pour prononcer correctement tous les mots écrits. Tout d'abord, il faut connaître les principes généraux qui régissent les différentes conversions entre les lettres et les sons. Il s'agit du décodage mentionné plus haut. Dans la littérature on parle de la voie d'assemblage, de la voie non lexicale (indirecte) ou encore de la procédure de conversion grapho-phonémique (Roche, 2013). Cette voie de lecture permet de lire des nouveaux mots n'ayant jamais été rencontrés auparavant. Elle ne permet cependant pas de lire les mots « irréguliers » (c'est-à-dire qui ne se lisent pas exactement comme ils s'écrivent, par exemple « chorale ») étant donné que ces derniers ne respectent pas les règles habituelles d'association entre les lettres et les sons.

Dès lors, une seconde voie de lecture est nécessaire pour lire ces types de mots. Cette voie de lecture repose sur les connaissances relatives à la prononciation spécifique des mots écrits pour lesquels les règles de conversion ne sont que partiellement applicables. C'est donc cette voie de lecture qui permet de lire les mots irréguliers. Il s'agit de la voie d'adressage, également appelée voie lexicale (directe) (Roche, 2013). Cette procédure de lecture, lorsque l'apprentissage a été efficace, permet d'avoir un accès direct à une représentation orthographique stockée en mémoire (c'est-à-dire dans le lexique orthographique d'entrée décrit plus haut). Elle permet donc au lecteur de lire également les mots familiers, c'est-à-dire déjà rencontrés auparavant dans leur forme écrite. Selon ce modèle à deux voies, les deux procédures de lecture décrites fonctionnent de façon indépendante. Nous allons voir que d'autres auteurs ne partagent pas cette conception d'indépendance des voies de lecture.

Ainsi, Share (1995), postule que l'utilisation du recodage phonologique (la conversion graphème-phonème, le décodage) est une condition essentielle au développement des représentations orthographiques (voie d'adressage, lecture par accès direct). La procédure d'assemblage peut être considérée comme un véritable mécanisme d'autoapprentissage sans lequel la formation d'un stock de représentations orthographiques (la mémorisation des formes orthographiques des mots) serait fortement compromise. En effet, le décodage joue un rôle majeur. Ce dernier rend le lecteur autonome parce qu'il lui permet de lire les nouveaux

mots qu'il rencontre. Or au début de l'apprentissage de la lecture, la majorité des mots que l'enfant rencontre sont nouveaux pour lui. À ce moment-là, l'enfant n'a pas d'autre choix que de lire le mot par conversion grapho-phonémique. Le fait d'avoir opéré ce décodage va par la suite conférer à la séquence de lettres rencontrée un code lexical. Elle va donc pouvoir être progressivement mémorisée de plus en plus précisément au fur et à mesure que le mot sera rencontré de nouvelles fois. Ainsi, l'accès direct au mot (sans déchiffrement) est permis par un décodage répété ultérieur. Autrement dit, pour reconnaître un mot immédiatement sans le déchiffrer, il faut au préalable l'avoir décodé lettre par lettre à plusieurs reprises pour que le mot soit mémorisé.

Share considère le recodage phonologique et l'accès direct non comme des étapes différentes dans le processus développemental de la lecture mais comme des mécanismes qui s'alimentent mutuellement et se développent simultanément. Selon lui, il ne faut pas que le recodage phonologique soit complètement maîtrisé pour que les premières représentations orthographiques puissent se former.

1.2 Compétences associées à la lecture

1.2.1 La conscience phonologique

Le recodage phonologique constitue le véritable moteur de l'acquisition de la lecture grâce au processus d'auto-apprentissage qu'il permet (Share, 1995). Le décodage requiert bien évidemment un apprentissage des relations entre les lettres et les sons. Un certain niveau de conscience phonologique est également requis. Cette dernière est probablement un des domaines les plus étudiés en relation avec l'apprentissage de la lecture (Casalis, Leloup & Bois Parriaud, 2013). Elle peut se définir comme la conscience que les mots peuvent être décomposés en unités plus petites (par exemple les syllabes, ou encore les phonèmes). Finalement, elle fait référence à la capacité d'analyser consciemment les sons du langage. Elle constitue un facteur essentiel pour permettre à l'enfant de comprendre que les mots se composent de plusieurs sons qui peuvent être segmentés (c'est-à-dire les phonèmes). La conscience phonologique ne recouvre pas nécessairement une compétence homogène. Casalis, Leloup et Bois Parriaud ont repris plusieurs dimensions de conscience phonologique.

La première est la taille de l'unité : la syllabe, la rime ou bien le phonème. La seconde est l'opération cognitive en jeu : identification, comptage, ajout, suppression, ou encore inversion...

Notons que le développement de la compétence de lecture et le développement de la conscience phonémique entretiennent une relation de facilitation mutuelle au cours des premières années d'apprentissage de la lecture. En effet, en commençant son apprentissage de la lecture dans un code alphabétique, l'enfant est sensibilisé à la structure phonémique des mots et développe une conscience phonémique qui en retour va favoriser l'acquisition de la stratégie de recodage phonologique en lecture (Gathercole et Baddeley, 1993).

Finalement, au début de l'apprentissage de la lecture, le développement de la conscience phonémique et la connaissance de certaines relations entre les lettres et les sons permettent à l'enfant de décoder de manière partielle et de développer ainsi un mécanisme d'auto-apprentissage rudimentaire (Share, 1995). Au fur et à mesure que l'enfant s'entraîne à lire, ses capacités de recodage phonologique vont devenir plus élaborées. Ce processus de décodage oblige l'enfant à porter son attention sur chacune des lettres qui composent le mot. Ainsi, la mémorisation de la forme orthographique du mot paraît favorisée par le recodage phonologique, ce qui permettra par la suite que l'enfant ait un accès direct au mot.

1.2.2 La mémoire phonologique à court terme

La mémoire à court terme phonologique joue également un rôle dans l'apprentissage de la lecture. Elle fait référence à un système de mémoire de capacité limitée responsable du maintien temporaire d'informations verbales. Dans ce système de mémoire, l'information est stockée sous forme de code phonologique. Gathercole et Baddeley en 1993 ont en effet montré que la mémoire phonologique à court terme joue un rôle dans le développement de la stratégie de recodage phonologique en lecture. Casalis, Leloup et Bois Parriaud (2013) nuancent cette affirmation. Selon eux, les faiblesses en mémoire à court terme phonologique traduisent davantage une conséquence des difficultés de lecture plutôt qu'une cause.

1.2.3 La dénomination rapide automatisée

La dénomination rapide automatisée constitue également un prédicteur du niveau de lecture. Il s'agit de la capacité à dénommer de façon rapide et continue des séries d'objets hautement familiers. Il peut aussi s'agir de lettres, chiffres ou couleurs. Dans ce genre de tâches, la vitesse de dénomination est chronométrée et les erreurs sont notées. Des études longitudinales prédictives ont montré que les performances en dénomination rapide mesurées chez des prélecteurs étaient des bons prédicteurs de leur niveau ultérieur en lecture (Manis, Doi & Bhadha, 2000).

Par ailleurs, un certain nombre d'études montrent que les enfants dyslexiques (un trouble spécifique d'acquisition de la lecture) prennent davantage de temps à réaliser les tâches de dénomination rapide que des enfants contrôles de même âge (Wolf & Bowers, 1999).

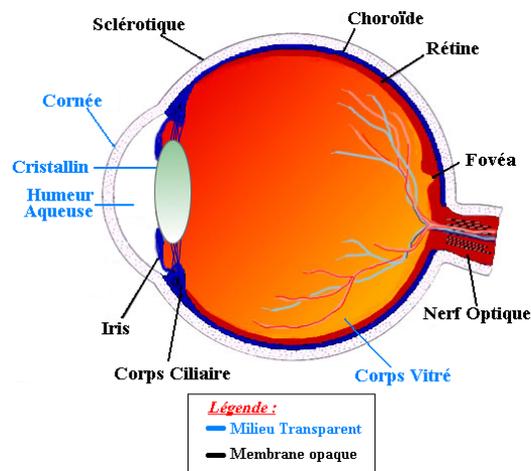
1.2.4 La conscience de l'écrit

Enfin, la conscience de l'écrit moins souvent nommée mais tout aussi importante, influence également l'apprentissage de la lecture (Thériault, 2010). Il s'agit de connaissances au sujet du langage écrit que l'enfant acquiert avant l'enseignement formel de la lecture. Ces connaissances et habiletés réfèrent à l'aspect plus fonctionnel de l'écrit. Thériault cite les habiletés et connaissances suivantes : les caractéristiques du langage écrit, la notion d'orientation du sens de la lecture, le concept de lettre-mot-phrase, le lien entre le langage oral et le langage écrit, la sensibilisation à l'aspect sonore de la langue et enfin le processus d'écriture.

1.3 Mécanismes physiologiques de la lecture : le système visuel

De toute évidence, la lecture est une activité dépendante de la perception visuelle. Nous allons clôturer cette première partie par une brève description anatomique du système visuel ainsi que son fonctionnement lors de la lecture. La figure 2 ci-dessous représente l'anatomie de l'œil.

Figure 2. Composants anatomiques de l'œil. Par « bioinformatics.org »



1.3.1 Description anatomique

Le site internet « ophtasurf » propose une description des différents composants de l'œil. Nous décrivons ici uniquement les principaux. L'information visuelle captée par les yeux est dirigée vers la rétine. Il s'agit d'une couche sensible à la lumière grâce aux photorécepteurs⁴. Ces photorécepteurs sont de deux types : les cônes et les bâtonnets. Les cônes sont logés dans la fovéa. Il s'agit d'une zone située au centre de la rétine, dont l'acuité est la plus élevée. Ainsi, les cônes permettent une grande perception des détails, mais sont peu sensibles à la lumière. Les bâtonnets sont quant à eux situés en dehors de la fovéa, en périphérie de la rétine (une zone où l'acuité visuelle est moindre que dans la fovéa). A l'inverse des cônes, ils ont une très grande sensibilité à la lumière (ils permettent la vision de nuit) mais ils ont une très faible perception des détails et des couleurs.

1.3.2 Le rôle fonctionnel de l'œil dans la lecture

Concernant le fonctionnement de l'œil pendant la lecture, Sprenger-Charolles en 1986 rapporte que lorsqu'on lit, l'œil se déplace le long des lignes d'un texte avec des périodes de saccades et de fixations. Autrement dit, pendant la lecture l'œil alterne entre des périodes de mouvement le long de la ligne et des périodes d'arrêt. Ces périodes de fixation permettent de

⁴ Cellules réceptrices des stimuli lumineux

prendre l'information visuelle. Ainsi, l'empan de lecture peut se définir par la taille de la zone autour du point de fixation à l'intérieure de laquelle le lecteur peut reconnaître les caractères. Plus un caractère est proche du centre de la zone de fixation (c'est-à-dire dans la zone fovéale), plus l'acuité de ce caractère est bonne. A l'inverse, plus un caractère se situe à l'extrémité de la zone de fixation (c'est-à-dire éloigné de la fovéa) plus ce caractère est difficile à percevoir de façon nette. Ainsi, les saccades permettent de déplacer la zone de fixation plus loin dans la ligne, ce qui permet de lire les lettres qui n'étaient pas dans le centre de la zone de fixation précédente. Sprenger-Charolles rapporte également que cet empan de lecture serait en moyenne de sept. Cela signifie qu'en vision fovéale, le lecteur est en moyenne capable de distinguer nettement sept caractères lors d'une fixation oculaire.

En synthèse de cette première partie, retenons que la lecture est le produit des capacités de décodage et de compréhension. Deux voies de lecture permettent de lire tous les mots de la langue : la voie d'assemblage (décodage) et la voie d'adressage (accès direct). Les compétences associées à la lecture sont la conscience phonologique, la mémoire phonologique à court terme, la dénomination rapide automatisée et la conscience de l'écrit. La lecture est permise par le balayage de l'œil qui alterne des périodes de saccades entrecoupées de fixations. Nous avons vu le fonctionnement général de la lecture. Nous allons à présent aborder la lecture chez les personnes porteuses de trisomie 21.

2. La trisomie 21 et la lecture

Les difficultés d'apprentissage de la lecture peuvent concerner différentes populations. Ces populations sont caractérisées par un profil cognitif général qui leur est propre, et plus précisément par un niveau cognitif non verbal, des difficultés associées en langage oral et par un fonctionnement cérébral et des fonctions sensorielles spécifiques. (Casalis, Leloup & Bois Parriaud, 2013). Dans cette section nous allons nous intéresser à la lecture chez les personnes trisomiques 21.

2.1 Qu'est-ce que la trisomie 21 ?

La trisomie 21 a été nommée ainsi par Jérôme Lejeune dans les années 1960. Le site internet de la fondation Jérôme Lejeune en propose la description suivante. La trisomie 21 (également appelée Syndrome de Down) est une maladie causée par une anomalie chromosomique. Les personnes porteuses de trisomie 21 présentent trois chromosomes⁵ 21 à la place d'une seule paire. La présence de ce chromosome excédentaire s'explique par une anomalie lors de la division cellulaire. Cette perturbation chromosomique déséquilibre l'ensemble du fonctionnement de l'organisme. Elle entraîne un retard mental permanent ainsi qu'un retard de développement. Elle constitue la cause la plus fréquente de retard mental d'origine génétique. Dans les pays industrialisés, la prévalence de la trisomie 21 est d'environ 1 naissance sur 1500 (Comblain & Thibaut, 2009). Dans la majorité des cas, la trisomie 21 n'est pas héréditaire, c'est-à-dire qu'elle ne se transmet pas des parents aux enfants.

En 2009, Comblain et Thibaut rapportent que le quotient intellectuel⁶ (QI) moyen se situe aux alentours de 40 – 45, ce qui correspond à un retard mental modéré. Le QI maximum peut atteindre 65 (retard mental léger) à 79 (intelligence située dans la norme inférieure). Dans les premiers mois de vie, la vitesse d'acquisition des savoir-faire est souvent normale d'un point de vue développemental. Ce n'est que par la suite que le développement intellectuel, langagier et moteur est retardé.

Enfin, notons qu'un syndrome bucco-facial est associé à la trisomie 21. Il se caractérise par des anomalies dentaires (telles que des malpositions⁷ et des agénésies⁸), une hypotonie linguale, labiale et jugale et des dysmorphoses bucco-dentaires⁹. Ces caractéristiques viennent perturber la déglutition, la phonation¹⁰, la respiration et la mastication (Hennequin, Faulks & Veyrune, 2000).

⁵ Élément de la cellule vivante, de forme caractéristique et en nombre constant (23 paires chez l'homme), situé dans le noyau de la cellule.

⁶ Résultat d'un test psychométrique qui donne une indication de l'intelligence dont la moyenne est égale à 100

⁷ Se dit d'une dent avec une position anormale sur les arcades ou qui établit de mauvais contacts dentaires

⁸ Absence d'une ou plusieurs dents

⁹ Anomalies de la forme des dents ou de la bouche

¹⁰ Ensemble des phénomènes qui conduisent à la production de la voix et du langage articulé.

2.2 Profil cognitif¹¹ général et langagier des personnes trisomiques 21

Avant tout, rappelons que la trajectoire développementale de chaque personne trisomique 21 est spécifique et ne peut se comprendre uniquement en prenant comme référence le développement typique du trouble. Néanmoins, de manière générale nous allons décrire le profil cognitif et langagier des personnes trisomiques 21.

2.2.1 Profil cognitif, perceptif et comportement social

Au niveau cognitif, des déficits concernant les capacités attentionnelles et de mémoire phonologique à court terme sont relevés (Comblain & Rondal, 2001). Les activités perceptives telles que la discrimination visuelle et auditive sont déficitaires chez les enfants trisomiques 21. Cependant, aucun déficit majeur n'est observé au niveau des capacités d'adaptation sociale (Tsao & Céleste, 2006). De plus, les capacités visuo-spatiales des enfants trisomiques 21 sont relativement préservées contrairement aux capacités langagières (Wang, 1996).

2.2.2 Profil langagier

Concernant le profil langagier, des déficits spécifiques de la production langagière ont été mis en évidence chez les personnes trisomiques 21 comparativement aux enfants en développement normal. Les aspects phonétiques et phonologiques de la langue sont globalement similaires à l'enfant en développement normal. Ainsi, même si le développement articulaire est lent et difficile pour les enfants trisomiques 21 (notamment à cause du syndrome bucco-facial), la progression globale semble correspondre à celle des enfants en développement normal (Comblain & Thibaut, 2009). Notons tout de même que la discrimination auditive¹² fine reste difficile pour les personnes trisomiques 21. Concernant les premières productions, le babillage s'étend sur une période plus longue et persiste bien après l'acquisition des premiers mots chez le jeune enfant trisomique 21.

¹¹ Cognition : l'ensemble des processus mentaux qui se rapportent à la fonction de connaissance et mettent en jeu la mémoire, le langage, le raisonnement, l'apprentissage, l'intelligence, la résolution de problème, la prise de décision, la perception ou l'attention.

¹² Distinction que l'oreille fait entre deux sons différents

Concernant le développement lexical, Comblain et Thibaut rapportent également que l'acquisition du vocabulaire produit et compris suit un ordre similaire à celui de l'enfant en développement normal, mais est retardée. Les auteurs ajoutent que la phase d'acquisition rapide du vocabulaire habituellement observée entre 18 et 24 mois est également retardée chez les enfants trisomiques 21. Ce retard peut s'expliquer par la difficulté qu'a l'enfant trisomique 21 à poser les yeux sur un objet verbalement désigné par l'interlocuteur. L'attention conjointe, (c'est-à-dire la capacité de deux personnes à pouvoir porter leur attention simultanément sur un même objet) apparaît en effet plus tardivement chez les enfants trisomiques 21.

Par ailleurs, les enfants porteurs de trisomie 21 ont d'importantes difficultés morphosyntaxiques¹³ : ils produisent des phrases qui sont plus simples et plus télégraphiques que les enfants en développement typique (Verucci, Meghini & Vicari, 2006). Les caractéristiques principales des productions morphosyntaxiques des personnes trisomiques 21 sont : des omissions de morphèmes grammaticaux (tels que le marquage du genre et du nombre) et des omissions fréquentes au niveau des articles définis et indéfinis (Comblain & Thibaut, 2009). Les premiers mots et les combinaisons de deux mots apparaissent à un âge cohérent par rapport au niveau général de développement de l'enfant trisomique 21 mais qui reste néanmoins retardé par rapport à l'enfant en développement normal.

