



UNIVERSITÉ PAUL SABATIER – TOULOUSE III
Faculté de médecine Toulouse Rangueil
Enseignement des techniques de réadaptation

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste

**Développement des capacités rythmiques chez les
adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère
idiopathique**

TRAYSSAC Emilie

Composition du jury : ASTÉSANO Corine et MULERO Mélanie

Sous la direction de :

RATTAT Anne-Claire

Maître de conférences en psychologie, Membre du laboratoire SCoTE (Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie), Institut National Universitaire Champollion –
Université Fédérale de Toulouse

COLLIÉ Isabelle

Orthophoniste en IME (Institut Médico-Educatif), Chargée de cours à l'école
d'Orthophonie de Toulouse - Université Fédérale de Toulouse

Remerciements

Merci à Corine Astésano et Mélanie Muléro d'avoir accepté d'être membres de ce jury, pour le temps accordé à la lecture de ce mémoire.

Sans la participation et le soutien technique, intellectuel, logistique, moral de toutes les personnes citées ci-dessous, il est indéniable que l'aboutissement de ce projet n'aurait pas été possible. A travers ces modestes remerciements, je vous adresse toute ma reconnaissance.

Merci à Anne-Claire Rattat pour sa disponibilité, sa rigueur, sa bienveillance et sa réactivité à toute épreuve ! Merci de m'avoir fait confiance pour participer à cette recherche.

Merci à Isabelle Collié pour son enseignement durant ce cursus, son enthousiasme dans cette recherche et d'avoir été à l'initiative de ce beau projet.

Merci à Joëlle Provasi pour ses conseils avisés, sa grande disponibilité et implication dans ce projet ainsi que son regard enthousiaste et bienveillant sur ce projet. Merci de m'avoir fait connaître l'existence du Lord Rayleigh !

Merci à Benoît Valéry pour sa disponibilité et son aide indispensable tout au long de ces deux années pour mener à bien ce projet parfois au-delà du simple cadre technique,

Merci au laboratoire SCoTE qui rend ce pont entre recherche et clinique orthophonique réalisable,

Merci à Laurine Guyot pour m'avoir donné l'occasion de poursuivre son travail, merci pour ta bonne humeur et ta curiosité pour échanger sur ce projet même un an plus tard !

Merci à Julie Garcès pour son aide dans les recrutements, malgré le contexte nous avons réussi ! je te souhaite le meilleur pour la suite.

Grâce à ce mémoire, j'ai eu la chance d'échanger avec des orthophonistes, psychologues, éducateurs et de rencontrer beaucoup de jeunes avec DIL, aux quatre coins de la région Occitanie. Je vous remercie sincèrement pour votre participation et d'avoir rendu ce projet possible.

Enfin merci à la Crème de la Crème, les copains orthos pour votre bonne humeur tout au long de ces cinq années, merci pour votre amitié qui va se poursuivre j'en suis sûre au-delà des bancs de la fac.

Merci à ma famille, Mathilde, Arnaud, Papa, Maman pour avoir cru en moi tout au long de ce cursus, merci pour votre soutien sans faille.

Merci à Sébastien pour avoir supporté mes nombreux moments de doutes et pour m'avoir soutenue, merci pour ta patience légendaire (sans oublier une spéciale dédicace à ton génie informatique).

Table des matières

Introduction.....	1
1. Assises théoriques.....	2
1.1 La déficience intellectuelle légère idiopathique.....	2
1.1.1 Définitions, épidémiologie, étiologie.....	2
1.1.1.1 Définitions et critères diagnostiques.....	2
1.1.1.2 Classifications.....	3
1.1.1.3 Épidémiologie.....	3
1.1.1.4 Étiologie.....	4
1.1.2 Parcours de vie d’une personne en situation de DIL idiopathique : du diagnostic à l’âge adulte.....	4
1.1.2.1 Des profils diagnostiqués tardivement.....	4
1.1.2.2 Institutions ou milieu ordinaire, quelle inclusion aujourd’hui pour ces jeunes ? ..	5
1.1.2.3 Un accompagnement adapté et évolutif selon les besoins de soutien.....	6
1.1.3 Les caractéristiques de la déficience intellectuelle légère.....	7
1.1.3.1 Sur le plan langagier.....	7
1.1.3.2 Les capacités temporelles.....	8
1.2 Le rythme.....	9
1.2.1 Des définitions multiples.....	9
1.2.1.1 Différents champs d’application.....	9
1.2.1.2 Le rythme constitutif de la structuration temporelle.....	10
1.2.2 Le rythme à la croisée de compétences multidimensionnelles.....	11
1.2.2.1 Le rôle du rythme à différents niveaux du langage et de la parole.....	11
1.2.2.2 Le rôle du rythme dans l’apprentissage de la lecture.....	12
1.2.2.3 Le rôle du rythme dans les interactions sociales.....	13
1.2.3 Perspective développementale des capacités rythmiques.....	14
1.2.3.1 Le développement typique des capacités rythmiques : de la vie fœtale à l’âge adulte.....	14
1.2.3.2 Le développement du rythme chez les personnes avec déficience intellectuelle	17
1.2.3.3 Un intérêt croissant pour le rythme.....	18
2. Méthode.....	18
2.1 Contexte de l’étude.....	18
2.2 Le protocole.....	19
2.2.1 Les tâches expérimentales.....	19
2.2.1.1 Tâche de discrimination de rythmes.....	19
2.2.1.2 Tâche de synchronisation/continuation de rythme.....	20
2.2.2 Déroulement des passations et matériels.....	22
2.2.2.1 Les conditions des passations.....	22
2.2.2.2 Le matériel.....	22
2.3 Problématique et hypothèses.....	23
2.3.1 Problématique.....	23
2.3.2 Hypothèses.....	23
2.4 La population.....	24
2.4.1 Démarches de recrutement et consentement éclairé.....	24
2.4.2 Critères de recrutement des participants (DIL et TV)	28
Critère d’inclusion.....	28
2.4.3 Caractéristiques participants DIL et TV.....	29
2.5 Analyses statistique des données.....	29
3. Résultats.....	31
3.1 Tâche de discrimination de rythmes.....	32
3.2 Tâche de synchronisation / continuation.....	33
3.2.1 Tempo moteur spontané (TMS).....	33

3.2.2 Tâche de synchronisation /continuation basée sur le TMS avec 5 modulations (-40 %, -20 %, 0 %, +20 %, -40%).....	35
3.2.3 Tâche de synchronisation /continuation basée sur le TMS avec 400 et 600 ms.....	40
4. Discussion.....	45
4.1 Rappel et validation de l'hypothèse générale.....	45
4.2 Discussion : tâche de discrimination de rythmes.....	45
4.3 Discussion : tâches de TMS et de synchronisation continuation.....	48
4.3.1 TMS.....	48
4.3.2 Tâche de synchronisation / continuation.....	51
5. Limites et perspectives.....	55
5.1 Limites.....	55
5.2 Perspectives en recherche et d'un point de vue plus clinique.....	56
5.2.1 Recherche.....	56
5.2.2 Clinique.....	57
6. Conclusion.....	59
7. Bibliographie.....	60

Index des tableaux

Tableau 1: Les établissements sociaux médico-sociaux qui ont participé à l'étude.....	26
Tableau 2: Caractéristiques des participants.....	29
Tableau 3: Les variables dépendantes et indépendantes pour chaque tâche, i.e., discrimination et synchronisation-continuation.....	29
Tableau 4: Synthèse des effets significatifs.....	44