Enfin, le développement pragmatique¹⁴ semble être une force chez les personnes trisomiques 21. En effet, ils sont capables de demander efficacement pour obtenir un objet (Comblain & Thibaut, 2009). De même, les auteurs affirment que la fréquence des actes de parole (c'est-à-dire les questions, affirmations, ordres...) est semblable à celle d'enfants tout-venant appariés selon l'âge mental. Cependant, les personnes trisomiques 21 éprouvent des difficultés dans des tâches de communication référentielle. Il s'agit d'une tâche de communication visant la mise en commun d'une information. Les personnes trisomiques 21 ont alors des difficultés pour se rendre compte qu'elles sont en situation de communication, estimer les besoins en

¹³ Productions grammaticales (notamment en termes d'accords et de structures et constructions des phrases)

¹⁴ Renvoie à l'utilisation sociale du langage avec la prise en compte du contexte d'énonciation

information de l'interlocuteur, et pour réaliser qu'elles n'ont pas compris quelque chose (Comblain & Thibaut, 2009).

Précisons à nouveau que malgré des retards de développement plus ou moins importants, un certain nombre d'enfants avec déficience mentale peuvent acquérir des habiletés de lecture. Comment sont développées les compétences associées à la lecture chez les personnes trisomiques 21 ?

2.3 Compétences associées à l'apprentissage de la lecture

2.3.1 La voie d'assemblage

Dans leur méta-analyse en 2012, Næss, Melby-Lervag, Hulme et Halaas Lyster rapportent que les personnes porteuses de trisomie 21 obtiennent des performances faibles dans les tâches de lecture de non-mots¹⁵. Ce type d'épreuve nécessite de bonnes capacités de décodage phonologique pour être réussi. En effet, pour lire des mots qui n'existent pas il est impossible de s'aider des connaissances orthographiques mémorisées puisque ces items n'ont jamais été rencontrés, le lecteur n'a d'autre choix que de procéder par recodage phonologique. Cela sous-entend ici que les personnes trisomiques 21 présentent des difficultés à décoder les mots en se basant sur le processus de conversion graphème-phonème.

2.3.2 La voie d'adressage

En revanche, les auteurs de la méta-analyse relèvent une relative force chez les personnes trisomiques 21 : il s'agit de la capacité à identifier les mots. En 2016, Loveall et Connors rapportent une hypothèse formulée dans plusieurs études suite à ce constat. Puisque des difficultés au niveau du décodage sont avérées, la bonne capacité à identifier les mots s'expliquerait par un apprentissage de la lecture davantage basé sur la reconnaissance visuelle des mots. Il faut par ailleurs rappeler que les personnes porteuses de trisomie 21 possèdent des capacités visuo-spatiales relativement bien préservées. Ces bonnes compétences visuelles

¹⁵ Suite de lettres ne faisant pas référence à un mot existant, « mot » inventé (exemple : « rinpoli »)

pourraient faciliter la mémorisation orthographique des patterns de lettres qui composent les mots. De plus, les mêmes auteurs rapportent que les personnes porteuses de trisomie 21 ont une performance similaire aux enfants en développement normal (de même niveau d'identification des mots) pour la lecture de mots irréguliers. Les mots irréguliers ont en effet la particularité de se lire par la voie d'adressage, c'est-à-dire par accès direct via une mémorisation de leur forme orthographique étant donné que les règles habituelles de décodage ne sont pas totalement applicables. Il semble ainsi que pour identifier les mots, les personnes porteuses de trisomie 21 s'appuient plus fortement sur les connaissances orthographiques spécifiques des mots que ne le font les enfants en développement normal.

Cette hypothèse de lecture visuelle (initialement formulée par Buckley, 1985) ne fait cependant pas l'unanimité. Ainsi dans leur étude en 2009, Cardoso-Martins, Peterson, Olson et Pennington affirment qu'il est peu probable que les enfants trisomiques 21 apprennent à lire visuellement sans porter attention aux relations entre les lettres et les sons. Ils suggèrent une utilisation partielle des correspondances entre les lettres et les sons plutôt qu'une absence totale d'utilisation de cette voie de conversion lors de la lecture. Les auteurs rapportent également que des études avec des enfants plus âgés et des adultes ont montré que les personnes trisomiques 21 apprenaient à lire en décodant les sons associés aux lettres comme le font les enfants tout-venant.

2.3.3 La conscience phonologique

Il est aujourd'hui bien établi que la conscience phonologique et la connaissance des correspondances entre les lettres et les sons sont les fondements du développement de la lecture chez les enfants en développement normal. Ces compétences sont des prédicteurs importants des habiletés de reconnaissance des mots dans les premiers stades de développement de la lecture. Nous avons vu que les personnes trisomiques 21 avaient des difficultés pour décoder les non-mots. Quelles sont leurs capacités de conscience phonologique ? Comment leur niveau de conscience phonologique influence-t-il leur lecture ? Ces questions ont généré de nombreuses recherches au sein de la communauté scientifique dont les résultats et interprétations ont fait débat.

Dans leur article en 2010, Lemons et Fuchs reprennent l'affirmation controversée de Cossu, Rossini et Marshall (1993) selon laquelle « pour apprendre à lire, tous les enfants ne dépendent pas de leurs capacités de conscience phonologique ». Ils ont basé cette affirmation sur l'observation d'enfants trisomiques 21 qui avaient obtenu une performance en lecture similaire à celle d'enfants en développement typique malgré une performance significativement inférieure dans des tâches de conscience phonologique. Les auteurs font alors la supposition que les enfants trisomiques 21 apprennent à lire sans s'appuyer sur leurs capacités de conscience phonologique. Selon eux, chez les personnes porteuses de trisomie 21, la conscience phonologique ne serait pas un prérequis pour la lecture. Cette interprétation de Cossu, Rossini et Marshall a cependant été fortement critiquée, notamment par rapport à la complexité cognitive de la tâche de conscience phonologique proposée, ainsi qu'au niveau méthodologique par la description peu détaillée de leurs procédures de testing et l'interprétation proposée. Néanmoins, l'idée que les personnes trisomiques 21 apprennent à lire par une méthode visuelle qui s'appuie sur une reconnaissance globale des mots à partir de leur apparence visuelle plutôt qu'en les décodant reste influente.

La plupart des études cependant s'accordent pour dire que les jeunes porteurs de trisomie 21 ont des performances significativement inférieures à celles d'enfants tout-venant dans des tâches de conscience phonologique. Lemons et Fuchs affirment toutefois que cela ne signifie pas nécessairement qu'il n'y a pas de relation entre la conscience phonologique et la lecture chez les enfants trisomiques 21 comme le postulent Cossu, Rossini et Marshall. Notamment, Morton et Frith (1993), affirment en effet que dans cette population la conscience phonologique et la lecture sont étroitement liées, tout comme elles le sont chez les enfants en développement typique. De même, Verucci, Meghini et Vicari (2006) soutiennent cette idée. Ils ont montré que des adolescents trisomiques 21 faisaient significativement plus d'erreurs que des enfants tout-venant appariés selon l'âge de lecture dans des tâches de suppression de syllabe initiale, segmentation syllabique et d'identification de rimes. Les deux populations obtenaient cependant des performances similaires pour les tâches de mélange de syllabes et d'identification de la syllabe initiale. La réussite dans la tâche de suppression de syllabe initiale était corrélée à la tâche de lecture de mots chez les adolescents trisomiques 21. Les auteurs considèrent cette corrélation comme un soutien à l'hypothèse selon laquelle la conscience phonologique est liée aux habiletés de lecture chez les personnes porteuses de

trisomie 21. Les auteurs n'ont pas trouvé de données soutenant l'hypothèse d'indépendance entre ces deux compétences.

En 2002, l'étude de Gombert semble mettre un terme à ce débat. En effet il a pu montrer que même si les compétences métaphonologiques (c'est-à-dire de manipulation de phonèmes) des enfants porteurs de trisomie 21 sont inférieures à celles d'enfants en développement normal, elles n'en demeurent pas moins étroitement corrélées avec leur niveau de lecture.

D'autre part, plusieurs auteurs (dont Cardoso-Martins et Frith en 2001) s'accordent pour dire que la limitation des habiletés cognitives des personnes trisomiques 21 influence très probablement leur performance dans les tâches de conscience phonologique. Les tâches de manipulation explicite de phonèmes sont en effet exigeantes cognitivement. Ces auteurs ont montré qu'en créant une tâche de conscience phonologique moins exigeante d'un point de vue cognitif (basée sur la détection de similarités phonémiques dans des mots), les personnes porteuses de trisomie 21 pouvaient obtenir des performances similaires aux enfants en développement typique. Les auteurs font alors l'hypothèse que ces habiletés de conscience phonologique résiduelles seraient suffisantes pour développer les compétences de recodage phonologique permettant aux enfants trisomiques 21 de lire les mots. La manipulation explicite de phonèmes ne serait pas nécessaire pour découvrir le principe alphabétique et l'utiliser pour apprendre à lire. Notons cependant que Hulme et al. (2012) rapportent que les personnes trisomiques 21 ont une moins bonne connaissance des correspondances entre les lettres et les sons comparativement aux enfants en développement typique.

2.3.4 Les compétences en langage oral

D'autre part, dans leur étude, Hulme et al. (2012) rapportent que les compétences en langage oral sont très importantes pour l'acquisition de la lecture. Or, comme nous l'avons vu, les habiletés langagières des enfants trisomiques 21 sont moins développées que celles des enfants en développement typique. De plus, des limitations au niveau du langage oral ont un impact sur le développement de la conscience phonologique tant chez les enfants trisomiques 21 que chez les enfants tout-venant. Les auteurs suggèrent alors de proposer des

interventions au niveau du langage oral chez les personnes trisomiques 21 en travaillant à la fois les difficultés phonologiques mais également les difficultés orales non phonologiques telles que le vocabulaire et la grammaire. De même, Næss, Melby-Lervag, Hulme et Halaas Lyster (2012) précisent que le niveau de vocabulaire est important pour les capacités de décodage des personnes trisomiques 21.

De plus, Buckley et Bird (1993) rappellent que les personnes trisomiques 21 souffrent d'une perte auditive significative qui impacte leur acquisition du langage. Ils sont alors exposés au langage écrit à un moment où leur langage oral est bien moins développé que celui des enfants tout-venant. Les auteurs supposent qu'ils seraient ainsi plus dépendants de leurs capacités d'identification visuelle des mots pour accéder au sens.

2.3.5 La compréhension du langage

Roch et Levorato (2009) ont également montré que la compréhension du langage est importante pour la compréhension de la lecture chez les enfants trisomiques 21. En effet, ils ont comparé le niveau de compréhension en langage oral et la lecture de mots et de non-mots d'enfants trisomiques 21 et d'enfants en développement normal. Les résultats indiquent que pour un même niveau de compréhension écrite, les personnes avec trisomie 21 ont une moins bonne compréhension en langage oral et un meilleur niveau de reconnaissance des mots que les enfants en développement normal. L'analyse des profils montre que la capacité de compréhension orale prédit le niveau de compréhension écrite dans les deux populations.

Verucci, Meghini et Vicari (2006) rappellent qu'il y a une variabilité importante dans les capacités de lecture des personnes porteuses de trisomie 21. Cependant la compréhension de texte (la compréhension étant le but premier de la lecture) est généralement déficitaire. Nous venons en effet de voir les liens de la compréhension écrite avec les capacités de compréhension orale. D'après les auteurs, les habiletés de lecture continuent de se développer alors que les compétences en terme de compréhension de textes n'évoluent que très peu au fil du temps, contrairement aux enfants en développement typique. Ils ajoutent que comparativement au décodage, la capacité à comprendre un texte engendre une plus grande charge cognitive et est par conséquent plus complexe.

2.4 Entraînement des capacités associées à la lecture

2.4.1 Compétences générales

La question est maintenant de savoir si les différentes habiletés pour lesquelles les personnes trisomiques 21 ont des difficultés peuvent être entraînées pour améliorer la lecture. En 2012, Burgoyne et al. affirment qu'à l'heure actuelle il y a peu de données sur la façon d'intervenir au mieux pour améliorer les compétences langagières et de lecture des personnes trisomiques 21. Ils ont alors élaboré un programme d'intervention qui combine un entraînement à la lecture en se basant sur les compétences phonologiques et un entraînement langagier. Au niveau de l'entraînement de la lecture, la connaissance des lettres, la conscience phonologique, l'association des sons et des lettres étaient travaillées. Au niveau de l'intervention langagière, du vocabulaire était enseigné. L'étude montre des progrès significatifs au niveau de la lecture de mots isolés, la correspondance lettre-son, le mélange de phonèmes et le vocabulaire enseigné. Il n'y a cependant pas eu de transfert aux autres compétences (la lecture de non-mots, l'orthographe, le vocabulaire expressif et réceptif et la grammaire). Les auteurs concluent que l'intervention proposée a généré des améliorations dans la lecture et le langage des personnes porteuses de trisomie 21. Les gains étaient cependant plus importants pour les compétences directement enseignées. Il y avait peu de preuves de généralisation aux compétences non directement entraînées.

2.4.2 Compétences phonologiques

Mais qu'en est-il d'un programme d'entraînement à la lecture davantage axé sur les habiletés phonologiques ? C'est ce qu'ont proposé Baylis et Snowling en 2011. Malheureusement leur étude ne porte que sur 10 enfants trisomiques 21. Les résultats fourniront surtout des indications plutôt que des réelles preuves d'efficacité. L'objectif du programme est de tenter d'améliorer les capacités de décodage. Le programme propose un entraînement de deux fois une heure par semaine. L'entraînement se concentre principalement sur les habiletés alphabétiques, la conscience de la rime, le vocabulaire visuel et le décodage de mots. Le programme progresse par petites étapes en se focalisant sur le développement de la connaissance de la correspondance lettre-son, la segmentation, l'appariement et

l'identification des rimes. Pour les 10 enfants on observe une amélioration générale de la lecture de mots et de textes. Le gain reste cependant modeste et la performance des enfants se situe toujours en dessous de la moyenne de ce qui est normalement attendu à leur âge. Le programme a cependant permis un gain important au niveau de la conscience de la syllabe et du phonème. Seuls 4 enfants sur 10 ont montré une généralisation des gains de leurs compétences alphabétiques sur la capacité à lire des non-mots. Malgré le peu de sujets et le fait que chaque sujet est son propre contrôle, selon cette étude, l'entraînement des compétences alphabétiques semble une piste intéressante pour le développement du décodage lors de la lecture.

Goetz et al. (2008) ont également proposé un programme d'entraînement à la lecture et des compétences en conscience phonologique. L'intervention était étalée sur 8 semaines et concernait 15 enfants trisomiques 21. Dans ce programme, les enfants recevaient un entraînement sur la segmentation et le mélange de phonèmes. Ils apprenaient également les correspondances lettres-sons. Ils travaillaient aussi au niveau du mot. Les enfants entraînés ont montré une amélioration significative de leurs compétences alphabétiques (connaissance des correspondances lettres-sons, compétences phonémiques et décodage de mots). Les résultats suggèrent que les enfants porteurs de trisomie 21 pourraient bénéficier d'un programme de lecture structuré basé sur l'entraînement des compétences phonologiques. Un entraînement explicite de la conscience phonologique peut avoir un effet bénéfique sur les compétences de conscience phonologique et les compétences alphabétiques. Les résultats de cette étude sont également à relativiser étant donné le petit nombre de participants.

Ces trois études semblent indiquer que les enfants porteurs de trisomie 21 pourraient bénéficier d'un entraînement de la conscience phonologique pour développer l'apprentissage du décodage. Cela ne signifie pas que les méthodes de reconnaissance globale des mots avec identification de la forme visuelle doivent être abandonnées. Il est possible de travailler les deux approches de façon combinée. C'est d'ailleurs ce que suggèrent Lemons et Fuchs dans leur étude en 2010 : ils mettent en avant la combinaison d'une approche visuelle et phonologique. L'entraînement des compétences phonologiques permettra l'augmentation de la généralisation de la lecture à des mots nouveaux.

En guise de synthèse de cette section, retenons que les personnes porteuses de trisomie 21 sont en difficulté pour décoder les mots via la voie d'assemblage ce qui se traduit par une difficulté à lire des mots nouveaux, inconnus ou inventés. En revanche, les personnes porteuses de trisomie 21 auraient moins de difficultés à accéder directement à certains mots en s'appuyant sur la voie d'adressage. Les personnes trisomiques 21 ont des performances significativement inférieures aux personnes en développement ordinaire dans des tâches de conscience phonologique. Il semble que l'entraînement des capacités de conscience phonologique pourrait les aider à développer leur décodage. Une autre alternative pour améliorer les compétences en lecture serait éventuellement de faciliter l'accès et la lisibilité du support de lecture. C'est ce que nous abordons dans la section suivante.

3. Lisibilité et lecture

3.1 Définition

Un texte qualifié de lisible, est un texte qui peut se déchiffrer facilement. La lisibilité peut être analysée selon deux niveaux : la lisibilité visuelle (c'est-à-dire à un niveau perceptif du texte) et la lisibilité cognitive qui renvoie à la façon dont un texte peut être intégré au niveau cognitif et être compris par le lecteur (Ergolab, 2003). Le premier niveau fait référence notamment au contraste entre la couleur de la police et du fond, le type de police, la taille, l'espace inter-lettres et interlignes... Tandis que le second niveau renvoie quant à lui à la façon d'exprimer les idées, la syntaxe, le lexique, la cohésion ainsi que la cohérence du texte. Ces deux niveaux de lisibilité peuvent donc être manipulés afin de faciliter l'accès du matériel écrit au lecteur. Ainsi, un texte peut être lisible parce qu'il est visuellement confortable et aisé à lire, ou bien parce que les idées y sont clairement expliquées avec un vocabulaire précis par exemple. Notre recherche portera uniquement sur la lisibilité visuelle.

3.2 Paramètres de lisibilité visuelle influençant la qualité de la lecture

3.2.1 Le contraste

Un premier paramètre qui influence la lisibilité d'un texte est le type de contraste utilisé entre la couleur de la police et la couleur du fond. En 2004, Hall et Hanna rapportent que les combinaisons de couleurs ayant le plus grand contraste engendrent une meilleure lisibilité. Ainsi, la combinaison du noir avec le blanc est la combinaison qui rend les textes les plus lisibles. On parle de contraste positif lorsque le texte est noir et le fond blanc et de contraste négatif lorsque le texte est blanc sur un fond noir. La lisibilité serait optimale pour un contraste positif. L'INRS recommande également le contraste positif : il serait moins éblouissant et engendrerait une moins grande fatigue visuelle (Cail, 2017). En 1997, Legge, Ahn, Klitz et Luebker rapportaient déjà que lorsque le contraste d'un texte est faible, la vitesse de lecture est ralentie. Selon eux, un faible contraste réduit l'empan visuel, c'est-à-dire le nombre de lettres qui peuvent être reconnues en une fixation oculaire. En effet les auteurs ont observé un nombre plus important de saccades ainsi que des temps de fixation plus longs ce qui explique le temps de lecture plus important. L'empan visuel peut ainsi passer de 10 caractères identifiés en une fixation à 2 caractères. Le contraste dépend également de la taille des caractères : les petits caractères nécessitent un contraste plus fort pour aboutir à un même niveau de lecture (Baccino & Draï-Zerbib, 2015).

3.2.2 La police

De même, la police choisie influence la lisibilité d'un texte. Le type de police a donc un impact sur la vitesse de lecture. En effet, quand les lettres d'un texte sont plus difficiles à décoder, le lecteur effectue davantage de fixations et ces dernières durent plus longtemps ce qui ralentit la vitesse de lecture (Slattery et Rayner, 2010). Les polices dites « sans serif », c'est-à-dire sans enrichissements graphiques sont plus lisibles que les polices dites « avec serif » (avec enrichissements graphiques, tels que les empattements, qui rendent plus difficile l'identification des lettres). C'est ce que montrent Bernard, Chaparro, Mills et Halcomb en 2002. Il est donc recommandé d'utiliser des polices épurées telles que la police « Arial » plutôt que des polices avec empattements telles que « Times-Roman ».

Par ailleurs, au-delà des effets visuels, l'emploi de certaines typographies peut engendrer un ralentissement « volontaire » de la lecture. Il s'agit par exemple des caractères gras ou des majuscules. En créant ce ralentissement dans la lecture, l'auteur concentre l'attention du lecteur sur le changement de typographie ce qui conduit à une meilleure mémorisation. (Lorch, Lorch & Klusewitz, 1995).

3.2.3 La couleur

L'utilisation ponctuelle de couleurs dans un texte peut améliorer la perception et le traitement de l'information visuelle. L'INRS rapporte toutefois qu'elle est parfois utilisée de manière excessive et inappropriée. Les recommandations sont les suivantes : limiter le nombre de couleurs dans le texte (généralement trois différentes, six au maximum), il est habituellement préférable d'utiliser des couleurs identiques pour grouper des éléments qui vont ensemble et des couleurs différentes pour distinguer des éléments différents. Il est également préférable de choisir des couleurs non adjacentes dans le spectre des couleurs. La couleur n'a pas seulement un impact sur la lisibilité visuelle d'un texte mais également sur la manière de comprendre et d'organiser les informations d'un support écrit (Cail, 2017).

3.2.4 La taille des caractères

En dehors du type de police et de la couleur par rapport au fond, l'identification des caractères dépend également de leur taille. En 2011, Legge et Bigelow rapportent que la taille d'impression critique (c'est-à-dire la plus petite taille de caractère pour laquelle la lecture est possible dans sa vitesse maximale) correspond à des lettres dont la taille est comprise entre 0,2 et 2 degrés d'angle visuel. L'angle visuel correspond à la tangente de l'angle formé par la hauteur de l'objet visé et la distance de l'œil par rapport à cet objet. L'étude de Bernard, Chaparro, Mills, et Halcomb en 2002 révèle que les tailles de police les plus lisibles sont le 12 et le 14.

Lorsque la taille des lettres diminue, l'empan visuel diminue (Legge & Bigelow, 2011). Pour rappel, l'empan visuel correspond à la région située autour du point de fixation à l'intérieure de laquelle les lettres peuvent être reconnues. L'acuité visuelle d'une lettre diminue au fur et

à mesure que celle-ci s'éloigne du point de fixation fovéal. Pour rappel, au niveau oculomoteur, la lecture d'un texte progresse par saccades entrecoupées de fixations qui permettent l'extraction de l'information. Notre aptitude à reconnaître des lettres dépend de la position des caractères sur la rétine. Ainsi, les lettres proches de la zone centrale rétinienne (zone fovéale) sont reconnues avec un maximum d'acuité tandis que les lettres éloignées de la zone fovéale (zone parafovéale et périphérique) sont reconnues de moins en moins facilement proportionnellement à l'éloignement du centre de la rétine (Baccino & Draï-Zerbib, 2015). Legge et Bigelow émettent l'hypothèse que l'empan visuel diminue lorsque la taille des caractères diminue parce que l'espace entre les lettres devient trop petit ce qui engendre un phénomène appelé « crowding » (encombrement visuel) qui diminue la vitesse de lecture.

3.2.5 Encombrement visuel (crowding), espacement et empan visuel

Le phénomène de crowding (ou encombrement visuel) désigne la reconnaissance altérée d'une cible (tel qu'un caractère) en raison de la présence d'objets voisins dans le champ visuel périphérique. Ainsi, lorsque les lettres voisines sont proches de la lettre cible, le lecteur perçoit des formes brouillées, plus difficiles à identifier (Martelli, Filippo, Spinelli & Zoccolotti, 2009). Cet effet de crowding diminue lorsque l'espace entre les lettres est augmenté. Pour autant, chez le sujet tout-venant, augmenter l'espace inter-lettres au-delà de l'espacement standard ne permet pas d'augmenter la vitesse de lecture malgré la réduction du phénomène de crowding (Van den Boer & Hakvoort, 2015). Or, la diminution du crowding devrait faciliter l'identification des lettres et à fortiori des mots, ce qui devrait augmenter la vitesse de lecture. Ce n'est pourtant pas ce qu'ont observé Yu, Cheung, Legge et Chung en 2007. Ils ont même constaté que l'augmentation de l'espace inter-lettres au-delà de l'espacement standard réduit la vitesse de lecture. Cette constatation surprenante s'explique selon eux par le fait qu'augmenter l'espace entre les lettres étend le texte plus loin au niveau de la vision périphérique ce qui d'une part réduit l'acuité mais d'autre part réduit également la taille de l'empan visuel. Si à chaque fixation moins de lettres sont reconnues, il paraît logique que la vitesse de lecture soit ralentie. Les auteurs concluent que la manipulation de l'espace inter-lettres influence à la fois la taille de l'empan visuel et la vitesse de lecture. Ils présumant que l'avantage dû à la diminution du crowding (avec l'augmentation de l'espace entre les lettres) est davantage compensé par le désavantage engendré par la diminution de la taille de l'empan

visuel (à cause des lettres espacées les unes des autres). Les résultats montrent clairement une corrélation entre la vitesse de lecture et la taille de l'empan visuel, ce qui semble appuyer l'interprétation des auteurs. De plus, le même résultat a été observé dans l'étude de He et Legge en 2017.

L'étude de Yu, Cheung, Legge et Chung (2007) a également montré que les effets de l'espacement des lettres sur la vitesse de lecture et la taille de l'empan visuel sont d'autant plus grands que la taille des caractères est petite.

D'autres études ont cependant montré que l'espacement entre les lettres pouvait tout de même améliorer la vitesse de lecture en réduisant le crowding. Ainsi, Chung en 2002 apporte une nuance quant aux résultats précédents. Elle affirme que la vitesse de lecture augmente quand l'espace inter-lettres est agrandi, mais cette observation n'est valable que jusqu'à un certain point critique d'espacement au-delà duquel l'augmentation de l'espace inter-lettres diminue la vitesse de lecture à cause de la réduction de la taille de l'empan visuel, conformément aux résultats de Yu, Cheung, Legge et Chung (2007). Selon elle, augmenter de façon trop importante l'espace inter-lettres va certes diminuer l'effet du crowding mais n'améliorera plus la vitesse de lecture. L'important est donc de doser correctement le degré de l'espacement inter-lettres pour obtenir une réduction du crowding sans réduction trop importante de l'empan visuel.

Finalement, que retenir de l'impact de l'augmentation de l'espace inter-lettres dans la performance en lecture chez les personnes normo-lectrices¹⁶ ? Van Den Boer et Hakvoort en 2015 ont repris de nombreuses études traitant de l'impact de cette notion d'espacement sur la lecture. Toutes les études ne sont pas d'accord sur le sujet, notamment parce que les types de tâches de lecture proposées dans les différentes études varient. Selon eux, l'analyse des différentes études indique que l'augmentation de l'espace inter-lettres améliore les performances en lecture des pauvres lecteurs (tels que les dyslexiques) mais n'a pas d'effet voir même interfère avec la fluence en lecture des normo-lecteurs. Mais plus précisément, que nous dit la littérature à propos de l'effet de l'espacement inter-lettres sur la lecture chez les faibles lecteurs ?

¹⁶ Dont le développement de la lecture s'effectue selon les normes attendues

La manipulation de l'espace inter-lettres avec des enfants dyslexiques montre également un résultat différent de celui observé par Yu, Cheung, Legge et Chung. En 2009, Martelli, Di Filippo, Spinelli et Zoccolotti ont montré que la lecture des dyslexiques était particulièrement affectée par le crowding. Dans leur étude, Zorzi et al. (2012) ont testé 74 enfants dyslexiques français et italiens âgés de 8 à 14 ans. Ils ont comparé la lecture d'un même texte de 24 phrases avec et sans augmentation de l'espace inter-lettres. Pour éviter l'effet de répétition, la moitié des enfants commençait par lire le texte dont l'espace inter-lettres était augmenté et l'autre moitié commençait par le texte « normal ». Deux semaines après, les enfants devaient lire le second texte (avec modification de l'espacement ou non, selon le type de texte qu'ils avaient lu en premier). Les résultats montrent que l'augmentation de l'espace inter-lettres améliore significativement les performances de lecture des enfants dyslexiques.

Enfin, en guise de synthèse de cette partie, nous allons reprendre quelques éléments de la publication de l'Unapei de 2009 concernant les règles européennes pour une information facile à lire et à comprendre. Ce travail a été réalisé afin de faciliter l'accès de la lecture pour les personnes avec déficience intellectuelle. Les recommandations au niveau de la mise en forme sont les suivantes : avoir un contraste suffisant entre la couleur du texte et la couleur du fond, utiliser une police claire facile à lire telle qu'Arial ou Tahoma plutôt qu'une police avec « empatement », ne pas utiliser une écriture trop rapprochée (que ce soit entre les lettres, les mots ou bien les lignes), utiliser une écriture au moins aussi large que la taille 14 d'Arial, et privilégier les minuscules. Pour les normo-lecteurs, conserver un espacement inter-lettres habituel, mais pour les faibles lecteurs, augmenter l'espace inter-lettres.

SYNTHÈSE

Nous avons vu que la lecture peut se définir comme la capacité à accéder au sens d'un énoncé écrit. Pour cela, il est nécessaire de pouvoir correctement décoder les mots et de les comprendre. La lecture d'un mot peut s'effectuer de deux manières (Coltheart et al., 2001). Premièrement, il est possible de décoder le mot en associant les sons correspondant aux lettres les uns à la suite des autres. Il s'agit de la voie d'assemblage. Deuxièmement, la lecture d'un mot peut se faire par un accès direct sans décodage de l'ensemble des lettres. Il s'agit de la voie d'adressage. Nous avons vu également que plusieurs compétences étaient associées à

l'apprentissage de la lecture. Il s'agit de la connaissance de la correspondance entre les graphèmes et les phonèmes, des capacités de conscience phonologique, de la mémoire phonologique à court terme, des capacités de dénomination rapide automatisée et de la conscience de l'écrit. Au niveau physiologique, la lecture est permise par un balayage visuel effectué de la gauche vers la droite. Au cours de ce balayage des périodes de saccades et de fixations sont alternées afin d'assurer la prise d'information visuelle (Sprenger-Charolles, 1986).

Nous savons maintenant que l'apprentissage de la lecture est possible pour une partie des personnes porteuses de trisomie 21, selon le degré de déficience mentale observé (INSERM, 2016). En revanche, le profil cognitif particulier de l'enfant porteur de trisomie 21 rend difficile cet accès au langage écrit. En effet, des déficits au niveau des capacités attentionnelles et de mémoire phonologique à court terme sont relevés (Comblain & Rondal, 2001). Par ailleurs, les capacités de conscience phonologique des personnes trisomiques 21 sont plus faibles que celles des enfants en développement normal. Ces capacités sont fortement liées à l'apprentissage de la lecture pour ces deux populations (Gombert, 2002). D'autre part, les compétences en langage oral sont importantes pour l'acquisition de la lecture (Hulme et al., 2012). Or, comme nous l'avons vu, les habiletés langagières des enfants trisomiques 21 sont moins développées que celles des enfants en développement typique.

Concernant la lecture, les personnes porteuses de trisomie 21 sont en difficulté pour lire des mots qui n'existent pas, ce qui suggère une altération des capacités de décodage phonologique, c'est-à-dire des capacités à décoder les mots en se basant sur un processus de conversion graphème-phonème (Næss et al., 2012). Cependant, les personnes trisomiques 21 parviennent relativement bien à identifier les mots (Loveall & Connors, 2016). De plus, nous savons que les capacités visuo-spatiales sont plutôt bien préservées. La bonne capacité à identifier les mots pourrait éventuellement s'expliquer par un apprentissage de la lecture davantage basé sur la reconnaissance visuelle des mots. Si le canal visuel des personnes porteuses de trisomie 21 est préservé, il semble intéressant de tenter d'optimiser la lisibilité des textes.

Ainsi, nous avons vu que différentes adaptations au niveau de la mise en forme des textes étaient possibles pour améliorer la lisibilité. Notamment, il est recommandé d'utiliser un contraste positif entre la couleur de la police et la couleur du fond (Hall & Hanna, 2004). Il est également recommandé d'utiliser des polices épurées sans empattements telles que la police « Arial » plutôt que des polices avec empattements telles que « Times-Roman » (Bernard et al., 2002). Les mêmes auteurs rapportent que les tailles de police les plus lisibles sont le 12 et le 14.

Enfin, nous avons vu que lorsque le type de police n'est pas adapté ou encore que la taille de la police est trop petite, la perception et l'identification des lettres peut être perturbée par le phénomène de crowding (également dit « encombrement visuel »). Ce phénomène apparaît de façon plus importante encore chez les personnes dyslexiques (Zorzi et al., 2012). Ces mêmes auteurs ont pu montrer que l'augmentation de l'espace inter-lettres réduisait l'effet de crowding chez les personnes dyslexiques. Pourtant, chez le sujet tout venant, augmenter l'espace inter-lettres n'augmente pas la vitesse de lecture malgré la diminution de l'effet de crowding (Yu et al., 2007). Les auteurs expliquent cela par la diminution de la taille de l'empan visuel, qui se produit conjointement à l'augmentation de l'espace entre les lettres (puisque les lettres sont espacées, à chaque fixation il y en a moins qui sont reconnues). Mais qu'en est-il chez les personnes trisomiques 21 ?

OBJECTIFS ET HYPOTHESES

L'objectif général de cette étude est de voir si par une simple manipulation de la mise en forme d'un texte, les personnes porteuses de trisomie 21 accèdent plus facilement à la lecture grâce à un gain en lisibilité. Plus précisément, à travers cette recherche, nous souhaitons voir si l'augmentation de l'espace inter-lettres du matériel écrit aide les personnes trisomiques 21 à améliorer leur performance de lecture (que ce soit en termes de vitesse et/ou de précision) grâce au gain de lisibilité engendré.

Pour rappel, lorsque l'espace inter-lettres est modifié, plusieurs paramètres sont à prendre en compte. Tout d'abord, lorsque l'espace entre les lettres est augmenté, l'effet de crowding est diminué. Cet effet de crowding a été identifié comme particulièrement influent chez les

enfants dyslexiques, pour qui l'augmentation de l'espace inter-lettres permet de diminuer ce phénomène et ainsi d'améliorer la lecture (Zorzi et al., 2012). Cependant, un autre paramètre est réduit lorsque l'espace entre les lettres est augmenté : il s'agit de l'empan visuel. Ce paramètre fait référence au nombre de lettres qui peuvent être reconnues en une fixation oculaire. L'acuité visuelle est maximale au niveau du point de fixation visuel et diminue lorsque l'on s'en éloigne (Legge & Bigelow, 2011). Ainsi, lorsque l'espace entre les lettres est augmenté, le nombre de lettres situé dans le point de fixation diminue et moins de lettres sont reconnues à chaque fixation, ce qui ralentit la lecture.

Deux hypothèses peuvent alors être formulées :

- La première : les personnes trisomiques 21 sont sensibles au phénomène de crowding, et dans ce cas l'augmentation de l'espace inter-lettres les aidera probablement à mieux identifier les lettres et les mots ce qui entraînera une amélioration de leur performance de lecture.
- La seconde hypothèse : que les personnes trisomiques 21 soient sensibles ou non au crowding, l'augmentation de l'espace inter-lettres même si elle diminue le crowding, entraînera également une réduction de la taille de l'empan visuel ce qui réduira la vitesse de lecture.

Pour tester ces hypothèses, nous nous inspirons de l'étude de Zorzi et al. (2012) en proposant deux séries de mots et non-mots identiques hormis l'espace inter-lettres qui est augmenté pour l'une des séries de mots. Les enfants sont répartis aléatoirement soit dans le groupe qui commence par lire les mots et non-mots dont l'espace inter-lettres est augmenté soit dans le groupe qui commence par lire les mots et non-mots dont l'espace inter-lettres n'est pas modifié. Deux semaines plus tard (au minimum), les enfants lisent les mots et non-mots de la condition qu'ils n'ont pas encore vu. Nous comparerons ensuite les performances des deux lectures en analysant notamment la vitesse de lecture (le nombre de mots lus par minute) et la précision de la lecture (le nombre de mots lus correctement) lors de la lecture des deux listes.