Table des illustrations

Figure 1: Représentation schématique de la tâche de discrimination, Guyot (2020).....	20
Figure 2: Représentation schématique de la tâche de synchronisation et continuation, Guyot (2020).....	22
Figure 3: Boîtier qui enregistre les tappings et muni d'un capteur de pression.....	23
Figure 4: Discrimination de rythmes. Taux de bonnes réponses dans la tâche de discrimination du groupe TV et DIL sur un intervalle inter stimulus (ISI) de 400 et 600 ms.....	33
Figure 5: Tempo moteur spontané (TMS). Médiane de l'intervalle inter réponse (IRI) en secondes du TMS pré phase de synchronisation/continuation et post phase de synchronisation/continuation des groupes DIL et TV.....	34
Figure 6: Tâche de synchronisation/continuation basée sur le TMS. Médiane de l'intervalle inter réponse (IRI) divisée par le TMS individuel du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions.....	36
Figure 7: Tâche de synchronisation/continuation basée sur le TMS. Variabilité de la médiane du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions.....	38
Figure 8: Tâche de synchronisation/continuation basée sur le TMS. Scores au Rayleigh ajusté du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions.....	39
Figure 9: Tâche de synchronisation / continuation en 400 ms (à gauche) et 600 ms (à droite) Variabilité de la médiane des groupes DIL et TV par tranches d'âge toutes conditions confondues.....	42
Figure 10: Illustration issue de Drake et al. (2000) <i>représentant</i> la période de référence par un trait horizontal, l'empan des valeurs de la période de référence représenté par le trait épais vertical et la gamme de tempi accessibles par le trait fin vertical.....	49

Liste des acronymes

AAIDD : American Association on Intellectual and Developmental Disabilities

AC : Âge Chronologique

AM : Âge Mental

APA : American Psychiatric Association

CIM : Classification Internationale des Maladies

DI : Déficience Intellectuelle

DIL : Déficience Intellectuelle Légère

DSM : Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders

ESMS : Etablissements Sociaux ou Médico-Sociaux

IME : Institut Médico-Educatif

IMP : Institut Médico-Pédagogique

IMPro : Institut Médico-Professionnel

INSERM : Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale

IRI : Intervalle Inter Réponses

ISI : Intervalle Inter Stimuli

MCT : Mémoire à Court Terme

MDT : Mémoire De Travail

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

QI : Quotient Intellectuel

SESSAD : Service d'Education Spécialisée et Soins à Domicile

TDA-H : Trouble du Déficit de l'Attention avec ou sans Hyperactivité

TMS : Tempo Moteur Spontané

TSA : Trouble du Spectre de l'Autisme

TV : Tout-Venant

ULIS : Unité Localisée d'Inclusion Scolaire

VD : Variable dépendante

VI : Variable indépendante

WISC : Échelle d'intelligence pour enfants de Wechsler (traduction de Wechsler Intelligence Scale for Children) – WISC- R version révisée, WISC V, version la plus récente (2015)

Préface

Nous souhaitons introduire votre lecture à la lumière de certains éléments liés au contexte de crise sanitaire que nous traversons depuis mars 2020.

Ce mémoire s'inscrit à la suite de travaux menés sur le développement de la temporalité chez l'enfant et adolescent avec déficience intellectuelle légère (DIL) idiopathique et plus particulièrement poursuit une étude portant sur le rythme chez cette même population. En 2020, le travail de Laurine Guyot, dans le cadre de son mémoire d'orthophonie, a élaboré le protocole expérimental, la méthodologie de l'étude et a réalisé l'état des lieux de la littérature portant sur lien entre compétence rythmique et DIL. Malheureusement, le recueil des données n'a pas pu être réalisé en raison du confinement strict appliqué en mars 2020.

L'essentiel de ce travail actuel repose donc sur le recueil des données et l'analyse des résultats. Pour autant, les restrictions liées à la COVID-19 ont impacté nos démarches de recrutement auprès des structures accueillant des jeunes présentant une DIL idiopathique. Les partenariats avec certaines structures n'ont pas pu être renouvelés ou créés pour plusieurs raisons : directives de ne pas accueillir d'intervenants extérieurs, manque de visibilité sur les prochaines mesures, indisponibilité des responsables à cause de l'organisation interne de leur structure bousculée. Nos interventions ont elles aussi été impactées : le cas d'absences de jeunes liées à la COVID-19 s'est parfois présenté.

Malgré ces circonstances, notre panel se compose de 133 jeunes sur les 140 participants prévus initialement. Nous espérons que les analyses de résultats sur la base de recueil de données nourrira la réflexion de futures études et apportera des éléments dans la clinique des professionnels qui interviennent auprès de ces jeunes.

Introduction

Le rythme est omniprésent dans notre quotidien sous différentes formes : rythmes physiologique, neuronal, de la parole, du langage, musical. Dès lors, il apparaît comme une composante majeure du comportement humain qui a fait l'objet de nombreux travaux. La littérature scientifique montre notamment que les compétences rythmiques, en particulier les capacités de traitement des rythmes et de synchronisation sensori-motrice, sous-tendent l'acquisition du langage, participent au développement des interactions avec l'environnement, de la communication et améliorent les capacités motrices.

Le rythme, constitutif de la structuration temporelle, joue donc un rôle dans le développement des dimensions cognitives, sociales et motrices de l'individu. Or, il est observé cliniquement et prouvé scientifiquement que les jeunes avec déficience intellectuelle légère (DIL) présentent des difficultés à ces différents niveaux qui sont fondamentaux pour l'autonomie de la personne au quotidien et son adaptation à l'environnement. Ces derniers points constituent les enjeux principaux de l'accompagnement de cette population. Si le développement du rythme est largement documenté au sein de la population typique, les données scientifiques sur les jeunes avec DIL dans ce domaine sont quant à elles rares et datées. Pour autant, d'après le rapport d'expertise collective sur la DI réalisé par l'INSERM en 2016, « il est important de poursuivre les recherches afin d'établir les forces et les limites des interventions pour un meilleur développement et accompagnement des personnes avec DI » (INSERM, 2016, p. 96). Ainsi, notre travail s'intéresse-t-il aux caractéristiques développementales des jeunes avec DIL dans le domaine du rythme.

Pour répondre à cette problématique, des jeunes âgés entre 11 et 21 ans avec une DIL idiopathique appariés à des jeunes tout-venant (TV) de même âge chronologique ont été soumis à un protocole destiné à évaluer leur capacité rythmique à la fois sur le versant perception et sur le versant production.

Notre hypothèse de départ est que les performances des jeunes DIL aux tâches proposées seront inférieures à celles des TV. Ici ce qui nous intéresse particulièrement est la dynamique développementale de ces jeunes dans leur capacité de perception rythmique, de production rythmique et d'ajustement rythmique à un stimulus externe.

L'objectif de cette étude est d'enrichir les données développementales sur ces jeunes afin d'éclairer la clinique sur les difficultés rencontrées par cette population pour in fine améliorer le dépistage, l'évaluation, l'intervention et l'accompagnement de ces jeunes tout au long de leur développement.

Dans le présent mémoire, nous commencerons par présenter les caractéristiques des personnes avec une DIL idiopathique puis nous aborderons dans un second temps le rôle du rythme sur les plans langagier et des interactions sociales. Enfin, nous décrirons notre protocole expérimental (présentation des tâches, déroulement séquentiel), pour terminer par la présentation et la discussion de nos résultats.

1. Assises théoriques

1.1 La déficience intellectuelle légère idiopathique

1.1.1 Définitions, épidémiologie, étiologie

1.1.1.1 Définitions et critères diagnostiques

La déficience intellectuelle (DI) fait référence à un déficit de l'intelligence ainsi qu'à un déficit du comportement adaptatif qui y est associé. Elle est aussi considérée comme un problème de fonctionnement, un handicap, de la personne dans son environnement (INSERM, 2016). La DI est considérée dans la 11ème version de la Classification Internationale des Maladies (CIM 11) - présentée en 2019 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) - comme une sous-classe des troubles neurodéveloppementaux (neurodevelopmental disorders). La DI y est alors intitulée troubles du développement intellectuel (intellectual developmental disorder) (Bertelli et al., 2016; Carulla et al., 2011). Le DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) en 2013 utilise le terme diagnostique de déficience intellectuelle, mais il mentionne aussi le trouble du développement intellectuel qui est donc équivalent à celui de la CIM 11. Le DSM-5 définit les troubles neurodéveloppementaux comme « un ensemble d'affections qui débutent durant la période du développement, souvent avant même que l'enfant n'entre à l'école primaire ; ils sont caractérisés par des déficits du développement qui entraînent une altération du fonctionnement personnel, social, scolaire ou professionnel ». Les terminologies et par conséquent les définitions associées à ce handicap ont bien évolué à travers les années et cette évolution est à mettre en lien avec un regard sur le handicap qui change. En effet, la déficience intellectuelle est de moins en moins abordée comme un ensemble de déficits et de manque. Il s'agit plutôt de considérer l'ensemble des symptômes dans une dimension dynamique et évolutive (Guidetti & Tourette, 2018; Salbreux & Misès, 2005).