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Participants

L'étude comporte vingt et un participants : neuf enfants porteurs de trisomie 21 et douze enfants tout-venant qui ne sont pas porteurs de trisomie 21.

Les enfants tout-venant sont recrutés via des écoles en France. Après l'accord des directeurs, des documents informatifs/administratifs de l'étude ont été distribués aux enfants de 2^e primaire (lettre informative de l'étude, formulaire d'anamnèse, consentement éclairé et formulaire d'information au volontaire). Les enfants dont les parents avaient complété et signé les différents documents et qui respectaient les critères d'inclusion étaient retenus pour l'étude.

Les critères d'inclusion sont : être en 2^e année de primaire (CE1), ne pas avoir de difficultés particulières dans le développement de la lecture (être considéré comme normo-lecteur), avoir une vision correcte ou corrigée par des lunettes.

Les différentes rencontres avec les participants se faisaient directement dans leur école.

Les personnes porteuses d'une trisomie 21 sont également recrutées en France. Elles ont été recrutées par l'intermédiaire d'IME (Institut Médico-Éducatif), d'IMPro (Institut Médico-Professionnel), d'ESAT (Etablissement et Service d'Aide par le Travail), et d'orthophonistes. Une fois que les différents services et professionnels avaient donné leur accord, des documents informatifs/administratifs de l'étude ont été distribués directement aux personnes porteuses de trisomie 21 (lettre informative de l'étude, formulaire d'anamnèse, consentement éclairé et formulaire d'information au volontaire). Les participants potentiels dont les parents avaient complété et signé les différents documents et qui respectaient les critères d'inclusion étaient retenus pour l'étude.

Les critères d'inclusion sont : être lecteur, avoir une vision normale ou corrigée par des lunettes.

Les différentes rencontres se déroulaient au domicile des participants.

Les deux groupes de participants sont appariés selon leurs résultats obtenus aux épreuves décrites dans le point « matériel d'appariement » développé dans la section ci-dessous. Les résultats d'appariement avec le test non paramétrique U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants se trouvent dans le tableau 1.

Tableau 1. Appariement des groupes selon le test U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants (n=21).

Epreuves	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
RAVEN	24,500	0,035*	r=-0,460	Différence statistiquement significative
EVIP	59,500	0,695	r=-0,086	Pas de différence statistiquement significative
Conversion graphème-phonème	29,000	0,073	r=-0,391	Pas de différence statistiquement significative
Mots réguliers freq+ score	36,500	0,203	r=-0,278	Pas de différence statistiquement significative
Mots réguliers freq+ temps	48,000	0,669	r=-0,093	Pas de différence statistiquement significative
Mots réguliers freq- score	52,000	0,886	r=-0,031	Pas de différence statistiquement significative
Mots réguliers freq- temps	37,000	0,226	r=-0,264	Pas de différence statistiquement significative
Mots irréguliers freq+ score	75,500	0,122	r=-0,337	Pas de différence statistiquement significative
Mots irréguliers freq+ temps	38,000	0,255	r=-0,248	Pas de différence statistiquement significative
Mots irréguliers freq- score	79,500	0,069	r=-0,396	Pas de différence statistiquement significative
Mots irréguliers freq- temps	34,000	0,155	r=-0,311	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots freq+ score	41,500	0,370	r=-0,196	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots freq+ temps	49,000	0,721	r=-0,078	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots freq- score	50,000	0,775	r=-0,062	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots freq- temps	50,000	0,776	r=-0,062	Pas de différence statistiquement significative

*p<0,05 **Statistique U de Mann-Whitney ***Coefficient de corrélation de Pearson, r

Le groupe des personnes trisomiques 21 se distingue du groupe d'enfants normo-typiques (ENT) uniquement par le test de raisonnement non verbal : les matrices de Raven (U=24,500, p=0,035, significatif). Les résultats des deux groupes sont considérés comme identiques pour le niveau lexical mesuré par l'EVIP, la connaissance des correspondances grapho-phonémiques (mesurée par l'épreuve de conversion graphème-phonème de la B.A.L.E.), la lecture de mots réguliers, irréguliers et de non-mots (fréquents et peu fréquents) en termes de score et de temps de lecture (voir tableau 1, non significatif). Nous pouvons donc dire que les deux groupes sont appariés selon leur niveau lexical, leur connaissance des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes et la vitesse et la précision des voies de lecture.

Les deux tableaux ci-dessous récapitulent pour les deux groupes les moyennes et écart-types aux différentes épreuves d'appariement.

Tableau 2. Moyenne et écart-types des participants du groupe enfants normo-typiques aux épreuves d'appariement (n=12)

EPREUVES D'APPARIEMENT	MOYENNES	ECART-TYPES
Matrices de Raven	25,92	3,75
EVIP	97,30	12,76
Conversion graphème-phonème (BALE)	37,38	3,84
Score mots irréguliers fréquents (BALE)	11,92	3,50
Temps mots irréguliers fréquents (BALE)	56,77	32,13
Score mots irréguliers peu fréquents (BALE)	7,08	4,03
Temps mots irréguliers peu fréquents (BALE)	66,0	40,99
Score mots réguliers fréquents (BALE)	17,92	2,06
Temps mots réguliers fréquents (BALE)	42,69	31,89
Score mots réguliers peu fréquents (BALE)	15,54	2,11
Temps mots réguliers peu fréquents (BALE)	57,62	36,18
Score non-mots « fréquents » (BALE)	14,38	2,69
Temps non-mots « fréquents » (BALE)	55,54	32,49
Score non-mots « peu fréquents » (BALE)	13,85	2,48
Temps non-mots « peu fréquents » (BALE)	57,23	30,13

Tableau 3. Moyenne et écart-types des participants du groupe trisomiques 21 aux épreuves d'appariement (n=9)

EPREUVES D'APPARIEMENT	MOYENNES	ECART-TYPES
Matrices de Raven	21,67	3,67
EVIP	94,33	16,44
Conversion graphème-phonème (BALE)	35,22	2,91
Score mots irréguliers fréquents (BALE)	14,44	3,0
Temps mots irréguliers fréquents (BALE)	38,56	17,10
Score mots irréguliers peu fréquents (BALE)	11,33	4,85
Temps mots irréguliers peu fréquents (BALE)	39,11	15,91
Score mots réguliers fréquents (BALE)	17,0	2,60
Temps mots réguliers fréquents (BALE)	33,44	16,79
Score mots réguliers peu fréquents (BALE)	15,0	3,91
Temps mots réguliers peu fréquents (BALE)	37,44	13,61
Score non-mots « fréquents » (BALE)	13,67	3,61
Temps non-mots « fréquents » (BALE)	48,44	26,95
Score non-mots « peu fréquents » (BALE)	12,44	4,56
Temps non-mots « peu fréquents » (BALE)	47,44	17,59

Les scores détaillés de chaque participant (au sein des deux groupes) sont présents en annexe page 62 (annexes 1 et 2).

4.2 Matériel

4.2.1 Matériel d'appariement

Les épreuves d'appariement suivantes ont été administrées : les Matrices de Raven (Raven, J.C, Court, J.H, Raven, J., 1998), l'EVIP forme A (Echelle de Vocabulaire en Images Peabody, Dunn LM., Theriault –Whalen CM., Dunn LM, 1993), ainsi que les épreuves de conversion graphème-phonème et les épreuves de lecture de mots réguliers, mots irréguliers et de non-mots (fréquents et peu fréquents) de la B.A.L.E. (Batterie Analytique du Langage Ecrit, Jacquier-Roux et al., 2010).

Les Matrices de Raven permettent d'obtenir une mesure du raisonnement non-verbal. Dans cette tâche, le participant doit choisir la pièce qui convient le mieux pour compléter le dessin. Les numéros des pièces choisies sont encodés et le nombre de bonnes réponses est calculé. L'épreuve n'est ni chronométrée ni enregistrée.

L'EVIP permet d'obtenir une mesure de l'âge lexical du participant et d'ainsi estimer le niveau de vocabulaire. Dans cette tâche, le participant doit désigner une image (parmi 4 propositions) qui correspond à un mot énoncé par l'expérimentateur. L'épreuve n'est ni chronométrée ni enregistrée.

L'épreuve de conversion graphème-phonème permet d'évaluer la connaissance de la correspondance des lettres et des sons de la langue française. Dans cette épreuve, le participant doit donner le son des différents graphèmes qu'il voit écrit. L'épreuve est enregistrée mais n'est pas chronométrée. Le nombre de bonnes réponses est pris en compte.

Les épreuves de lecture de mots réguliers, mots irréguliers et de non-mots (fréquents et peu fréquents) permettent d'analyser la qualité des voies de lecture (le décodage et l'accès direct). Dans ces épreuves, on demande au participant de lire les différents mots du mieux qu'il peut.

L'épreuve est enregistrée et chronométrée. Le nombre de mots lus correctement est pris en compte ainsi que la vitesse de lecture.

4.2.2 Matériel expérimental

Le matériel expérimental a été presque entièrement créé. Deux listes de mots et de non-mots ont été élaborées de façon identique, à la seule différence que l'espace entre les lettres et entre les mots est augmenté pour une des listes.

Les mots ont été sélectionnés dans la base de données Manulex. La fréquence lemmatique des mots choisis est comprise entre 400 et 600 pour la première année de primaire. La liste contient 14 pronoms et verbes conjugués (par exemple : « je marche ») et 14 articles et noms (par exemple : « le lapin ») pour un total de 28 items. L'ordre de ces 28 items a été établi de façon à ce qu'on retrouve une alternance entre un syntagme verbal et un syntagme nominal. Par exemple : « je marche » « le lapin » « tu écris » « la main »...). Nous avons également veillé à ce que les différents items n'aient pas de lien sémantique les uns avec les autres afin d'éviter que la lecture ne soit aidée par des indices contextuels.

Les non-mots ont quant à eux été repris de l'épreuve de répétition de logatomes de la batterie Exalang 5-8 (Thibault & Helloin, 2010). Les 16 non-mots apparaissent à la suite des 28 mots pour un total de 44 items.

Les listes de mots et de non-mots sont présentées en annexe à la page 62 (annexe 3).

Les items ont été proposés sur ordinateur à partir d'un diaporama. Chaque item se retrouve individuellement sur une diapositive en plein écran. Pour les mots comme pour les non-mots, le nombre de mots correctement lus est pris en compte ainsi que le temps de lecture.

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques de la mise en forme des deux versions du matériel expérimental.

Tableau 4. Caractéristiques de mise en forme en fonction de la version du matériel expérimental

	VERSION « NORMALE »	VERSION « ESPACÉE »
CONTRASTE	Ecriture noire sur fond blanc	Ecriture noire sur fond blanc
POLICE	Arial	Arial
TAILLE	14	14
ESPACE INTER-MOTS	1 espace	3 espaces
ESPACE INTER-LETTRES	+0 point	+2,5 points
EXEMPLE	Je marche	Je marche

4.3 Procédure générale

Deux phases peuvent être distinguées : la phase d'appariement au sein de laquelle les épreuves d'appariement ont été administrées, et la phase expérimentale au sein de laquelle les listes de mots et de non-mots (« espacées » et « normales ») ont été lues par les participants.

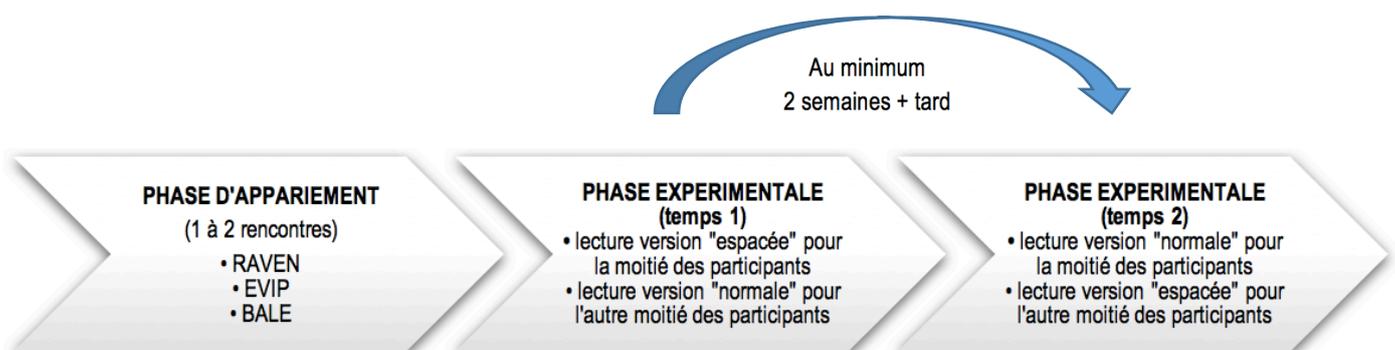
Tous les participants ont été rencontrés entre une et deux fois pour la phase d'appariement (en fonction de leur fatigabilité et désir de mettre fin à l'entrevue). Lors des premières sessions, les épreuves d'appariement sont administrées. Les Matrices de Raven étaient proposées en premier lieu. Ensuite, la lecture de mots irréguliers, réguliers et de non-mots (fréquents) de la B.A.L.E. était administrée. Si le participant souhaitait continuer à lire, les mots irréguliers, réguliers et non-mots de fréquence peu élevée étaient également lus. Si le participant ne souhaitait plus lire, l'EVIP était alors administrée. Enfin, l'épreuve de conversion graphème-phonème était administrée, ainsi que les différents mots et non-mots peu fréquents de la B.A.L.E. si le participant n'avait lu que les mots et non-mots fréquents au préalable.

La partie expérimentale commençait lorsque les épreuves d'appariement avaient été administrées. La partie expérimentale se composait de deux sessions. La moitié des participants (pour le groupe trisomiques 21 et enfants normo-typiques) commençait par lire

lors d'une première session la version « espacée » (c'est-à-dire avec augmentation de l'espace inter-lettres) de la liste de mots et de non-mots. Au minimum deux semaines plus tard, le participant lisait la même liste de mots et de non-mots mais dans sa version « normale » (c'est-à-dire sans augmentation de l'espace inter-lettres). La seconde moitié des participants (pour les deux groupes) commençait par lire lors de la première entrevue la version « normale » de la liste de mots et de non-mots. Au minimum deux semaines plus tard, le participant lisait la même liste de mots et de non-mots mais dans sa version « espacée ». Une illustration de la procédure expérimentale est proposée ci-dessous à la figure 3.

Lors de la partie expérimentale, les participants étaient invités à se positionner bien au fond de leur chaise en se tenant bien droit. L'ordinateur était placé à une cinquantaine de centimètres du participant. La pièce est éclairée et silencieuse dans la mesure du possible. L'ordinateur utilisé pour afficher le diaporama comportant les listes de mots et de non-mots est un MacBook Air 13 pouces. Le diaporama est projeté en plein écran. La luminosité de l'écran est de quatorze barres sur les seize. Dans les deux versions (« espacée » et « normale »), les mots sont présentés en premier. Les participants sont ensuite invités à lire la liste de non-mots. Le dictaphone et le chronomètre sont enclenchés. L'expérimentateur fait manuellement défiler les diapositives au fur et à mesure que le participant lit (grâce à la flèche droite présente sur le clavier de l'ordinateur). Le chronomètre est arrêté à la fin de la liste de mots. Le participant est ensuite informé qu'une seconde liste va lui être proposée mais que cette fois-ci il ne s'agit pas de mots mais de mots inventés. Le chronomètre est à nouveau enclenché pour la liste de non-mots.

Figure 3. Illustration de la procédure expérimentale (identique pour les deux groupes) sur une ligne du temps



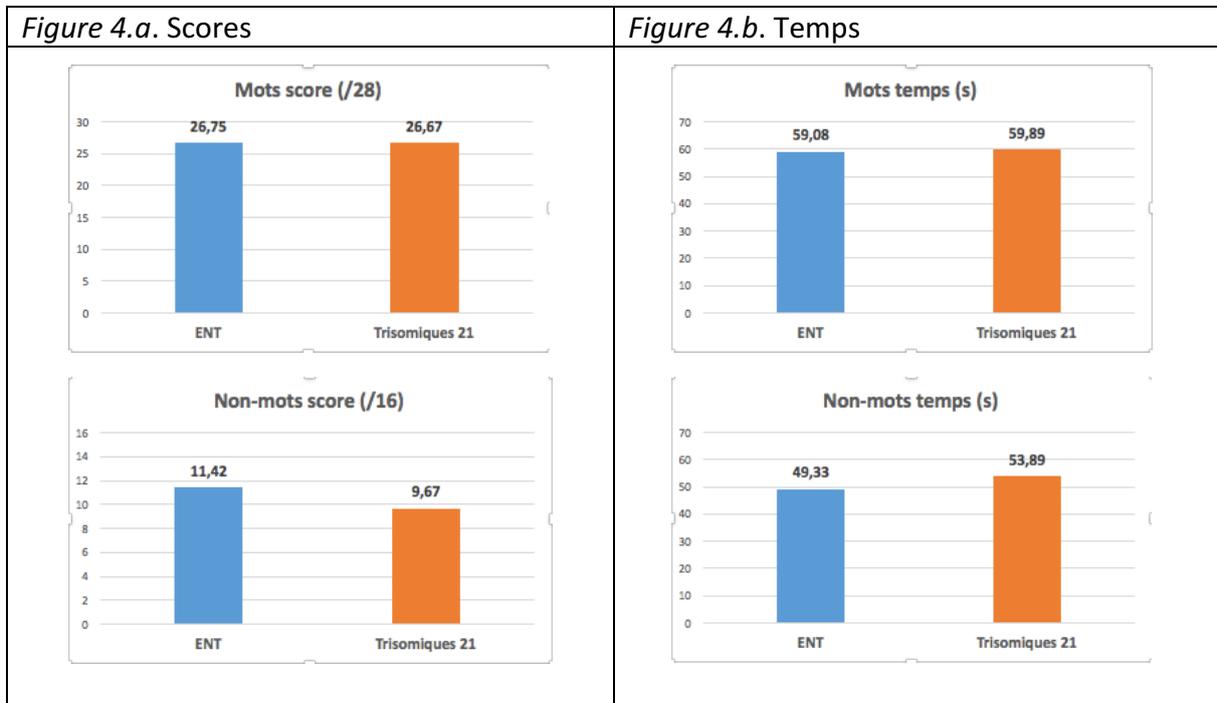
5. RÉSULTATS

Nous allons présenter les résultats obtenus suite à la comparaison entre les deux groupes (enfants normo-typiques (ENT) et trisomiques 21) pour les scores et temps de lecture de mots et de non-mots dans les deux conditions (« normale » et « espacée »). Nous présenterons ensuite les résultats obtenus suite à la comparaison des deux conditions (« normale » et « espacée ») des scores et temps de lecture des mots et des non-mots au sein des deux groupes (ENT et trisomiques 21).