Concernant les critères diagnostiques, les organisations internationales telles que l'American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD), l'OMS avec la CIM11, et l'American Psychiatry Association avec le DSM-5 ou encore l'INSERM s'accordent sur trois aspects à savoir :

- un déficit des fonctions intellectuelles dans les domaines du raisonnement, de la résolution de problèmes, de la planification, de la pensée abstraite, du jugement, de l'apprentissage académique, de l'apprentissage par l'expérience et de la compréhension pratique
- des limitations significatives du comportement adaptatif qui permet d'évoluer au quotidien
- une apparition lors de la période développementale, soit avant 18 ans.

Ajoutons également que ces critères doivent être présents simultanément.

1.1.1.2 Classifications

Plusieurs types de classifications existent selon les modèles théoriques de référence. Dans le DSM IV-TR, les DI sont classées selon leur degré de gravité en fonction du niveau de quotient intellectuel (QI) :

- DI légère (50-55 à 70 +/- 5)
- DI modérée (35-40 à 50-55 +/- 5)
- DI grave (20-25 à 50-55 +/- 5)
- DI profonde (inférieur à 20-25 +/- 5)

Pour autant cette classification est peu à peu mise de côté puisque le DSM-5 en 2013 abandonne le critère du QI et offre une typologie descriptive à partir du comportement adaptatif cognitif, social et pratique. Cependant, les niveaux de gravité de la DI demeurent (i.e léger, modéré, grave, profond). Il existe également les classifications selon a) l'intensité des besoins de soutien qui peut être mesurée via l'échelle de besoin de soutien (Thompson et al, 2004). Cette échelle évalue l'intensité des besoins de soutien d'une personne avec DI selon sept domaines d'activités du fonctionnement humain en lien avec la qualité de vie. b) l'étiologie (AAIDD ,2002 et 2010) soit les facteurs de risque de la DI (i.e biomédical ; social ; comportemental ; éducationnel). Ou encore c) le fonctionnement à savoir les modèles issus de la CIF-OMS, de l'AAIDD (spécifique à la DI), ou de Fougeyrollas. Ces modèles ont pour vocation de servir de cadre de référence pour comprendre le fonctionnement humain individuel et collectif de la personne en situation de handicap. Contrairement aux modèles médicaux, ceux-ci nous éclairent sur ce qui limite la capacité d'une personne à s'engager dans les obligations individuelles et sociétales attendues à savoir les attentes socioculturelles et l'environnement (Patel et al., 2020).

En résumé, l'utilisation de ces différentes classifications dépend de la vision que l'on prête à la DI et du champ dans lequel on se situe (approche médicale ou socio-environnementale).

1.1.1.3 Épidémiologie

D'après le rapport de l'INSERM (2016), la DI légère (DIL) en France pourrait représenter entre 10 et 20 personnes pour 1000 ce qui est supérieur à la prévalence de la DI sévère : 3 à 4 personnes pour 1000. De plus, la DIL représente 85% des cas de DI (Patel et al., 2020). La prévalence de DIL est également plus élevée chez les garçons que chez les filles (sex ratio de l'ordre de 1,2-1,9).

On note aussi une prévalence de la DIL plus importante selon le contexte socio-économique. En effet, Salbreux et Misès en 2005 soulignent la place importante des facteurs environnementaux sur la DI : il est noté que la CSP du père, la nationalité des parents, le degré de peuplement du logement ainsi que l'espace personnel dont l'enfant dispose jouent un rôle dans le développement cognitif. Des études montrent également que le niveau socio-économique a un impact sur la prévalence de DIL à modérée. Plus le niveau socio-économique et le niveau d'éducation des parents sont bas, plus la prévalence de DIL augmente (David et al., 2014; Emerson, 2012; Leonard et al., 2011).

1.1.1.4 Étiologie

Les diagnostics étiologiques des DI sont extrêmement hétérogènes et le taux d'identification étiologique varie selon le niveau de sévérité de la DI. En effet, selon le rapport d'expertise collective sur la DI réalisé par l'INSERM en 2016, la cause de la DIL est connue dans seulement 20 % des cas. Les DI idiopathiques représentent donc un groupe majoritaire, entre 35 à 40 % des DI. Par conséquent, les personnes porteuses d'une DIL idiopathique représentent donc un large groupe. « Dans la mesure où l'on n'arrive pas à retrouver l'étiologie dans bon nombre de déficiences intellectuelles et qu'il semble quasi impossible d'expliquer bon nombre de déficiences par un seul type d'étiologie, la déficience intellectuelle résulterait de l'intrication de déterminismes biologiques et environnementaux, qui ne seraient ni additionnels ni interchangeables » (Guidetti & Tourette, 2018, p.152) . Dans la littérature scientifique, on déplore toutefois la très faible représentation de la DIL idiopathique (Rattat & Collié, 2020). Or, dans le rapport de l'INSERM il est clairement stipulé que « Négliger l'étude des déficiences intellectuelles sans étiologie connue serait une erreur car elles représentent une proportion importante de cette population. » (INSERM, 2016, p.483)

Pour toutes ces raisons, nous avons décidé de nous intéresser à cette population spécifique dans le cadre de notre étude ; et nous allons dans un premier temps nous pencher sur le parcours de vie de ces personnes.

1.1.2 Parcours de vie d'une personne en situation de DIL idiopathique : du diagnostic à l'âge adulte

1.1.2.1 Des profils diagnostiqués tardivement

Les outils de dépistage d'un trouble neurodéveloppemental, dont la DI, sont nombreux. Pour autant, ils sont peu utilisés en pratique clinique par manque de temps ou de niveau de preuve (INSERM, 2016). De ce fait, l'enfant porteur de DIL sans étiologie connue ne bénéficie pas d'un diagnostic précoce et le diagnostic différentiel se pose en début de classe élémentaire ou même au collège. Outre les failles de dépistage précoce, comment explique-t-on concrètement cette errance diagnostique ? Dans un premier temps, tant que l'enfant parvient à répondre aux exigences scolaires et

sociales dans ses premières années sans présenter de difficultés majeures, outre un an de retard scolaire (David et al., 2015), l'évaluation diagnostique ne s'impose pas. Par conséquent, dans le cas de la DIL, il n'est pas rare que les premières interrogations surviennent pendant l'école élémentaire, vers 5-6 ans, parfois même au collège, lorsque les difficultés rencontrées dans le cadre scolaire ont un réel impact fonctionnel (Patel et al., 2020). Le sujet porteur de déficience intellectuelle légère peut être confondu avec les troubles spécifiques du développement, présentant ainsi un profil « multidys », ce qui peut conduire ensuite à un échec scolaire (Ke, 2012). De plus, certains enfants porteurs d'une déficience intellectuelle peuvent présenter des traits symptomatiques communs au trouble du spectre de l'autisme (TSA). Enfin, la DI peut également être confondue avec un fonctionnement intellectuel limite d'origine psychosociale (David et al., 2014) même si nous savons que les facteurs psychosociaux et environnementaux sont en grande partie responsable de la DIL (Emerson, 2012; Guidetti & Tourette, 2018; Leonard et al., 2011; Patel et al., 2020; Salbreux & Misès, 2005). C'est pourquoi, il est nécessaire d'examiner attentivement la question des conditions environnementales et psychosociales pour différencier la véritable DI de l'impact de ces facteurs environnementaux (Patel et al., 2020). Le repérage, le dépistage et le diagnostic différentiel de la DIL ne sont donc pas aisés. Ajoutons également que l'évaluation fine des profils psychométriques, des compétences socio-adaptatives et de l'environnement est déterminante pour la pose de diagnostic. En effet, l'utilisation d'échelles d'évaluation du comportement adaptatif diminue le risque de faux-négatif et apporte des informations très utiles pour orienter les accompagnements éducatifs. Or, à l'heure actuelle, l'utilisation de ces échelles est limitée en France (INSERM, 2016), d'où l'importance du diagnostic différentiel qui s'effectue sur les progrès survenus avec la prise en charge car un retard de développement dans la petite enfance ne se traduit pas nécessairement par une DI quelques années plus tard. Pour distinguer un décalage simple et un trouble du neurodéveloppement, il est recommandé de renforcer précocement la stimulation linguistique et sensorimotrice de l'enfant et, selon le contexte, mener un accompagnement parental (INSERM, 2016). Les interventions doivent donc être précoces (Salbreux & Misès, 2005) et les professionnels dans le monde de l'éducation et du soin se doivent d'être alertes face à des troubles de type « multi dys », des troubles de l'attention ou bien des troubles du comportement qui peuvent être caractéristiques de cette population (David et al., 2014). Nous développerons les caractéristiques des sujets avec DIL un peu plus loin (voir 1.1.3).

1.1.2.2 Institutions ou milieu ordinaire, quelle inclusion aujourd'hui pour ces jeunes ?

Les lois incitant à l'éducation des enfants en situation de handicap et à leur intégration puis à leur inclusion dans la société ordinaire se sont succédés (1975, 2005, 2013, 2019). La loi du 11 février 2005 pour « l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » affirme le droit pour chaque enfant à une scolarisation en milieu ordinaire au plus près de son domicile et à un parcours scolaire continu et adapté. Quelle que soit la situation de l'enfant, il

aura accès de plein droit à l'école ordinaire. C'est donc à l'institution de s'adapter à la diversité des publics accueillis. Le but n'est pas de gommer les singularités mais d'accepter les différences.

Dans le cas de la DIL, nous avons évoqué précédemment que ces profils n'étaient pas repérés avant l'âge de 5-6 ans, parfois même au début du collège. Lorsqu'une souffrance scolaire est repérée, la question de l'orientation se pose tout en maintenant le principe de l'inclusion. Différents dispositifs existent et sont alors proposés selon la sévérité de la DI. Dans le cas de la DIL, l'étude de David et al. (2015) montre que le parcours scolaire le plus répandu (37 % des sujets de l'enquête) se compose d'une scolarité ordinaire pendant le primaire puis d'une orientation en milieu ordinaire individuel adapté (inclusion scolaire avec soutien de dispositif ULIS), soit en section d'enseignement général et professionnel adapté (SEGPA). En 2010, parmi les enfants de 6 à 16 ans suivis par un Service d'Éducation Spécialisée et de Soins à Domicile (SESSAD), qui assure un accompagnement personnalisé par une équipe pluridisciplinaire, et scolarisés à temps complet dans une école ordinaire, 14 % présentent une DI dont 10 % une DIL (Makdessi, 2013). En résumé, le bilan global de la loi montre que l'accueil en milieu ordinaire est en progression pour les enfants et adolescents avec DI. Or, il ne s'agit pas seulement d'accueillir ces jeunes, le but de cette inclusion est de fixer ensemble des objectifs d'apprentissage (INSERM, 2016).

La question de l'insertion professionnelle se pose ensuite. Les personnes avec une DI appréhendent le passage entre la vie scolaire, souvent institutionnalisée (les DI représentent 75 % de la population en instituts médico-éducatifs) et l'entrée dans la vie professionnelle. La transition doit se faire avec différents acteurs tout en prenant compte l'aspect identitaire de chaque personne (INSERM, 2016) et de l'autodétermination de l'individu qui est la capacité d'une personne à faire des choix pour elle-même et par elle-même, indépendamment de toute contrainte extérieure, soit la capacité à être acteur de sa vie, qui fait d'ailleurs partie des droits dans la prise de décision pour l'adulte présentant une DI (Devi, 2013).

En définitive, l'institutionnalisation en France tend à diminuer pour laisser place à l'inclusion même si des limites sont observées entre les textes officiels et la réalité. Le combat pour l'inclusion reste à mener, nous citerons ici Anne-Sarah Kertudo, présidente de l'association Droit Pluriel : "Il n'y a qu'un seul monde et il doit être conçu pour tout le monde ».

1.1.2.3 Un accompagnement adapté et évolutif selon les besoins de soutien

L'accompagnement de ces personnes tout au long de leur vie se doit d'être adapté et individualisé. Si l'environnement est adapté et favorable, il leur est tout à fait possible d'acquérir de nouveaux savoirs. Effectivement, la DIL concerne des « personnes pouvant acquérir des aptitudes pratiques et la lecture ainsi que des notions d'arithmétique grâce à une éducation spécialisée » (Guidetti & Tourette, 2018, p.147). Il est donc nécessaire de ne pas sous-estimer le potentiel

d'apprentissage des personnes avec une DIL (Bussy, 2014; Minguéz & Milh, 2018). Connaître les compétences réelles de ces personnes permet d'ajuster au mieux l'enseignement en fonction des besoins et des capacités de chacun (Hessels & Gassner, 2010). C'est pourquoi l'évaluation fine du fonctionnement cognitif et des compétences adaptatives tout au long du développement de l'enfant présentant ce type de déficience est nécessaire (Minguéz & Milh, 2018). Notons également que cet accompagnement doit se prolonger tout au long de la vie car des progrès sont notés au-delà de l'âge scolaire (INSERM, 2016).

Aussi, l'accessibilité aux soins et à la vie sociale de ces personnes est-elle problématique. En effet, l'étude de Giesbers et al. en 2019 se base sur des témoignages d'adultes avec DIL rapportent leur difficulté à créer des liens sociaux au-delà du cercle familial et professionnel. Sur le plan de la santé, l'étude de Carroll Chapman et Wu en 2012 souligne le manque d'accompagnement des adultes avec DI qui sont susceptibles de commencer plus tôt que la population ordinaire la consommation de substances illicites.

En résumé, en tant que professionnels de soin nous nous devons d'adopter un point de vue pluraliste et dynamique de la DI, soit de nous inscrire dans une approche multidimensionnelle pour répondre aux besoins de cette population (Salbreux & Misès, 2005).

1.1.3 Les caractéristiques de la déficience intellectuelle légère

Chez les enfants et adolescents porteurs d'une DI on constate des atteintes sur plusieurs fonctions cognitives (pour des revues récentes voir Côté et al., 2017; Hronis et al., 2017), qui s'expliquent sur un plan neurobiologique et médical. Mais dans le cas de la DIL, les dimensions sociale, familiale, environnementale sont d'autant plus à prendre en compte pour expliquer ces déficits. En revanche, il convient de rappeler ce que nous avons énoncé plus haut dans la définition que « l'efficiace intellectuelle est à replacer dans le fonctionnement psychologique global de l'individu » (Salbreux & Misès, 2005). Nous faisons le choix ici de développer brièvement les caractéristiques de cette population sur le plan langagier et au niveau temporel car ce sont des domaines que nous mettrons par la suite en lien avec les capacités rythmiques, le cœur de notre sujet.

1.1.3.1 Sur le plan langagier

D'après la littérature, le sujet présentant une DIL a un langage appauvri par rapport à l'enfant au développement typique (Ke & Liu, 2012; Salbreux & Misès, 2005). Rondal (2009) ainsi que Marrus et Hall (2017) soulignent même que cette population a un retard marqué dans tous les domaines du développement du langage. Ces retards peuvent concerner à la fois le développement phonologique, lexical, syntaxique et pragmatique. Ce retard langagier s'explique d'une part par un système cognitif qui assimile plus lentement que l'enfant normo-typique les notions linguistiques, et d'autre part, par le contexte socio-économique (Emerson, 2012; Guidetti & Tourette, 2018; Leonard et

al., 2011; Salbreux & Misès, 2005). En effet, les apports langagiers dans ces milieux sont souvent insuffisants, ce qui a pour conséquence de créer un délai dans le développement des capacités langagières chez l'enfant porteur de DI. Ainsi ces enfants disposent d'un langage concret et situationnel. De ce fait, la fonction idéique-représentationnelle du langage est affectée (INSERM, 2016 ; Salbreux & Misès, 2005) et les capacités de métacognition (la capacité à réguler ses propres activités cognitives), de pensée abstraite, sont peu développées comme souligné par Minguez et Milh (2018).