5.1 Comparaisons inter-groupes

La figure ci-dessous présente une comparaison des moyennes des deux groupes pour les scores et temps en lecture de mots et de non-mots pour la condition « normale ». Les différences statistiquement significatives entre les deux groupes sont indiquées avec un astérisque.

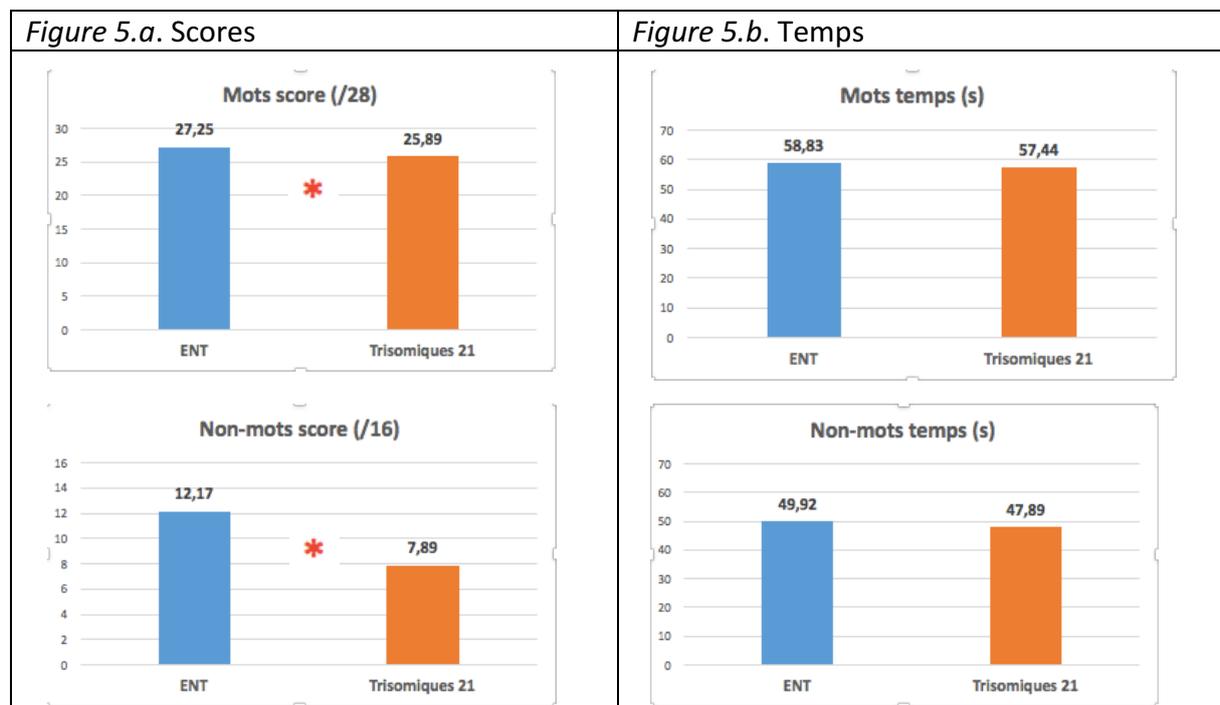
Figure 4. Comparaison des moyennes en fonction du groupe dans la condition « normale » (n=21)



Dans la condition « normale », on peut voir qu'en moyenne le groupe enfants normo-typiques (ENT) lit plus rapidement les mots et les non-mots que le groupe trisomiques 21 (mais les différences sont statistiquement non significatives, voir dans le tableau 5 : $U=55,000$ et $p=0,943$ pour le temps en lecture de mots ; $U=66,000$ et $p=0,393$ pour le temps en lecture de non-mots). De même, en moyenne le groupe enfants normo-typiques lit davantage de non-mots correctement que le groupe trisomiques 21 (mais la différence est statistiquement non significative, voir tableau 5 : $U=37,000$ et $p=0,223$). Les deux groupes lisent en moyenne pratiquement le même nombre de mots correctement (la différence est donc statistiquement non significative : $U=50,500$ et $p=0,796$).

La figure ci-dessous présente une comparaison des moyennes des deux groupes (ENT et trisomiques 21) pour les scores et temps de lecture de mots et de non-mots pour la condition « espacée ». Les différences statistiquement significatives entre les deux groupes sont indiquées avec un astérisque.

Figure 5. Comparaison des moyennes en fonction du groupe dans la condition « espacée » (n=21)



Dans la condition « espacée », on peut voir qu'en moyenne le groupe trisomiques 21 lit plus rapidement les mots et les non-mots que le groupe enfants normo-typiques (mais les différences sont statistiquement non significatives, voir tableau 5 : U=50,000 et p=0,776 pour le temps en lecture de mots ; U=51,500 et p=0,859 pour le temps en lecture de non-mots). Cependant, en moyenne, le groupe enfants normo-typiques lit davantage de mots et de non-mots correctement que le groupe trisomiques 21 (les différences sont statistiquement significatives, voir tableau 5 : U=27,500 et p=0,045* pour le score en lecture de mots ; U=22,500 et p=0,024* pour le score en lecture de non-mots).

Tableau 5. Analyses statistiques en fonction de la variable « groupe » : test U de Mann-Whitney (n=21)

Variables	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
Mots score (normale)	50,500	0,796	r=-0,056	Pas de différence statistiquement significative
Mots temps (normale)	55,000	0,943	r=-0,016	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots score (normale)	37,000	0,223	r=-0,266	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots temps (normale)	66,000	0,393	r=-0,186	Pas de différence statistiquement significative
Mots score (espacée)	27,500	0,045*	r=-0,437	Différence statistiquement significative
Mots temps (espacée)	50,000	0,776	r=-0,062	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots score (espacée)	22,500	0,024*	r=-0,491	Différence statistiquement significative
Non-mots temps (espacée)	51,500	0,859	r=-0,039	Pas de différence statistiquement significative

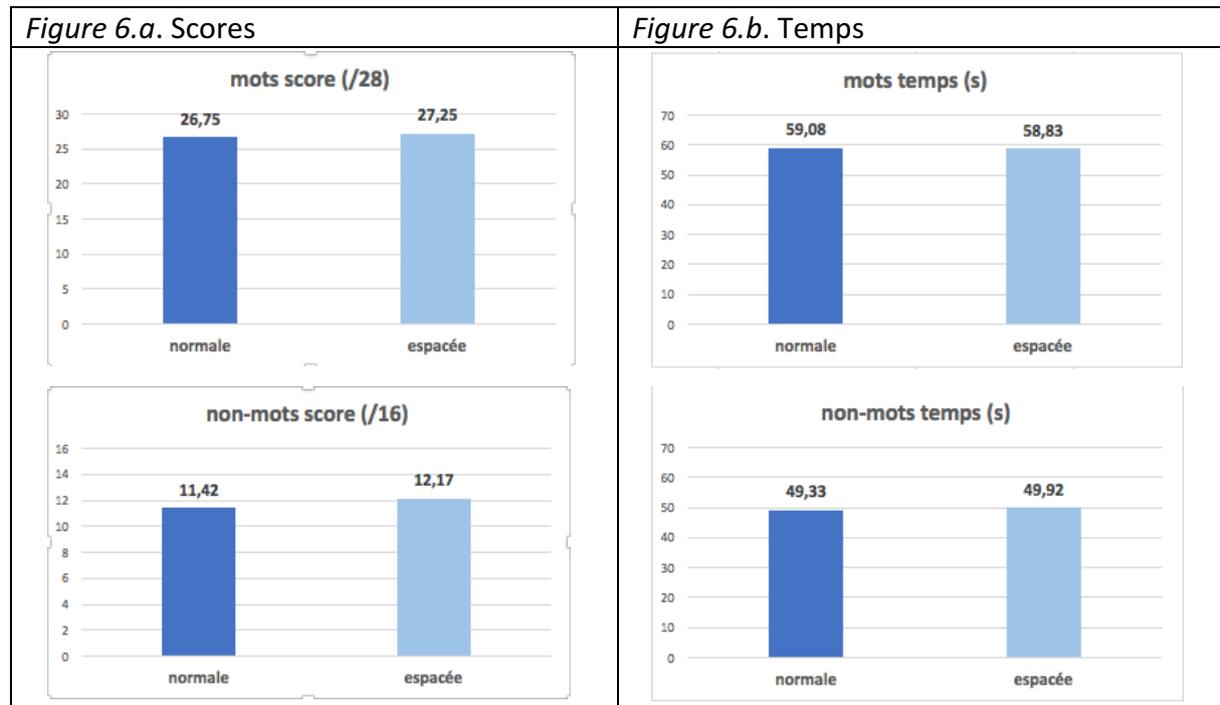
*p<0,05 **Statistique U de Mann-Whitney ***Coefficient de corrélation de Pearson, r

5.2 Comparaisons intragroupes

5.2.1 Groupe enfants normo-typiques (ENT)

La figure ci-dessous compare la moyenne des scores et temps de lecture pour les mots et les non-mots pour le groupe enfants normo-typiques en fonction de la version (« normale » et « espacée »). Les différences statistiquement significatives entre les deux versions sont indiquées avec un astérisque.

Figure 6. Comparaison des moyennes des scores et temps de lecture selon la version (groupe ENT) (n=12)



Pour le score et le temps des mots et des non-mots, on peut voir que les moyennes sont très similaires dans la version « normale » et la version « espacée » pour le groupe enfants normo-typiques. En effet, la différence entre les deux versions n'est pas statistiquement significative pour le score en lecture de mots ($U=57,500$ et $p=0,364$), le temps de lecture des mots ($U=70,500$ et $p=0,931$), le score en lecture de non-mots ($U=56,500$ et $p=0,366$) et le temps de lecture des non-mots ($U=69,000$ et $p=0,862$). Les données statistiques sont reprises dans le tableau 6 ci-dessous.

Tableau 6. Analyses statistiques en fonction de la variable « version » pour le groupe ENT : test U de Mann-Whitney (n=12)

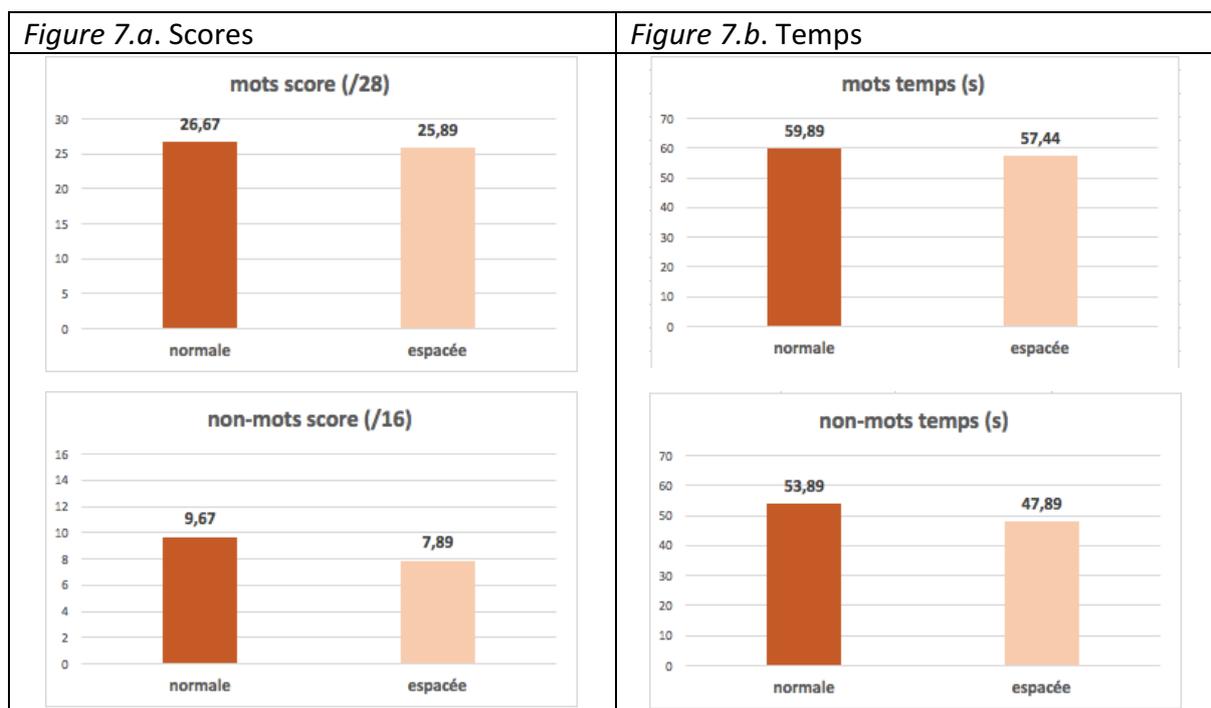
Variables	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
Mots score	57,500	0,364	$r=-0,185$	Pas de différence statistiquement significative
Mots temps	70,500	0,931	$r=-0,018$	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots score	56,500	0,366	$r=-0,185$	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots temps	69,000	0,862	$r=-0,035$	Pas de différence statistiquement significative

Statistique U de Mann-Whitney *Coefficient de corrélation de Pearson, r

5.2.2 Groupe trisomiques 21

La figure ci-dessous compare la moyenne des scores et temps de lecture pour les mots et les non-mots pour le groupe trisomique 21 en fonction de la version. Les différences statistiquement significatives entre les deux versions sont indiquées avec un astérisque.

Figure 7. Comparaison des moyennes des scores et temps de lecture selon la version (groupe trisomiques 21) (n=9)



On peut voir que le temps de lecture des mots et des non-mots est en moyenne inférieur dans la condition « espacée » par rapport à la condition « normale » pour le groupe trisomiques 21. Cependant cette différence entre les deux versions n'est pas statistiquement significative (voir dans le tableau 7 : $U=40,000$ et $p=0,965$ pour le temps de lecture de mots et $U=51,000$ et $p=0,353$ pour le temps de lecture de non-mots). A l'inverse, on peut voir que le score en lecture de mots et de non-mots est en moyenne plus élevé dans la condition « normale » par rapport à la condition « espacée ». Le groupe trisomiques 21 lit en moyenne plus de mots correctement dans la condition « normale ». Cependant cette différence entre les deux versions n'est pas statistiquement significative (voir dans le tableau 7 : $U=52,500$ et $p=0,276$

pour le score de lecture de mots et $U=51,000$ et $p=0,351$ pour le score de lecture de non-mots).

Tableau 7. Analyses statistiques en fonction de la variable « version » pour le groupe trisomiques 21 : test U de Mann-Whitney (n=9)

Variable	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
Mots score	52,500	0,276	$r=-0,257$	Pas de différence statistiquement significative
Mots temps	40,000	0,965	$r=-0,010$	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots score	51,000	0,351	$r=-0,220$	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots temps	51,000	0,353	$r=-0,219$	Pas de différence statistiquement significative

** Statistique U de Mann-Whitney ***Coefficient de corrélation de Pearson, r

Au vu des premiers résultats, à savoir que le groupe trisomiques 21 ne lit pas significativement mieux les mots et les non-mots dans la condition « espacée » (en termes de précision ou de vitesse), nous avons fait l'hypothèse que la condition « espacée » réduisait la qualité de lecture des digraphes¹⁷ (en augmentant l'espace entre deux lettres qui forment un seul son, cela pourrait ralentir l'identification du digraphe ou augmenter le risque de le lire erronément). Nous avons ainsi voulu savoir si les mots et non-mots avec digraphe étaient mieux lus dans la condition « normale » comparativement à la condition espacée et si les mots et non-mots sans digraphe étaient mieux lus dans la condition « espacée ». Pour cela nous avons effectué de nouvelles comparaisons statistiques des scores en lecture selon la présence ou l'absence de digraphe dans les différents items du matériel expérimental pour les deux groupes et les deux conditions.