Par ailleurs, selon Coppens-Hofman et al. (2016), la parole des adultes porteurs d'une DI légère à modérée présente des caractéristiques langagières non observées chez l'adulte normo-typique. Les analyses au niveau de leur intelligibilité montrent des instabilités dans la production des phonèmes, des difficultés dans l'articulation des diconsonantiques ainsi que des anomalies au niveau du débit et de la prosodie. Ces difficultés peuvent s'expliquer au niveau du contrôle moteur de la parole, notamment au niveau de la planification. En effet, Danielsson et al. (2012) et plus récemment Zagaria et al. (2021) ont montré la présence de difficultés au niveau exécutif chez cette même population qui expliqueraient en partie des compétences langagières déficitaires par une vitesse d'accès aux éléments lexicaux réduite et des difficultés d'encodage au niveau de la mémoire de travail.

1.1.3.2 Les capacités temporelles

La perception et la compréhension du temps sollicitent des processus cognitifs complexes et sont fondamentales dans le développement de l'enfant et dans sa vie quotidienne. Or, on constate dans la population avec DI des difficultés dans la gestion et l'orientation temporelles ((Owen & Wilson, 2006; Grinblat & Rosenblum, 2016) qui sont pourtant essentielles à l'autonomie de la personne avec DI. De plus, le mémoire d'orthophonie de Léger en 2016 relève un fort retard de développement des connaissances temporelles chez les enfants avec DI. Malgré le rôle prégnant des compétences temporelles au quotidien, les professionnels sur le terrain déplorent le manque de littérature et donc d'outils d'évaluation des capacités temporelles des jeunes avec DI afin de répondre au mieux à leur besoin.

Deux mémoires en orthophonie (Adda Joint, 2019; Lambert, 2018) se sont donc intéressés à la perception des durées chez les enfants et adolescents porteurs d'une DIL sans aucun trouble associé. Les résultats de ces études ayant récemment fait l'objet d'une publication scientifique (Rattat & Collié, 2020). Les participants étaient soumis à deux épreuves visant à évaluer leur estimation des durées (i.e, une tâche de bissection temporelle et une tâche de catégorisation d'actions familières). Les résultats ont mis en évidence une plus grande variabilité dans les jugements temporels (dans la tâche de bissection) chez les participants porteurs d'une DIL idiopathique comparativement aux participants TV. En revanche, les participants DIL n'ont fait état d'aucune distorsion temporelle, que ce soit en termes de sur ou de sous-estimation des durées. Concernant la tâche de catégorisation, les sujets

porteurs de DIL ont commis plus d'erreurs que les sujets TV bien que les deux groupes aient le même pattern d'erreurs. Ces études suggèrent que le développement des capacités d'estimation des durées chez les enfants et adolescents porteurs de DIL est ralenti.

Qu'en est-il des autres facettes du temps, et notamment du rythme ?

Avant d'expliquer en quoi le rythme et le temps sont indissociables, il convient de situer ce qu'est le temps et les définitions du temps sont multiples. Dans le champ de la psychologie du temps, Fraisse définit le temps comme « la loi des changements, que nous pouvons saisir et dominer, soit par la pensée, soit mieux encore par l'action unie à la pensée, en créant les changements du futur » (Fraisse, 1967, p.313). Pour Tartas (2010), il s'agit d'une construction sociale complexe. En effet, le temps est multiple car nous savons qu'il recouvre différentes notions telles que le rythme, l'ordre, la succession, la simultanéité, ou encore la durée. Ainsi, les différentes études dans le champ de la psychologie du temps font le choix d'explorer une de ses facettes pour comprendre leur développement chez l'enfant, leur évolution à travers les âges ainsi que leurs mécanismes spécifiques sous-jacents (Droit-Volet, 2001, 2019 ; Tartas, 2010). Le domaine de la structuration temporelle étant très large, nous faisons le choix de nous intéresser au rythme.

Le rythme joue un rôle fondamental et transversal dans le développement de l'enfant, or nous disposons de très peu d'éléments sur le développement de ces capacités rythmiques chez les enfants et adolescents porteurs de DIL puisque les études à ce sujet sont peu nombreuses et datées (Fraisse et al., 1949). Pour autant, un mémoire d'orthophonie en 2020 s'est penché sur cette question et a créé un protocole expérimental destiné à évaluer les capacités rythmiques chez les enfants et adolescents porteurs de DIL (Guyot, 2020). Malheureusement, en raison de la crise sanitaire, le recueil des données n'avait pas pu avoir lieu (c'est pourquoi nous avons poursuivi ce travail cette année dans le cadre de ce mémoire).

Nous définirons tout d'abord ce qu'est le rythme puis nous développerons le rôle du rythme dans diverses compétences (langage oral, langage écrit, interactions sociales) et enfin nous aborderons le rythme d'un point de vue développemental.

1.2 Le rythme

1.2.1 Des définitions multiples

1.2.1.1 Différents champs d'application

Paul Fraisse, en 1974, explique que le concept de rythme viendrait de l'organisation du mouvement humain. Autrement dit, il n'y aurait pas de rythme sans mouvement. En effet, on retrouve le rythme dans tous les comportements humains tels que la linguistique, la biologie, la

neurophysiologie, les arts (e.g., musique, danse), la motricité ou encore la psychologie. Ainsi, le rythme est à la croisée de nombreux domaines, c'est un sujet d'étude transdisciplinaire. Pour preuve, ce mémoire s'est construit et est issu de regards experts croisés sur la thématique du rythme entre différentes disciplines (i.e, psychologie, orthophonie, linguistique). Finalement, la définition de ce concept n'est pas aisée, dépendante du champ disciplinaire dans lequel on se situe. Alors en l'absence d'une définition consensuelle, nous retiendrons la définition plutôt généraliste de René Paoletti (1999) pour qui le rythme est : « l'organisation d'une succession de stimuli au cours de laquelle une structure donnée apparaît périodiquement », soit le retour à intervalles réguliers d'un fait ou d'un phénomène. Cette définition met en lumière que le rythme repose sur deux notions : une notion de périodicité, d'alternance, de répétition des éléments ainsi qu'une notion de structure, d'ordre. Paul Fraisse (1974) ajoute que le rythme se décline sous trois grands aspects : perceptif, affectif, moteur. Autrement dit, on peut également définir le rythme comme le chef d'orchestre de la cognition humaine car il intervient à plusieurs niveaux à savoir: le niveau verbal, vocal, gestuel et postural.

1.2.1.2 Le rythme constitutif de la structuration temporelle

Le temps est un sens inné chez l'Homme. Pour preuve, la perception des durées qui se définit par le temps estimé entre le début et la fin d'un événement arrive très tôt chez le nourrisson et devient de plus en plus précise via le développement des fonctions cognitives (Droit-Volet, 2019). Selon Fraisse (1956), cité par (Tartas, 2010), la perception du rythme constitue la base de l'expérience temporelle. Le temps est donc une dimension essentielle de la perception du rythme. Effectivement, les premières notions temporelles apparaissent chez l'enfant via les activités rythmiques : d'abord en perception avec la discrimination temporelle puis en production (Droit-Volet, 2001; Provasi, 2016; Tartas, 2010). Nous décrivons le développement de ces compétences rythmiques un peu plus loin (voir 1.2.3). Notons par ailleurs que la capacité de discrimination temporelle est une caractéristique de base de notre système de traitement de la parole (Boysson-Bardiès, 1996). La perception du rythme est donc une perception temporelle traitée auditivement. C'est pourquoi selon Friedman (1990, cité par Tartas, 2010) l'oreille représente l'horloge du temps. Aussi, le rythme correspondrait-il même à une prise de conscience de la durée. Pour preuve, Manning et Schutz (2013) ont mis en évidence dans leur étude que suivre le rythme avec un mouvement corporel permet d'améliorer objectivement la perception du temps. Par exemple, lorsqu'on écoute de la musique nous avons tendance à bouger avec notre corps afin de comprendre, de saisir la structure de celle-ci. Selon Fraisse en 1948, la transition entre le traitement du tempo et le traitement de la durée est fluide, au moins chez l'adulte. C'est pourquoi les traitements auditifs, de la durée et du rythme sont intimement liés dans la structuration temporelle de l'enfant.

1.2.2 Le rythme à la croisée de compétences multidimensionnelles

Comme nous l'avons décrit un peu plus haut, l'étude du rythme est au carrefour de nombreuses disciplines, ceci s'explique par le fait que le rythme n'est que mouvement. En effet, le rythme se manifeste à travers des impulsions périodiques tels que des mouvements cadencés et répétitifs que l'on retrouve à travers la succion chez le nouveau-né, frappes, tapotements, balancements, le rythme de la marche, ainsi que les rythmes biologiques viscéraux (rythme respiratoire ou cardiovasculaire) ou encéphalographiques (Gérard & Rosenfeld, 1995).

Nous choisissons ici de développer la multiplicité des rôles du rythme dans le développement langagier à la fois oral et écrit ainsi que dans les interactions sociales.

1.2.2.1 Le rôle du rythme à différents niveaux du langage et de la parole

Les études qui s'intéressent au rythme à travers notre langage et notre parole sont nombreuses et s'inscrivent dans différents domaines : neurosciences, musicologie et linguistique. Chaque discipline propose ses explications sur le rôle du rythme dans la production et la perception de la parole.

Concernant la linguistique, Di Cristo (2003) affirme «qu'il ne fait aucun doute que la production de la parole, orchestrée par l'activité cyclique de la respiration, est contrainte par le rythme » (p.1). De plus, nous savons que les langues appartiennent à différentes classes rythmiques (i.e, les langues accentuelles comme les langues germaniques ; les langues syllabiques comme les langues latines ; les langues moraiques comme le japonais) (Ramus, 1999). Le rythme joue donc le rôle d'organisateur dans le groupement des diverses unités de langage (syllabes, mots, phrases). En effet, le discours est sous-tendu par une métrique de base, on peut ainsi dire que la parole et la musique partagent un système prosodique sous-jacent. Le rythme musical étant étroitement lié à la structure linguistique, il est même possible d'élaborer un modèle musical de la parole (Brown et al., 2017). Dans l'étude de la prosodie du français, le rythme est considéré comme un niveau interprétatif, dissocié de la métrique. Le rythme serait donc un niveau de représentation de la structure prosodique de surface (Di Cristo, 2003). Autrement dit, le rythme rend compte des stratégies mises en place pour répondre à des exigences métriques universelles (propres au français et liées aux usages de la langue). Nous savons donc que les indices prosodiques jouent un rôle dans la compréhension (Astésano, 2001) mais aussi dans la production de la parole. Ainsi le rythme représente un paramètre suprasegmental majeur dans la parole puisqu'il nous aide à sélectionner des phonèmes, des syllabes, des mots d'un flux continu de parole. Ce que confirme Billières (1990, cité par Charpentier, 2013) en écrivant ceci : « l'acquisition du rythme et de l'intonation s'avère indispensable pour la mise en place correcte de la totalité de la matière phonique de la langue cible ».

Les études en neurosciences offrent une toute autre approche et interrogent le rôle des oscillations neuronales dans le traitement du rythme. Grâce à un enregistrement simultané de l'EEG (électroencéphalogramme) et de l'IRM (imagerie par résonance magnétique) fonctionnelle, on peut voir que ces rythmes corticaux endogènes ont une topographie particulière au niveau cortical ce qui souligne l'interaction entre perception et production de la parole (Giraud, 2008). Il a été montré que les ondes bêta se synchronisent sur le rythme syllabique et les ondes alpha sur les accentuations syllabiques. Par ailleurs, dans leur revue sur le traitement du rythme, Kotz et ses collaborateurs (2018) expliquent que le rythme de la parole peut à la fois faciliter la segmentation et la compréhension du discours mais aussi influencer notre façon de communiquer avec nos locuteurs. En effet, les ondes neuronales thêta, delta et gamma jouent un rôle lors de la communication. Ces ondes se couplent, lient l'attention des locuteurs et facilitent ainsi la compréhension et donc la communication. En situation de communication, même si l'un des locuteurs a un débit rapide, on observe qu'une synchronisation d'au moins trois de ces fréquences neurales - qui sont sous-jacentes à un rythme de la parole - se produit entre le locuteur et celui qui écoute.

On peut résumer ici le lien étroit entre le rythme et le système linguistique via cette citation de Lafon (1967) « La communication humaine est essentiellement composée de rythmes qui nous apportent par leurs modulations les concepts même les plus subtils de la pensée de l'homme » (p.113).

1.2.2.2 Le rôle du rythme dans l'apprentissage de la lecture

Des études se sont intéressées au lien entre les compétences rythmiques et les habiletés nécessaires à l'apprentissage de la lecture. Elles ont mis en évidence que le rythme serait prédicteur des capacités qui sous-tendent la lecture telles que la conscience phonologique (la capacité à percevoir, découper, manipuler les unités sonores du langage), la dénomination rapide, la mémoire à court-terme (Bolduc & Rondeau, 2015; Bonacina et al., 2020; David et al., 2007; Woodruff Carr et al., 2014). En effet, David et ses collaborateurs (2007) ont montré, à travers leur étude longitudinale auprès d'enfants du grade 1 au 5 (l'équivalent du CP à la 6ème en France), que le rythme joue un rôle dans l'apprentissage de la lecture. Effectivement, la métrique et l'intonation rythmique sont nécessaires pour lire des mots polysyllabiques. Pour autant, le rythme n'est pas lié à la vitesse de dénomination mais cette étude montre des corrélations significatives entre le rythme et la conscience phonologique. En outre, Bolduc et Rondeau en 2015 ont montré que les enfants de 4 et 5 ans développaient de meilleures habiletés en conscience phonologique et en mémoire auditive suite à une exposition répétée de comptines dans lesquelles le rythme est prégnant et suite à l'apprentissage de celles-ci.

Ainsi, le développement des habiletés rythmiques et le développement de la conscience phonologique étant étroitement liés, ils représentent un levier considérable dans ce contexte d'apprentissage. La sensibilité rythmique serait donc prédictive des capacités langagières. Des corrélations significatives et

des liens de causalité ont été trouvés entre le rythme et la lecture chez les lecteurs plus âgés (11-12 ans), ce qui montre que le rôle du rythme s'accroît avec l'âge (David et al., 2007). Ces résultats sont à mettre en lien avec l'étude plus récente de Bonacina et ses collaborateurs en 2020 qui montre, à travers deux tâches rythmiques différentes (i.e., tâche de synchronisation sur une séquence rythmique isochrone et de reproduction de patterns rythmiques), que le rythme joue un rôle prédictif dans la lecture. La compétence de synchronisation permettrait de prédire la variabilité de la dénomination rapide et la reproduction de pattern rythmiques, prédirait quant à elle variabilité de la conscience phonologique. Ces conclusions font écho avec les toutes premières études qui se sont intéressées au développement du rythme chez les jeunes présentant une dyslexie. En effet, dès 1951, Mira Stambak mettait en évidence que les épreuves rythmiques étaient particulièrement impactées au sein de cette population hormis la tâche de tempo moteur spontané (dans laquelle on mesure le rythme endogène du sujet en lui demandant de faire un tapping digital à la cadence qui lui convient le mieux) qui présentait des résultats similaires à la population contrôle. Ses premiers résultats révélaient les difficultés de structuration temporelles propres aux sujets dyslexiques. (Stambak, 1951).

Ainsi, les compétences qui sont nécessaires à l'apprentissage de la lecture, qui est une activité complexe, seraient sous-tendues par les compétences rythmiques.