5.3 Analyse des digraphes

Le matériel expérimental comporte 18 mots avec digraphe, 10 mots sans digraphe, 13 non-mots avec digraphe et 3 non-mots sans digraphe. La liste se trouve en annexe page 63 (annexe 4). Les moyennes des scores de lecture obtenus ont été transformées en une proportion d'items correctement lus entre 0 et 1 afin d'obtenir une échelle commune pour les mots et non-mots avec et sans digraphe. Les moyennes de chaque catégorie ont donc été divisées par

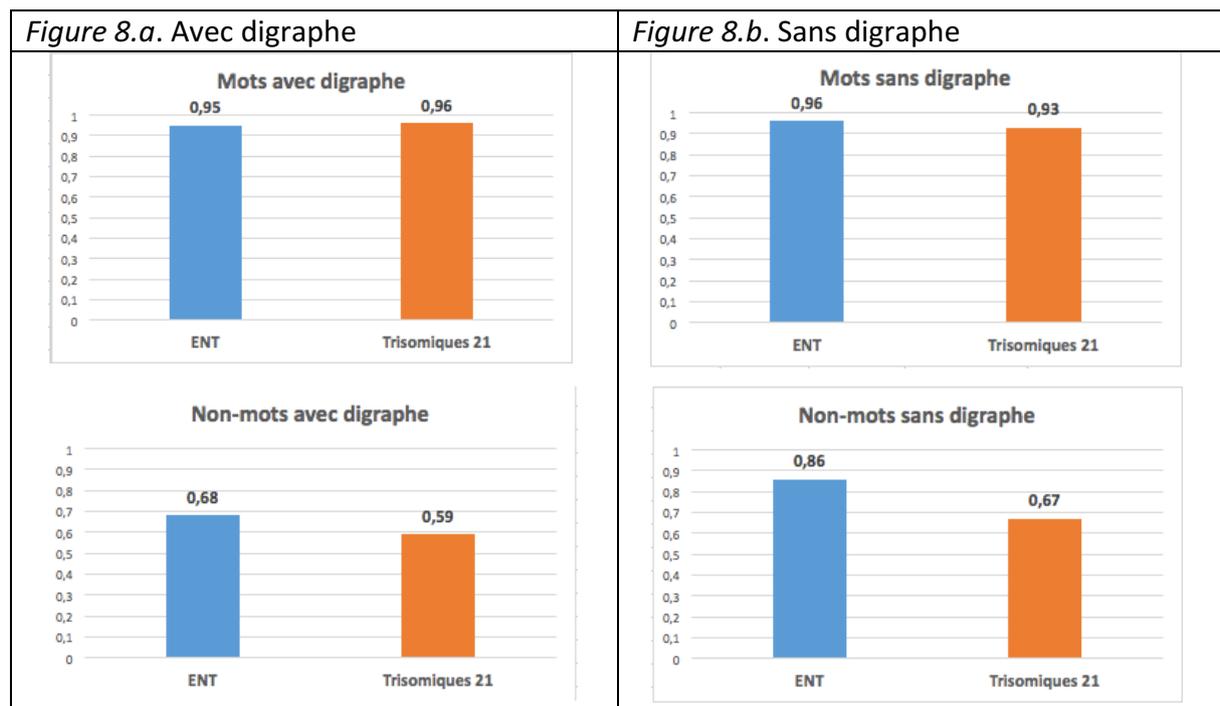
¹⁷ Association de deux lettres qui forment un seul son (exemple : « ch »)

le nombre total d'items de la catégorie. Les différences statistiquement significatives entre les deux versions (« normale » et « espacée ») sont indiquées avec un astérisque.

5.3.1 Comparaisons inter-groupes

La figure ci-dessous présente les moyennes des deux groupes pour les scores en lecture de mots et non-mots avec et sans digraphe dans la condition « normale » (en proportion de réussite par rapport au score maximum). Les différences statistiquement significatives entre les deux groupes sont indiquées avec un astérisque.

Figure 8. Comparaison des moyennes des scores en fonction du groupe dans la condition « normale » (en proportion de réussite par rapport au score maximum) (n=21)

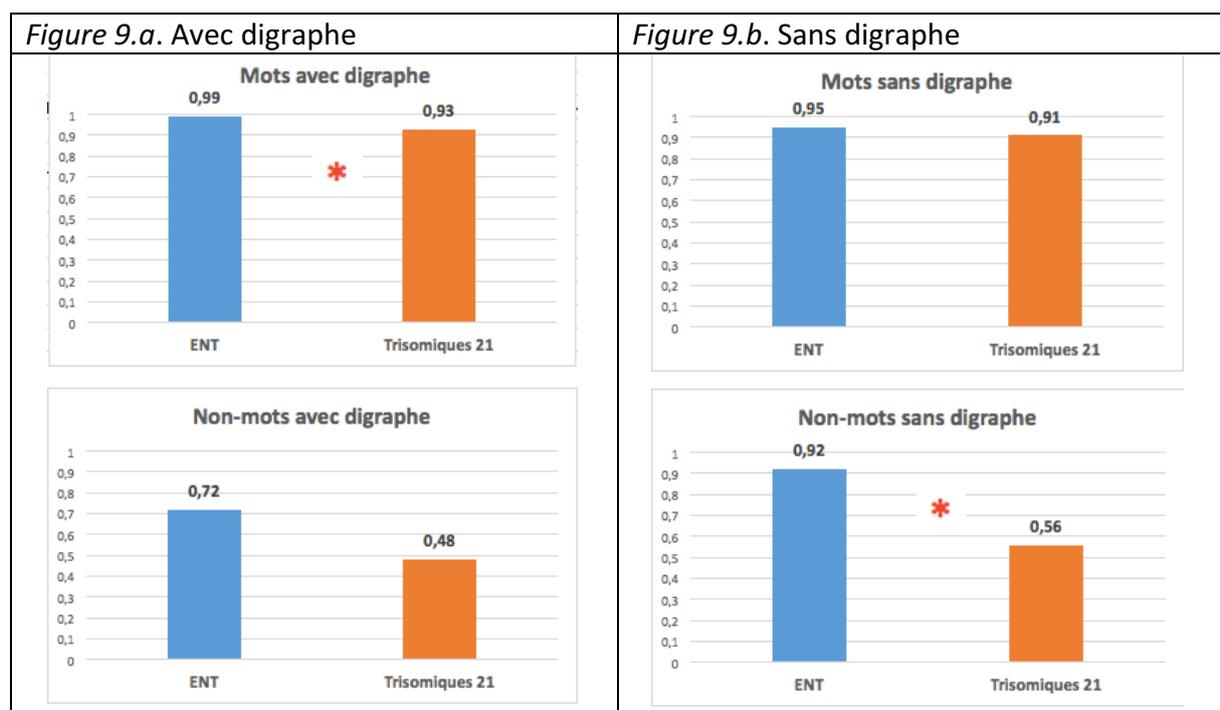


La moyenne des scores en lecture de mots avec et sans digraphe est assez similaire entre les deux groupes dans la condition « normale ». En effet, le test U de Mann-Whitney ne montre pas de différences statistiquement significatives entre les deux groupes (U=37,500 et p=0,184 pour le score en lecture de mots sans digraphe ; U=60,000 et p=0,641 pour le score en lecture de mots avec digraphe, voir tableau 8). La moyenne des scores en lecture de non-mots avec

et sans digraphe du groupe enfants normo-typiques est plus élevée que celle du groupe trisomiques 21 dans la condition « normale », mais la différence n'est pas statistiquement significative (U=33,500 et p=0,102 pour le score en lecture de non-mots sans digraphe ; U=40,000 et p=0,314 pour le score en lecture de non-mots avec digraphe, voir tableau 8).

La figure ci-dessous présente les moyennes des scores en lecture de mots et non-mots avec et sans digraphe pour les deux groupes dans la condition « espacée » (en proportion de réussite par rapport au score maximum). Les différences statistiquement significatives entre les deux groupes sont indiquées avec un astérisque.

Figure 9. Comparaison des moyennes des scores en fonction du groupe dans la condition « espacée » (en proportion de réussite par rapport au score maximum) (n=21)



La moyenne des scores en lecture de mots et non-mots avec et sans digraphe du groupe enfants normo-typiques est supérieure à celle du groupe trisomiques 21 dans la condition « espacée ». Mais la différence n'est statistiquement significative que pour le score en lecture de mots avec digraphe (U=25,500 et p=0,02, voir tableau 8) et pour le score en lecture de non-mots sans digraphe (U=20,000 et p=0,007, voir tableau 8).

Tableau 8. Analyses statistiques en fonction de la variable « groupe » : test U de Mann-Whitney (n=21)

Variable	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
Mots sans digraphe (normale)	37,500	0,184	r = -0.290	Pas de différence statistiquement significative
Mots avec digraphe (normale)	60,000	0,641	r = -0.102	Pas de différence statistiquement significative
Mots sans digraphe (espacée)	41,000	0,300	r = -0.226	Pas de différence statistiquement significative
Mots avec digraphe (espacée)	25,500	0,02*	r = -0.509	Différence statistiquement significative
Non-mots sans digraphe (normale)	33,500	0,102	r = -0.356	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots avec digraphe (normale)	40,000	0,314	r = -0.220	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots sans digraphe (espacée)	20,000	0,007*	r = -0.589	Différence statistiquement significative
Non-mots avec digraphe (espacée)	27,500	0,057	r = -0.415	Pas de différence statistiquement significative

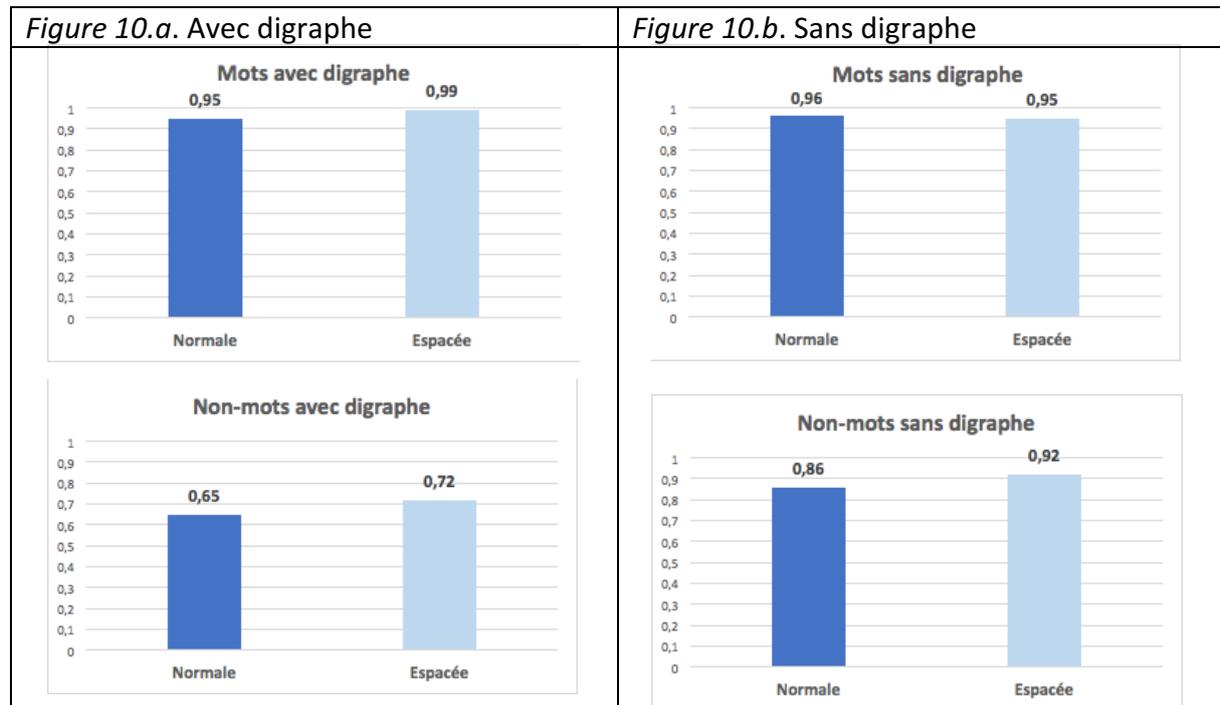
*p<0,05 **Statistique U de Mann-Whitney ***Coefficient de corrélation de Pearson, r

5.3.2 Comparaisons intragroupes

- Groupe enfants normo-typiques (ENT)

Les moyennes des scores en lecture de mots et de non-mots avec et sans digraphe en fonction de la condition (« normale » et « espacée ») du groupe enfants normo-typiques sont représentées dans la figure ci-dessous (en proportion de réussite par rapport au score maximum). Les différences statistiquement significatives entre les deux groupes sont indiquées avec un astérisque.

Figure 10. Moyennes des scores selon la présence ou l'absence de digraphe (en proportion de réussite par rapport au score maximum) en fonction de la condition (n=12)



De manière générale, dans le groupe enfants normo-typiques, la moyenne des scores en lecture de mots et de non-mots avec et sans digraphe est assez similaire dans la condition « normale » et dans la condition « espacée ». En effet, les différences entre les deux conditions ne sont pas statistiquement significatives ($U=77,000$ et $p=0,718$ pour le score en lecture de mots sans digraphe ; $U=47,000$ et $p=0,083$ pour le score en lecture de mots avec digraphe ; $U=65,500$ et $p=0,596$ pour le score en lecture de non-mots sans digraphe et $U=58,000$ et $p=0,412$ pour le score en lecture de non-mots avec digraphe, voir tableaux 9).

Tableau 9. Comparaison des digraphes selon la version (groupe ENT) : test U de Mann-Whitney (n=12)

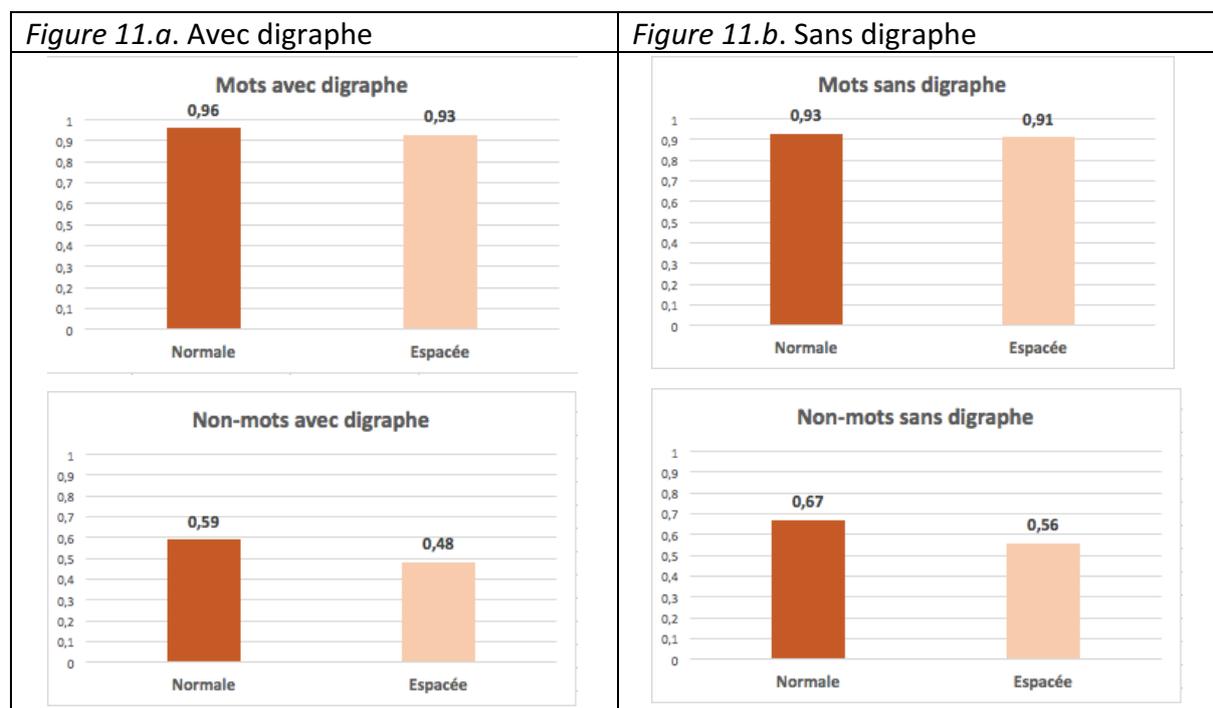
Variable	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
Mots sans digraphe	77,000	0,718	$r = -0.074$	Pas de différence statistiquement significative
Mots avec digraphe	47,000	0,083	$r = -0.354$	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots sans digraphe	65,500	0,596	$r = -0.108$	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots avec digraphe	58,000	0,412	$r = -0.167$	Pas de différence statistiquement significative

* $p < 0,05$ **Statistique U de Mann-Whitney ***Coefficient de corrélation de Pearson, r

- Groupe trisomiques 21

Les moyennes des scores en lecture de mots et de non-mots avec et sans digraphe en fonction de la condition du groupe trisomiques 21 sont représentées dans la figure ci-dessous (en proportion de réussite par rapport au score maximum). Les différences statistiquement significatives entre les deux groupes sont indiquées avec un astérisque.

Figure 11. Moyennes des scores selon la présence ou l'absence de digraphe (en proportion de réussite par rapport au score maximum) en fonction de la condition (n=9)



Les moyennes des scores en lecture de mots et non-mots avec et sans digraphe sont légèrement supérieure dans la condition « normale » par rapport à la condition « espacée » pour le groupe trisomiques 21, mais les différences entre les deux conditions ne sont pas statistiquement significatives. En effet, pour le score en lecture de mots sans digraphe $U=45,000$ et $p=0,667$; pour le score en lecture de mots avec digraphe $U=53,000$ et $p=0,241$; pour le score en lecture de non-mots sans digraphe $U=49,000$ et $p=0,431$ et pour le score en lecture de non-mots avec digraphe $U=48,500$ et $p=0,477$ (voir tableau 10).

Tableau 10. Comparaison des digraphes selon la version (groupe trisomiques 21) : test U de Mann-Whitney (n=9)

Variable	Statistique U**	Valeur de p asymptotique	Taille de l'effet***	Décision
Mots sans digraphe	45,000	0,667	r = -0.102	Pas de différence statistiquement significative
Mots avec digraphe	53,000	0,241	r = -0.276	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots sans digraphe	49,000	0,431	r = -0.185	Pas de différence statistiquement significative
Non-mots avec digraphe	48,500	0,477	r = -0.168	Pas de différence statistiquement significative

*p<0,05 **Statistique U de Mann-Whitney ***Coefficient de corrélation de Pearson, r

DISCUSSION

L'objectif de cette étude exploratoire est de voir si les personnes porteuses de trisomie 21 peuvent bénéficier d'une augmentation de l'espace inter-lettres pour améliorer leur lecture (en termes de précision et/ou de vitesse). Pour cela, nous avons comparé les scores et temps de lecture de mots et de non-mots dans une condition où l'espace entre les lettres est augmenté avec une condition où l'espace entre les lettres de ces mêmes items n'est pas augmenté, à la fois pour des personnes porteuses de trisomie 21 et pour des enfants normo-typiques de deuxième primaire (appariés sur leur niveau de lecture, leur connaissance des correspondances grapho-phonémiques et sur leur âge lexical).

En ce qui concerne la comparaison des groupes enfants normo-typiques et trisomiques 21, les résultats statistiques montrent que dans la condition dite « normale » (c'est-à-dire au sein de laquelle l'espacement inter-lettres n'est pas augmenté) les deux groupes lisent de la même façon (en termes de vitesse et de précision) les mots et les non-mots. Cela indique que dans le cadre d'une mise en forme classique du matériel écrit les deux groupes ont le même niveau de lecture (en vitesse et précision) tant pour la voie d'assemblage que la voie d'adressage. Cela reflète bien le fait que les deux groupes ont bien été appariés par rapport à leur niveau de lecture.

En revanche, dans la condition dite « espacée » (c'est-à-dire au sein de laquelle l'espace inter-lettres est augmenté par rapport à l'espacement habituel) les résultats statistiques montrent

que le groupe enfants normo-typiques lit mieux les mots et non-mots que le groupe trisomiques 21 en terme de précision de la lecture (c'est-à-dire le nombre d'items lus correctement). Cependant, la vitesse de lecture pour les mots et les non-mots est identique entre les deux groupes. Mais cela ne veut pas dire que le groupe enfants normo-typiques a mieux lu les mots et les non-mots (en terme de précision) dans la condition « espacée » comparativement à la condition « normale » comme nous le verrons par la suite. Cela ne signifie pas non plus que le groupe trisomiques 21 a moins bien lu les mots et les non-mots dans la condition « espacée » par rapport à la condition « normale ». Cela indique uniquement que le groupe enfants normo-typiques a davantage bénéficié de l'augmentation de l'espace inter-lettres pour lire correctement les items présentés que le groupe trisomiques 21. Pour répondre à nos hypothèses initiales, à savoir « si les personnes trisomiques 21 sont sensibles au phénomène de crowding, l'augmentation de l'espace inter-lettres entraîne une amélioration de la performance de lecture » et « que les personnes trisomiques 21 soient sensibles de façon particulière ou non au phénomène d'encombrement, l'augmentation de l'espace inter-lettres entraînera une réduction significative de l'empan visuel ce qui réduira la vitesse de lecture » il faut se pencher sur les résultats statistiques qui comparent la différence entre la condition « normale » et la condition « espacée » au sein de chaque groupe.

Pour le groupe enfants normo-typiques, les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux conditions (« normale » et « espacée ») tant pour la précision que la vitesse de lecture de mots et de non-mots. Cela indique que les enfants en développement ordinaire ne bénéficient pas d'une augmentation de l'espace inter-lettres pour améliorer la vitesse ou la précision de la lecture. Ce résultat correspond à ce que nous attendions. En effet, différentes études ont démontré que l'augmentation de l'espace inter-lettres n'est pas bénéfique pour la lecture des enfants tout-venant (Yu, Cheung, Legge & Chung, 2007 ; He & Legge, 2017 ; Chung, 2002 ; Zorzi et al., 2012 ; Van den Boer & Hakvoort, 2015). Ainsi, même si l'augmentation de l'espace inter-lettres réduit le phénomène d'encombrement visuel (Chung, 2002) (également appelé « crowding » dans la littérature anglophone et désignant la reconnaissance altérée d'une cible en raison de la présence d'objets voisins dans le champ visuel périphérique, (Martelli, Filippo, Spinelli & Zoccolotti, 2009)), en 2007 Yu, Cheung, Legge et Chung ont constaté que l'augmentation de l'espace inter-lettres au-delà de l'espacement standard réduit la vitesse de lecture. Selon eux, ce

phénomène s'explique par la diminution de l'empan visuel (le nombre de lettres reconnues en une fixation oculaire). Chung (2002) apporte une nuance à ce constat en indiquant que de manière générale, la lecture est améliorée par l'augmentation de l'espace inter-lettres mais jusqu'à un certain point d'espacement critique au-delà duquel l'augmentation de l'espace inter-lettres diminue la vitesse de lecture à cause de la réduction de la taille de l'empan visuel. Ce même auteur identifie une seconde cause en plus de la diminution de l'empan visuel pour expliquer la diminution de la vitesse de lecture consécutive à une augmentation de l'espace inter-lettres : le fait d'augmenter l'espace entre les lettres perturbe la possibilité d'utiliser l'information relative à la forme du mot.

Pour le groupe trisomiques 21, les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas non plus de différences significatives entre les deux conditions (« normale » et « espacée ») tant pour la précision que la vitesse de lecture de mots et de non-mots. Ce résultat vient infirmer notre hypothèse selon laquelle les personnes porteuses de trisomie 21 pourraient bénéficier d'une augmentation de l'espace entre les caractères pour améliorer leur lecture (en termes de vitesse et/ou de précision) comme cela est le cas pour les personnes dyslexiques (Zorzi et al., 2012). A priori nous pourrions alors expliquer ce résultat avec notre autre hypothèse alternative : l'augmentation de l'espace inter-lettres a probablement diminué de manière trop importante l'empan visuel ce qui n'a pas permis aux personnes porteuses de trisomie 21 de lire significativement mieux (en termes de vitesse et/ou précision) que dans la condition où l'espacement inter-lettres n'est pas augmenté (de la même façon que pour les personnes en développement typique).

Une seconde explication pourrait être que contrairement aux personnes dyslexiques (Zorzi et al., 2012) les personnes porteuses de trisomie 21 ne sont pas sensibles de manière spécifique à l'effet d'encombrement décrit plus haut (de la même façon que les personnes en développement typique). En effet, à l'heure actuelle l'encombrement a été montré comme ayant un effet négatif sur la lecture de manière spécifique pour les personnes dyslexiques uniquement. (Zorzi et al., 2012 ; Martelli, Di Filippo, Spinelli & Zoccolotti, 2009). Il serait intéressant de tenter de savoir si la lecture des personnes porteuses de trisomie 21 est affectée de manière particulière par le crowding (encombrement) ou non.

Une autre explication peut également être encore envisagée. Il se peut que l'augmentation de l'espace inter-lettres n'ait pas aidé le groupe trisomiques 21 à améliorer sa performance en lecture à cause des caractéristiques de notre matériel expérimental. En effet, nous avons fait le choix de présenter des mots isolés pour la liste des non-mots et des combinaisons d'articles et de noms ou de pronoms et de verbes pour la liste des mots pour être plus adapté au niveau de lecture des personnes porteuses de trisomie 21. Cependant en 2015, Martelli, Di Filippo, Spinelli et Zoccolotti rapportent que le phénomène de crowding entrave la capacité d'identification des lettres de façon plus importante au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la zone fovéale. Lors d'une fixation oculaire, le phénomène de crowding toucherait donc plus particulièrement l'identification de lettres situées en vision périphérique. Pour pallier cette difficulté d'identification des lettres, les personnes sensibles de façon particulière au crowding sont amenées à effectuer davantage de fixations oculaires pour que les lettres soient identifiées dans la zone fovéale, ce qui ralentit la lecture. Or, étant donné que le matériel proposé dans cette étude est court (au maximum deux mots), il ne favorise pas l'expression du phénomène d'encombrement. En effet, étant donné que le nombre de lettres de chaque item est assez réduit, on peut supposer qu'une partie importante est identifiée en vision fovéale et que peu de lettres se retrouvent en vision périphérique, là où le phénomène de crowding s'exprime majoritairement. Il serait donc intéressant de proposer une étude similaire mais qui utilise des items plus longs (par exemple au niveau de la phrase), et de voir si dans cette condition la version « espacée » permet d'augmenter la vitesse ou la précision de lecture des personnes porteuses de trisomie 21 comparativement à une version où l'espacement inter-lettres n'est pas modifié. En effet en 2015, Bricolo, Salvi, Martelli, Arduino et Daini rapportent que dans un matériel plus long (tel que la lecture de textes), la majorité des lettres est localisée dans la vision périphérique lors du balayage pendant la lecture.

Les résultats précédemment décrits (concernant l'absence d'effet positif de l'espacement inter-lettres sur la lecture des personnes porteuses de trisomie 21) sont cependant à nuancer avec la taille réduite de l'échantillon testé (neuf participants porteurs de trisomie 21). Il serait intéressant d'effectuer une nouvelle étude avec davantage de participants et d'observer à nouveau si le fait d'augmenter l'espacement entre les caractères leur permet d'améliorer la qualité de leur lecture. En effet, même si les résultats ne sont pas statistiquement significatifs, on peut observer que le groupe trisomiques 21 a lu en moyenne plus rapidement tant les mots

que les non-mots dans la condition « espacée » comparativement à la condition « normale ». On pourrait faire l'hypothèse qu'avec un nombre plus important de participants et un matériel plus adapté (avec des items plus longs tels que des phrases), la différence en terme de vitesse de lecture entre les deux conditions pourrait être statistiquement significative.

Suite à ces premiers résultats, nous avons élaboré de nouvelles hypothèses. Se pourrait-il que l'augmentation de l'espace inter-lettres réduise la vitesse ou la précision de la lecture des digraphes ? En effet, le digraphe a la particularité d'être un son unique (un phonème) s'écrivant avec deux lettres (graphèmes). Or, si l'espace entre les deux lettres du digraphe est augmenté, le lecteur pourrait avoir tendance à lire ces deux lettres séparément (en lisant le son qui caractérise la lettre lorsqu'elle est isolée) et produire ainsi une erreur de lecture. Il se pourrait également qu'avec un espacement plus important entre les deux lettres du digraphe le lecteur mette plus de temps à identifier que ces deux lettres doivent se combiner pour former un seul son. Ainsi, nous avons élaboré les deux hypothèses suivantes : les mots et non-mots contenant un digraphe seraient potentiellement mieux lus (en termes de vitesse et/ou de précision) dans une condition d'espacement « normale » que dans une condition où l'espacement inter-lettres est augmenté. De même, les mots et non-mots ne contenant pas de digraphe seraient potentiellement mieux lus (en termes de vitesse et/ou de précision) dans une condition où l'espace inter-lettres serait augmenté comparativement à une condition où l'espacement ne serait pas modifié.

Dans notre étude il n'était pas possible d'analyser la vitesse de lecture des mots et non-mots avec et sans digraphe à posteriori, en revanche nous avons pu analyser statistiquement la précision de la lecture des mots et des non-mots avec et sans digraphe (avec l'analyse du nombre d'items lus correctement). Les analyses statistiques montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux versions (« espacée » et « normale ») pour le score en lecture de mots et non-mots avec et sans digraphe dans aucun des deux groupes. Cependant ces résultats ne permettent pas de confirmer ou d'infirmer les hypothèses relatives à la lecture des items avec ou sans digraphe. En effet, cette analyse ne faisait pas partie de l'objectif initial de l'étude et le matériel expérimental n'était pas adapté pour cette analyse. Le nombre de mots et de non-mots comprenant ou non un digraphe n'était pas équilibré. Il serait intéressant de proposer une nouvelle étude comprenant autant de mots et non-mots avec un digraphe

que de mots et non-mots sans digraphe dans une condition « espacée » et une condition « normale » et de comparer les scores et temps de lecture de ces différentes listes dans les deux conditions d'espacement.

Notre étude comporte plusieurs limites. Premièrement, le nombre de participants est réduit. Nous n'avions que neuf participants porteurs de trisomie 21 et douze participants en développement ordinaire. Ce petit échantillon a certainement influencé les résultats statistiques qui seraient probablement différents et plus solides avec un groupe de participant plus grand. Deuxièmement, notre matériel expérimental comporte lui-même plusieurs limites. Les listes de mots et de non-mots ne sont équilibrées qu'en terme de fréquence. Il aurait peut-être été bénéfique de les équilibrer également en terme de longueur. De même, nous avons vu que si les mots et les non-mots avaient été équilibrés en terme de présence ou d'absence de digraphe, nous aurions pu pousser un petit peu plus loin nos analyses statistiques et tester efficacement nos hypothèses selon lesquelles les items avec digraphe seraient mieux lus dans une condition d'espacement standard tandis que des items sans digraphe seraient potentiellement mieux lus dans une condition d'espacement inter-lettres augmenté. Nous avons vu aussi que qu'avec des items plus longs (tels que des petites phrases) nous aurions pu davantage permettre l'expression du phénomène d'encombrement visuel, et ainsi peut-être pu montrer un effet bénéfique de l'augmentation de l'espace inter-lettres. D'autre part, la lecture de phrases est une situation plus écologique que la lecture de mots isolés ou de combinaisons de deux mots. Troisièmement, dans notre étude nous n'avons proposé que deux conditions d'espacement : une condition dite « normale » sans augmentation de l'espacement inter-lettres au-delà de l'espacement standard et une condition dite « espacée » de +2.5 points (comme dans l'étude de Zorzi et al., 2012). Or nous avons vu avec l'étude de Chung en 2002, que l'ampleur de l'espacement jouait un rôle important dans le bénéfice ou non que pouvait avoir l'augmentation de l'espace inter-lettres pour la performance en lecture. Il aurait alors peut-être été intéressant de proposer une troisième condition d'espacement intermédiaire par exemple à +1,5 points et de comparer la vitesse et la précision de la lecture entre ces trois conditions d'espacement.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

En conclusion de ce travail, nous pouvons retenir que les effets de l'espacement inter-caractères sur la qualité de la lecture ont été assez largement étudiés chez les personnes en développement ordinaire ainsi que chez les personnes dyslexiques. De manière générale, la littérature s'accorde pour dire que chez les individus tout-venant normo-lecteurs, l'augmentation significative de l'espace inter-lettres ne permet pas d'améliorer la qualité de la lecture (Yu, Cheung, Legge & Chung, 2007 ; He & Legge, 2017 ; Chung, 2002 ; Zorzi et al., 2012 ; Van den Boer & Hakvoort, 2015). Certaines études montrent même que l'augmentation de cet espacement inter-lettres ralentirait la lecture des individus tout-venant normo-lecteurs. Cette constatation peut s'expliquer par le fait que lorsque l'espace inter-lettres est augmenté, le nombre de lettres reconnues en une fixation oculaire est nécessairement diminué (ce que l'on appelle l'empan visuel) (Yu, Cheung, Legge & Chung, 2007 ; He & Legge, 2017). Le lecteur doit alors effectuer un plus grand nombre de fixations oculaires pour identifier toutes les lettres ce qui ralentit la lecture.

Les effets de l'espacement inter-lettres sur les performances en lecture n'ont actuellement pas encore été étudiés de manière spécifique chez les personnes porteuses de trisomie 21. De ce fait, cela confère à notre étude un caractère tout à fait explorateur. Nous avons ainsi cherché à savoir si l'augmentation de l'espace inter-lettres dans des listes de mots et de non-mots pouvait améliorer la précision et/ou la vitesse de lecture de manière spécifique chez des personnes porteuses d'une trisomie 21. Pour cela nous avons constitué deux groupes de participants : un groupe de neuf personnes porteuses d'une trisomie 21 pour qui la lecture est accessible et un groupe de douze enfants normo-typiques et normo-lecteur constitué d'enfants en 2^{ème} année de primaire appariés selon le niveau de lecture, la connaissance des correspondances entre les graphèmes et les phonèmes et l'âge lexical. Les résultats de notre étude ne permettent pas de montrer que les personnes porteuses de trisomie 21 bénéficient d'une augmentation de l'espace inter-lettres au niveau de la vitesse ou de la précision de la lecture dans le cadre d'une tâche de lecture de mots et de non-mots. Ce même constat a été observé pour les enfants normo-typiques comme nous nous y attendions. Il faut toutefois rappeler qu'il s'agit ici d'une étude exploratoire qui porte sur un petit nombre de participants. Avec un plus grand nombre de participants, les résultats statistiques auraient pu être

différents étant donné qu'en moyenne, les personnes porteuses de trisomie 21 ont lu plus rapidement tant les mots que les non-mots dans la condition où l'espace inter-lettres est augmenté (mais de manière non significative d'un point de vue statistique).

De manière plus globale, notre étude s'inscrit dans une démarche d'identification des paramètres de mise en forme qui optimisent la lisibilité des supports écrits. Nous rappelons alors les recommandations pratiques plus générales concernant la mise en forme des textes pour de meilleures conditions de lisibilité : utiliser un contraste positif suffisant entre la couleur du texte et la couleur du fond, utiliser une police claire, épurée, facile à lire telle qu'Arial ou Tahoma plutôt qu'une police avec « empattement », ne pas utiliser une écriture trop rapprochée (que ce soit entre les lettres, les mots ou bien les lignes), utiliser une écriture au moins aussi large que la taille 14 d'Arial, et privilégier les minuscules. Pour les normo-lecteurs, conserver un espacement inter-lettres habituel, mais pour les faibles lecteurs, augmenter l'espace inter-lettres (Hall & Hanna, 2004 ; Bernard, Chaparro, Mills & Halcomb, 2002 ; Cail, 2017 ; Baccino & Draï-Zerbib, 2015 ; Unapei, 2009 ; Legge & Bigelow, 2011).

Cette étude offre des pistes pour générer de nouvelles recherches. Premièrement, il pourrait être intéressant de répliquer cette expérience en augmentant le nombre de participants. Les résultats récoltés pourraient ainsi être plus fiables et les procédures statistiques utilisées plus robustes. Deuxièmement, il serait intéressant de mener une étude dans le but de déterminer si les personnes porteuses de trisomie 21 sont affectées de façon particulière au phénomène d'encombrement visuel (ou crowding) comme cela est le cas pour les personnes dyslexiques et d'analyser leur balayage visuel dans la lecture. Cette connaissance pourrait contribuer à expliquer pourquoi l'augmentation de l'espace inter-lettres est bénéfique ou ne l'est pas pour la qualité de la lecture des personnes porteuses de trisomie 21. Troisièmement, il pourrait être enrichissant d'analyser les effets de l'augmentation de l'espace inter-lettres sur la lecture des digraphes en comparaison avec des graphèmes simples. Nous pouvons en effet supposer que l'augmentation de l'espace inter-lettres réduirait la performance en lecture des digraphes et il serait intéressant de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse étant donné que les conclusions pourraient avoir des répercussions pratiques très concrètes sur l'adaptation des supports écrits. Quatrièmement, dans notre revue de littérature nous avons vu que les effets bénéfiques ou non de l'augmentation de l'espace inter-lettres étaient dépendants du degré

d'espacement (Chung, 2002). Il serait alors pertinent de proposer une nouvelle étude qui compare la précision et la vitesse de lecture de petites phrases dans plusieurs conditions d'espacement afin de parvenir à quantifier jusqu'à quel niveau d'espacement l'augmentation de l'espace inter-lettres pourrait être bénéfique pour la lecture.