1.2.2.3 Le rôle du rythme dans les interactions sociales

Les activités rythmiques sont prégantes dans le quotidien du nouveau-né et se manifestent dans les contextes des premières interactions sociales avec son entourage. En effet, la synchronisation des activités entre l'entourage et l'enfant permet d'une part l'entraînement des activités veille/sommeil (ce qui participe à la construction du rythme circadien) (Bobin-Bègue, 2019) et construit d'autre part le lien entre la mère et l'enfant via une synchronie émotionnelle (i.e, le rythme cardiaque maternel est l'un des facteurs de cette synchronie entre rythme et émotion) (Tordjman, 2015). C'est pourquoi les premières régularités temporelles (e.g., les rythmes physiologiques comme le rythme cardiaque ; le rythme veille sommeil ; les rythmes des repas ; les vocalises ; la succion...) ainsi que les premiers tempi moteurs sont associés aux interactions sociales qui fournissent un cadre temporel et assurent un rythme de sécurité au bébé (Bobin-Bègue, 2020; Ciccone, 2015; Tartas, 2010). Nous pouvons illustrer ce constat avec cette citation de Ciccone (2015) « la rythmicité des expériences résulte d'un accordage entre les rythmes externes imposés au bébé et sa rythmicité interne, ses besoins propres ». Ainsi, le rôle de l'entourage dans ces premières constructions temporelles est capital.

De plus, cette synchronisation des interactions est prédictive de certaines compétences sociales telles que l'empathie, la régulation sociale, la compréhension de la morale. Pour autant, notons que l'influence culturelle joue également un rôle dans ces premières interactions liées au rythme (Bobin-Bègue, 2019). Ajoutons également que les capacités attentionnelles du bébé se développent en lien

avec ses capacités de traitement des régularités temporelles. Cette association entre tempo et attention explique d'ailleurs en partie le développement du langage et des comportements sociaux (Bobin-Bègue, 2020). En outre, sur le plan langagier et dans le domaine des neurosciences nous avons vu précédemment que les rythmes neuronaux se synchronisent à un input acoustique quasi-périodique, c'est-à-dire le discours d'un locuteur. Cette synchronisation facilite ainsi la compréhension entre locuteurs, et donc par extension offre une communication de qualité (Kotz et al., 2018). Keller et ses collaborateurs (2014) révèlent également que les capacités sociales auraient une influence sur la coordination du comportement rythmique entre individus que l'on retrouve dans de nombreuses interactions humaines (e.g, danse, dialogue, chants...). En effet, la capacité à être empathique est liée à la capacité à anticiper l'action, à faire des prédictions temporelles lors d'une action commune. Mais cette coordination rythmique dans une action commune a aussi des conséquences sur le plan social non négligeables, tels qu'une amélioration de la coopération, une mémorisation de ce qu'a dit le locuteur, une sensation d'être davantage connecté à l'autre, un sentiment d'affiliation avec le partenaire de cette synchronie.

Pour résumer, le développement des capacités rythmiques est donc à mettre en lien avec les premières interactions sociales et le développement de certaines capacités sociales. La perception des régularités temporelles ainsi que les capacités de synchronisation favorisent le développement de ces compétences socio-cognitives.

Après avoir expliqué en quoi le rythme joue un rôle fondamental dans les premières acquisitions tels que le langage, la lecture mais également les interactions sociales, nous allons maintenant nous attarder sur le développement typique des capacités rythmiques au niveau de la discrimination, du tempo interne ainsi que de la synchronisation. Ces données seront ensuite mises en regard avec les études s'intéressant à ces mêmes capacités dans les pathologies développementales dont la DI.

1.2.3 Perspective développementale des capacités rythmiques

1.2.3.1 Le développement typique des capacités rythmiques : de la vie fœtale à l'âge adulte

Très tôt, le nouveau-né est soumis à différentes expériences rythmiques qui auront un impact majeur sur son développement. On observe chez lui des capacités de perception, de discrimination des rythmes mais également de production de rythme et enfin de synchronisation à un rythme exogène. Rappelons que tout comme le temps, le rythme est perçu et agi mais que « pour connaître les rythmes humains, il faut tout à la fois cerner ce que les hommes peuvent faire et déterminer les possibilités et les limites de leur perception ». (Fraisse, 1974, p. 7)

- Perception et discrimination

Notons tout d'abord que le traitement perceptif se met en place avant le traitement productif. Avant même sa naissance, le fœtus est capable de percevoir des rythmes, et même de les discriminer. En effet des fœtus proches de leur terme peuvent discriminer un tempo de 600ms d'un tempo plus lent ou plus rapide de 10 % (Lecanuet & Schaal, 2002). Suite à une exposition à de multiples régularités temporelles que ce soit avec la marche de la mère, les bercements, la musique, la parole (Bobin-Bègue, 2020), les capacités de traitement de stimuli rythmiques vont se développer grâce à une perception multimodale (vestibulaire, tactile, auditive) (Provasi, 2016). Pour autant, la perception et la discrimination auditives seront plus précises qu'avec les autres modalités sensorielles (Fraisse, 1948; Penney & Tourret, 2005). Le tempo auditif est donc la stimulation privilégiée pour traiter cette régularité temporelle (Bobin-Bègue, 2020). Les capacités de discrimination de tempi s'améliorent avec l'âge (Drake & Baruch, 1995). En effet, selon Drake et al (2000, cité par (Provasi & Bobin-Bègue, 2008), un adulte pourrait discriminer un tempo de 600 ms d'un tempo de 580 ms. Pour autant cette précision au niveau de la perception du tempo temporel est possible lorsque le tempo auditif est proche de la valeur du tempo moteur spontané que nous allons développer un peu plus loin.

- Production rythmique : le tempo moteur spontané (TMS)

Les rythmes moteurs de l'enfant sont multiples. Nous avons précédemment évoqué les rythmes exogènes auxquels est soumis le nouveau-né (i.e bercements, marche dans les bras d'un adulte, langage, rythmes cicadiens, chants...). Mais qu'en est-il du rythme endogène chez l'enfant ? Ce rythme endogène se traduit par des comportements rythmiques répétitifs appelés tempo moteur spontané (TMS). Paul Fraisse (1974) définit le TMS comme la capacité à produire un rythme dont la valeur nous est propre sans aucun indice extérieur. L'un des premiers TMS chez le nouveau-né est la succion non-nutritive. Le rythme spontané de la succion chez le nouveau-né est de 546ms (Provasi, et al., 2014; 2015) Or, ce tempo n'est pas stable car on sait que les activités rythmiques et répétitives chez le nouveau-né peuvent être modifiées par des stimulations externes provoquant ainsi des accélérations ou décélérations de ce TMS. On dresse le même constat pour les cris, les pleurs, les vocalisations ou les mouvements de jambes et de bras. A cet âge, il est d'ailleurs plus facile d'accélérer le rythme que de le ralentir. Ceci est à mettre en lien avec un problème d'inhibition du comportement, une maturation cérébrale insuffisante (Drake et al., 2000). Provasi et Bobin-Bègue (2003) ont montré que le TMS moyen des enfants âgés de 2 ans et demi à 4 ans est de 430ms. Toutefois, l'irrégularité du TMS est plus grande chez les jeunes enfants de 2 ans et demi comparativement à ceux âgés de 4 ans. Ensuite, de 4 à 10 ans le TMS varie entre 350 et 550 ms jusqu'à atteindre à l'âge adulte 600ms en moyenne avec une grande variabilité inter individuelle (le TMS peut être situés entre 300 et 800 ms). Le TMS ralentirait donc avec l'âge puis resterait stable (Drake et Baruch, 1995). Finalement, Drake, Jones et Baruch, (2000) éclairent ce constat en

expliquant que l'empan des valeurs de TMS disponibles s'élargit avec l'âge (les valeurs de TMS disponibles chez l'enfant étant entre 350 et 550 ms alors qu'elles sont entre 300 et 800 ms chez l'adulte) ce qui, par conséquent, aurait pour effet de « ralentir » le TMS moyen de l'adulte en comparaison avec celui de l'enfant. A l'âge adulte, on note à la fois une grande variabilité inter-individuelle (TMS entre 300 et 800 ms) mais une faible variabilité intra-individuelle, ceci s'explique par la régularité du TMS qui augmente avec l'âge. Tandis que chez l'enfant, c'est l'inverse, la variabilité intra-individuelle est grande et la variabilité inter-individuelle faible (TMS entre 350 et 550 ms). (Frasse, 1974).