BIBLIOGRAPHIE

- Baccino, T., & Draï-Zerbib, V. (2015). *La lecture numérique*. Grenoble, France: Presses universitaires de Grenoble.
- Baylis, P., & Snowling, M. J. (2011). Evaluation of a phonological reading programme for children with Down syndrome. *Child Language and Teaching Therapy*, 28, 39-56. doi: 10.1177/0265659011414277
- Bernard, M. L., Chaparro, B. S., Mills, M. M., & Halcomb, C. G. (2002). Examining children's reading performance and preference for different computer-displayed text. *Behaviour & Information Technology*, 21, 87-96. doi: 10.1080/0144929021014673 7
- Bricolo, E., Salvi, C., Martelli, M., Arduino, L.S., & Daini, R. (2015). The effect of crowding on eye movement patterns in reading. *Acta Psychologica*, 160, 23-34. doi:10.1016/j.actpsy.2015.06.003
- Buckley, S. J., & Bird, G. (1993). Teaching children with Down syndrome to read. *Down Syndrome Research and Practice*, 1(1), 34-39.
- Buckley, S. J. (1985). Attaining basic educational skills: reading, writing and number. In D. Lane & B. Stratford (Eds.), *Current Approaches to Down's Syndrome*. (pp. 315-343) Eastbourne: Holt, Rinehart & Winston.
- Burgoyne, K., Duff, F. J., Clarke, P. J., Buckley, S., Snowling, M. J., & Hulme, C. (2012). Efficacy of a reading and language intervention for children with Down syndrome : a randomized controlled trial. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(10), 1044-1053. doi:10.1111/j.1469-7610.2012.02557.x
- Cail, F. (2017). *Ecrans de visualisation. Santé et ergonomie* (INRS). Retrieved from <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20924>
- Cardoso-Martins, C., & Frith, U. (2001). Can individuals with Down syndrome acquire alphabetic literacy skills in the absence of phoneme awareness. *Reading and Writing : an Interdisciplinary Journal*, 14, 361-375.
- Cardoso-Martins, C., Peterson, R., Olson, R., & Pennington, B. (2009). Component reading skills in Down Syndrome. *Read Writ*, 22, 277-292. doi:10.1007/s11145-007-9114-6
- Casalis, S., Leloup, G., & Bois Parriaud, F. (2013). *Prise en charge des troubles du langage écrit chez l'enfant*. Issy-les-Moulineaux, France: Masson.
- Chung, S.T.L. (2002). The effect of letter spacing on reading speed in central and peripheral vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 43(2), 1270-1276.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DCR a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204-256. doi:10.1037/0033-295X.108.1.204

- Comblain, A., Rondal, J. A. (2001). *Manuel de psychologie des handicaps : Sémiologie et principes de remédiation*. Sprimont, Belgique: Mardaga.
- Comblain, A., & Thibaut, J. P. (2009). Approche neuropsychologique du syndrome de Down. *Traité de neuropsychologie de l'enfant*, 491-524.
- Cossu, G., Rossini, F., & Marshall, J. C. (1993). When reading is acquired but phonemic awareness is not: a study of literacy in Down's syndrome. *Cognition*, 46, 129-138
- Dunn, L.M., Theriault-Whalen, C.M., & Dunn, L.M. (1993). Echelle de Vocabulaire en Images Peabody.
- Ergolab (2003). *Faciliter la lecture d'informations sur le web*. Retrieved from <http://www.ergolab.net/articles/faciliter-lecture-informations-web.php>
- Exalang 5-8. Thibault, M.P., & Helloin, M.C. (2010). Orthomotus.
- Gathercole, S., & Baddeley, A. (1993). *Working memory and language*. Hove, UK: Erlbaum.
- Goetz, K., Hulme, C., Brigstocke, S., Carroll, J. M., Nasir, L., & Snowling, M. (2008). Training reading and phoneme awareness skills, *Read Writ*, 21, 395-412. doi:10.1007/s11145 007-9089-3
- Gombert, E. (2002). Children with Down syndrome use phonological knowledge in reading. *Reading and Writing : an Interdisciplinary Journal*, 15, 455-449.
- Gough, P., & Tunmer, W. (1986). Decoding, reading and reading disability. *Remedial & Special Education*, 7(1), 6-10. doi:10.1177/074193258600700104
- Hall, R. H., & Hanna, P. (2004). The impact of web page text-background colour combinations on readability, retention, aesthetics and behavioural intention. *Behaviour & Information Technology*, 23, 183-195. doi: 10.1080/01449290410001669932
- He, Y., & Legge, G. E. (2017). Linking crowding, visual span and reading. *Journal of Vision*, 17(11), 1-15. doi: 10.1167/17.11.11
- Hennequin, M., Faulks, D., & Veyrone, J. L. (2000). Le syndrome bucco-facial affectant les personnes porteuses d'une trisomie 21. *Information Dentaire*, 26, 1951-1964.
- Hulme, C., Goetz, K., Brigstocke, S., Nash, H. M., Lervag, A., & Snowling, M. J. (2012). The growth of reading skills in children with Down syndrome. *Developmental Science*, 15, 320-329. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01129.x
- Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale. (2016). *Déficiences intellectuelles : Synthèse et recommandations*. Paris, France : Edition Diffusion Presse Sciences.
- Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Pouget, G., Valdois, S., & Zorman, M. 2010. Batterie Analytique du Langage Ecrit.
- Legge, G. E., Ahn, S. J., Klitz, T. S., & Luebker, A. (1997). Psychophysics of reading. The visual span in normal and low vision. *Vision Res*, 37, 1999-2010.
- Legge, G. E., & Bigelow, C. A. (2011). Does print size matter for reading ? A review of findings from vision science and typography. *Journal of Vision*, 11(5), 1-22. doi:10.1167/11.5.8.

- Lemons, C.J., Fuchs, D. (2010). Phonological awareness of children with Down syndrome : its role in learning to read and the effectiveness of related interventions. *Research in Developmental Disabilities, 31*, 316-330. doi: 10.1016/j.ridd.2009.11.002
- Lorch, Jr. R. F., Lorch, E., & Klusewitz, M. A. (1995). Effects of Typographical Cues on Reading and Recall of Text. *Contemporary Educational Psychology, 20*, 51-64.
- Loveall, S. J., & Conners, F. A. (2016). Reading skills in Down syndrome : an examination of orthographic knowledge. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities, 121*, 95-110. doi:10.1352/1944-7558-121.2.95
- Manis, F. R., Doi, L. M., & Bhadha, B. (2000). Naming speed, phonological awareness, and orthographic knowledge in second graders. *Journal of Learning Disabilities, 33(4)*, 325-333. doi:10.1177/002221940003300405
- Martelli, M., Di Filippo, G., Spinelli, D., & Zoccolotti, P. (2009). Crowding, reading, and developmental dyslexia. *Journal of Vision, 9(4)*, 1-18, doi:10.1167/9.4.14.
- Morton, J., & Frith, U. (1993). What lesson for dyslexia from Down's syndrome? Comments on Cossu, Rossini, Marshall. *Cognition, 48*, 289-303.
- Næss, K.-A. B., Melby-Lervag, M., Hulme, C., & Halaas Lyster, S.-A. (2012). Reading skills in children with Down syndrome: A meta-analytic review. *Research in Developmental Disabilities, 33*, 737-747. doi:10.1016/j.ridd.2011.09.019
- Raven, J.C., Court, J.H., & Raven, J. (1998). Progressives matrices couleur.
- Roche, M. (2013). *Apprentissage de la lecture : du décodage à la compréhension*. (Mémoire de master). IUFM Midi-Pyrénées, France. Retrieved from <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00904427>
- Roch, M., & Levorato, M. C. (2009). Simple View of Reading in Down's syndrome: the role of listening comprehension and reading skills. *International Journal of Language & Communication Disorders, 44(2)*, 206-223. doi:10.1080/13682820802012061
- Schillings, P., Géron, S., & Dupont, V. (2017). Les résultats de l'enquête PIRLS 2016 sur la compréhension en lecture des élèves de quatrième année primaire. *Caractères, 7-20*.
- Share, D. (1995). Phonological recoding and self-teaching : sine qua non condition of reading acquisition. *Cognition, 55*, 151-218. doi:10.1016/0010-0277(94)00645-2
- Slattery, T. J., & Rayner, K. (2010). The influence of text legibility on eye movements during reading. *Applied Cognitive Psychology, 24*, 1129-1148. doi: 10.1002/acp.1623
- Thériault, P. (2010). Développement de la conscience de l'écrit : interventions éducatives d'enseignantes de la maternelle quatre ans en milieux défavorisés. *McGill Journal of Education, 45(3)*, 371-392.
- Tsao, R., & Celeste, B. (2006). Etude longitudinale du développement cognitif chez des enfants avec trisomie 21. *Revue Francophone de la Déficience Intellectuelle, 17*, 5-11.
- Sprenger-Charolles, L. (1986). La perception visuelle au cours de la lecture ou peut-on entraîner l'œil à mieux se comporter ?. *Pratiques de lecture, 52*, 112-123. doi:10.3406/prati.1986.1414

- Union Nationale des Association de Parents d'Enfants Inadaptés. (2009). *L'information pour tous : règles européennes pour une information facile à lire et à comprendre*. Paris, France.
- Van Den Boer, M., & Hakvoort, B. E. (2015). Default spacing is the optimal spacing for word reading. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *68*, 697-709. doi:org/10.1080/17470218.2014.964272
- Verucci, L., Meghini, D., & Vicari, S. (2006). Reading skills and phonological awareness acquisition in Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, *50*(7), 477-491. doi: 10.1111/j.1365-2788.2006.00793.x
- Wang, P.P. (1996). A neuropsychological profile of Down syndrome : cognitive skills and brain morphology. *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, *2*, 102-108.
- Wanzek, J., Stevens, E. A., Williams, K. J., Scammacca, N., Vaughn, S., & Sargent, K. (2018). Current evidence on the effects of intensive early reading interventions. *Journal of Learning Disabilities*, *51*(6), 612-624. doi:10.1177/00222194187751
- Wolf, M., & Bowers, P. G. (1999). The double-deficit hypothesis for developmental dyslexias. *Journal of Educational Psychology*, *91*(3), 415-438. doi:10.1037/0022-0663.91.3.415
- Yu, D., Cheung, S.-H., Legge, G. E., & Chung, S. T. L. (2007). Effect of letter spacing on visual span and reading speed. *Journal of Vision*, *7*(2), 1-10. doi:10.1167/7.2.2.
- Zorzi, M., Barbiero, C., Facoetti, A., Lonciari, I., Carrozzi, M., Montico, M.,... Ziegler, J.C. (2012). Extra large letter spacing improves reading in dyslexia. *PNAS : Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. *109*, 11455-11459. doi:10.1073/pnas.1205566109

ANNEXES

Annexe 1. Tableau des résultats détaillés aux épreuves d'appariement des participants du groupe enfants normo-typiques

	ENT-1	ENT-2	ENT-3	ENT-5	ENT-6	ENT-7	ENT-8	ENT-9	ENT-10	ENT-11	ENT-12	ENT-13
Sexe	M	F	M	M	M	F	F	F	M	M	F	F
Âge	7	7	8	7	8	8	8	7	8	8	8	8
Méthode de lecture	syllabique	syllabique	syllabique	syllabique	syllabique	globale	syllabique	syllabique	syllabique	syllabique	syllabique	mixte
Matrice de Raven	28	25	21	20	25	27	31	21	23	28	29	31
EVIP	92	95	94	106	70	94	122	100	113	83	99	100
Conversion G-P	36	32	35	37	35	38	37	42	40	41	40	43
Score mots irréguliers fréquents	11	14	9	10	10	13	10	19	16	11	13	14
Temps mots irréguliers fréquents	84	36	55	49	37	79	95	21	40	52	32	26
Score mots irréguliers peu fréquents	3	8	4	5	3	7	12	16	9	5	10	8
Temps mots irréguliers peu fréquents	67	34	46	79	49	114	114	24	52	37	45	34
Score mots réguliers fréquents	18	19	18	15	18	17	20	20	20	17	19	19
Temps mots réguliers fréquents	45	25	27	36	35	71	59	20	22	29	26	24
Score mots réguliers peu fréquents	13	15	12	13	17	16	17	19	17	15	18	16
Temps mots réguliers peu fréquents	57	32	41	61	47	103	96	23	34	36	39	34
Score non-mots fréquents	15	18	13	16	15	14	14	18	14	10	14	17
Temps non-mots fréquents	57	40	34	38	44	97	80	28	43	44	41	34
Score non-mots peu fréquents	13	14	14	10	12	17	11	18	15	13	11	16
Temps non-mots peu fréquents	49	37	37	52	42	101	102	28	46	42	46	40

Annexe 2. Tableau des résultats détaillés aux épreuves d'appariement des participants du groupe trisomiques 21

	T21-2	T21-3	T21-4	T21-5	T21-6	T21-7	T21-8	T21-9	T21-10
Sexe	M	F	F	F	F	F	F	M	F
Âge	41	37	41	20	22	22	30	17	17
Méthode de lecture	mixte	mixte	mixte	globale	globale	mixte	mixte	mixte	mixte
Matrice de Raven	18	16	18	24	21	23	27	23	25
EVIP	95	102	103	111	104	74	100	60	100
Conversion G-P	33	30	35	36	33	37	37	36	40
Score mots irréguliers fréquents	14	14	15	13	12	10	18	14	20
Temps mots irréguliers fréquents	39	25	25	64	62	53	33	28	18
Score mots irréguliers peu fréquents	13	12	14	6	7	4	17	11	18
Temps mots irréguliers peu fréquents	31	19	26	63	54	58	40	37	24
Score mots réguliers fréquents	17	17	17	13	13	17	19	20	20
Temps mots réguliers fréquents	17	24	22	45	69	42	37	27	18
Score mots réguliers peu fréquents	16	16	14	11	7	17	16	18	20
Temps mots réguliers peu fréquents	32	18	32	54	46	56	44	35	20
Score non-mots fréquents	12	13	12	12	7	15	15	18	19
Temps non-mots fréquents	34	28	32	93	95	45	44	43	22
Score non-mots peu fréquents	15	9	15	8	4	15	16	12	18
Temps non-mots peu fréquents	42	27	39	73	72	55	56	37	26

Annexe 3. Matériel expérimental : liste de mots et non-mots utilisés

MOTS (28)	NON-MOTS (16)
Je marche	Abo
Un bébé	Tizion
Tu écris	Zoboin
Le chocolat	Chourval
Il pousse	Fleuvir
Un dessin	Rinpoli
Elle porte	Ladon
La couleur	Mustacho
Nous rentrons	Poucho
Une fille	Salien
Vous sautez	Faillamé
Le lapin	Drigonbir
Ils volent	Violacelle
Un homme	Gramantar
Je lave	Caranelle
Le jeu	Bidoineau
Tu achètes	
Un loup	
Il arrête	
La main	
Elle attend	
Un nez	
Nous cachons	
La neige	
Vous courez	
Une table	
Ils dorment	
Le soleil	

Annexe 4. Matériel expérimental : catégorisation des items selon la présence ou l'absence de digraphe

Mots avec digraphe	Mots sans digraphe	Non-mots avec digraphe	Non-mots sans digraphe
je marche	un bébé	tizion	abo
le chocolat	tu écris	zoboin	violacelle
il pousse	elle porte	chourval	caranelle
un dessin	ils volent	fleuvir	
la couleur	un homme	rinqoli	
nous rentrons	je lave	ladon	
une fille	il arrête	mustacho	
vous sautez	un nez	poucho	
le lapin	une table	salien	
le jeu	ils dorment	faillamé	
tu achètes		drigonbir	
un loup		gramantar	
la main		bidoineau	
elle attend			
nous cachons			
la neige			
vous courez			
le soleil			

RESUME

Des recherches récentes ont montré qu'augmenter l'espace inter-lettres chez des enfants dyslexiques améliorerait la lecture (Zorzi et al., 2012). A travers cette recherche, nous souhaitons voir si l'augmentation de l'espace inter-lettres d'un matériel écrit pourrait aider également les personnes porteuses de trisomie 21 à améliorer leur performance de lecture (que ce soit en termes de vitesse et/ou de précision) grâce au gain de lisibilité. En effet, augmenter l'espace entre les lettres réduit l'effet d'encombrement visuel (ou crowding) particulièrement influent chez les dyslexiques (Martelli, Filippo, Spinelli & Zoccolotti, 2009). Il s'agit d'une perception brouillée d'un caractère (ici d'une lettre) lorsque d'autres caractères sont trop proches (les lettres voisines). Cet effet de crowding réduit les capacités d'identification des lettres. Cependant, l'augmentation de l'espace inter-lettres peut réduire également l'empan visuel, c'est-à-dire le nombre de lettres qui peuvent être identifiées en une fixation oculaire, particulièrement chez les individus en développement ordinaire normo-lecteurs, ce qui ralentit leur lecture (Yu, Cheung, Legge & Chung, 2007 ; He & Legge, 2017 ; Chung, 2002 ; Van den Boer & Hakvoort, 2015). Deux hypothèses peuvent être formulées. La première : les personnes porteuses de trisomie 21 sont sensibles au phénomène de crowding, et dans ce cas l'augmentation de l'espace inter-lettres les aidera à mieux identifier les lettres et les mots ce qui entraînera une amélioration de leur performance de lecture. La seconde hypothèse est : que les personnes trisomiques 21 soient sensibles ou non au crowding, l'augmentation de l'espace inter-lettres entraînera une réduction de l'empan visuel ce qui réduira la vitesse de lecture. Pour tester ces hypothèses, nous avons proposé une tâche de lecture de mots et de non-mots à deux groupes de participants : un groupe de personnes porteuses de trisomie 21 et un groupe d'enfants de deuxième primaire en développement ordinaire normo-lecteurs. Nous avons comparé les performances de lecture (en termes de vitesse et de précision) des deux groupes pour les mots et non-mots proposés dans une condition « normale » (sans augmentation de l'espace inter-lettres) et une condition « espacée » (avec augmentation de l'espace inter-lettres). Les résultats ne montrent pas de différences statistiquement significatives de la performance en lecture des personnes trisomiques 21 entre la condition « normale » et la condition « espacée ». Les données obtenues ne permettent pas de conclure que l'augmentation de l'espace inter-lettres améliore la lecture des personnes porteuses de trisomie 21.