- Les synchronisations sensori-motrices

La synchronisation sensorimotrice (SSM) est la coordination d'un mouvement moteur avec un rythme externe perçu. Lors d'une tâche expérimentale, il s'agit par exemple d'exercer une pression digitale en même temps qu'un métronome. Dès leurs premiers jours, les nouveau-nés synchronisent leurs mouvements ou leurs vocalisations à des rythmes externes (Provasi, 2016). Selon Patel (2006) la capacité à synchroniser un comportement moteur avec un stimulus extérieur est propre aux espèces utilisant un apprentissage vocal. De plus, cette synchronisation est à l'origine des interactions du bébé avec son environnement et participe donc à un développement harmonieux et sécurisé (Bobin-Bègue, 2020; Ciccone, 2015). Bien que cette synchronisation apparaisse dès la période péri-natale, la SSM se développe sur plusieurs années. En l'occurrence, cette capacité s'améliore de 3 à 7 ans. Pour autant, dans la revue de Repp et Su en 2013, il est mis en évidence que l'enfant de 7 à 8 ans est plus irrégulier et présente plus de difficultés à se synchroniser à un tempo rapide que l'adulte. Cette irrégularité s'efface par la suite avec l'âge puisque l'enfant parvient de mieux en mieux à coordonner son attention avec le stimulus (Bobin-Bègue, 2020). Notons que la phase de synchronisation sollicite des habiletés temporelles pour apprécier la durée de l'intervalle inter-stimulus (ISI) des capacités cognitives pour maintenir le rythme dans la mémoire de travail, de l'attention, et des habiletés visuo-motrices pour synchroniser une action manuelle avec un stimulus. Néanmoins ce recrutement cognitif est modéré par rapport à une tâche de continuation qui consiste à poursuivre la tapping digital en l'absence de stimuli sonores, les résultats à cette phase de synchronisation sont en grande partie dépendants des capacités motrices (Lorås et al., 2013; Monier & Droit-Volet, 2019). Cette synchronisation est tout de même également liée à la capacité d'anticiper dans la mesure où on note une anticipation de l'action sur la perception (Gérard & Rosenfeld, 1995).

En somme, les activités rythmiques sont présentes très tôt dans la vie d'un individu, le rythme peut d'abord être conceptualisé comme une compétence globale jusqu'à une spécialisation de ces différentes facettes tout au long de son développement (Bonacina et al., 2019).

Si le développement du rythme chez le sujet tout-venant a fait l'objet de nombreuses études, qu'en est-il chez le jeune présentant une DI ?

1.2.3.2 Le développement du rythme chez les personnes avec déficience intellectuelle

Les études à notre disposition qui s'intéressent au développement des habiletés rythmiques chez la personne présentant une DI sont peu nombreuses et particulièrement datées (Fraisse et al., 1949; Stambak, 1951)

Les résultats de l'étude de Fraisse et ses collaborateurs (1949) révèlent que les jeunes avec DI (QI entre 29 et 48) âgés entre 6 et 17 ans réussissent de façon à peu près similaire la tâche de synchronisation à un stimulus auditif que les enfants du même âge chronologique. En revanche, leur tempo moteur spontané est bien plus rapide que les jeunes de leur âge. Mira Stambak, citée par Fraisse (1974) ajoute que le niveau intellectuel joue un rôle dans la tâche de production de formes rythmiques à partir d'un modèle symbolique (suite de points). Ses résultats montrent qu'à 8 ans, 68 % des enfants comprennent cette tâche contre seulement 23 % d'enfants avec DI ayant un QI entre 60 et 75. Lors de cette tâche, il est demandé au sujet de produire une structure rythmique sur le modèle graphique qui représente une structure spatiale symbolisée par des points. Il convient donc de mettre en regard les résultats de cette étude avec les fonctions cognitives qu'elle sollicite. Effectivement, cette tâche requiert un bon niveau de compréhension et d'abstraction, or nous avons vu précédemment que les jeunes avec DI présentent des difficultés à ces niveaux (Marrus & Hall, 2017).

Bien que les habiletés rythmiques chez l'enfant et l'adolescent porteur de DIL idiopathique soient très peu documentées, celles-ci ont été explorées auprès des pathologies développementales tels que le trouble développemental de la coordination (de Castelnau et al., 2007), le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (Puyjarinet et al., 2017), ou bien encore le trouble du développement du langage (Goswami, 2016). Des études se sont également intéressées au rythme auprès de sujets présentant des pathologies neuro-évolutives comme la maladie d'Alzheimer (Martin et al., 2017) ou auprès de sujets susceptibles de développer la maladie de Parkinson (Cochen et al., 2020). Le trouble de la parole, le bégaiement, a lui aussi fait l'objet d'études de la rythmicité, notamment au niveau de la perception (Plamondon, 2019).

La synthèse des résultats de ces différentes études n'est toutefois pas aisée car nous pouvons noter une grande variabilité à la fois dans les tâches expérimentales proposées et dans les tests visant à évaluer les capacités rythmiques (Dalla Bella et al., 2017). Cette diversité est à mettre en lien avec la complexité du concept du rythme et ses nombreuses définitions, l'accordage entre les différentes disciplines est à peine émergent. Cette diversité des tâches expérimentales s'explique également par la multidimensionnalité des compétences rythmiques (Tierney & Kraus, 2015).

1.2.3.3 Un intérêt croissant pour le rythme

Un des objectifs des études auprès d'individus présentant des pathologies diverses est de mieux connaître leur fonctionnement, leurs besoins pour ensuite faire des propositions thérapeutiques les plus adaptées possibles, voire de mieux les dépister. Or, un constat s'impose : les études s'intéressant au développement des capacités rythmiques des jeunes avec DI sont rares. Pourtant, le rythme joue un rôle clé dans le développement langagier, moteur et social et les clinicien.ne.s qui travaillent auprès de ces jeunes s'appuient déjà sur des techniques basées sur le rythme. En effet, l'utilisation du rythme en thérapie suscite l'intérêt de nombreuses disciplines paramédicales comme la psychomotricité, la kinésithérapie ou l'orthophonie. Par ailleurs, en orthophonie nombreuses sont les techniques de rééducation qui reposent sur le rythme (e.g., Thérapie mélodique et rythmée, Dynamique naturelle de la parole, Méthode Verbo-Tonale,...) (Billières, 2005; Eeckhout, 2010; Fumex & Ferte, 2011). Cependant il existe un manque de standardisation de ces pratiques cliniques basées sur les stimulations rythmiques en raison du manque de niveaux de preuve de ces pratiques et du manque de connaissances scientifiques sur le rythme chez certaines populations, en l'occurrence chez les personnes porteuses de DIL.

2. Méthode

2.1 Contexte de l'étude

Nous avons expliqué précédemment les difficultés rencontrées par les jeunes avec DIL à différents niveaux (i.e., linguistique ; arithmétique ; écriture ; fonctions exécutives ; interactions sociales) et le rôle que tient le rythme dans le développement socio-cognitif et moteur. Or cette population fait rarement l'objet d'études scientifiques. Pour autant, nous avons échangé lors de cette étude avec différents professionnels exerçant auprès de ces jeunes, et le besoin de s'appuyer sur des ressources scientifiques est bien présent pour éclairer leur pratique clinique. De plus cette démarche scientifique est de plus en plus encouragée (cf recommandations INSERM, 2016).

Afin de pallier ce manque de littérature, deux mémoires en orthophonie (Adda Joint, 2019; Lambert, 2018), ayant abouti à la publication d'un article scientifique (Rattat & Collié, 2020), se sont intéressés à l'estimation des durées chez les personnes porteuses de DIL idiopathique. Puis, l'an dernier, toujours dans le cadre d'un mémoire en orthophonie, Laurine Guyot commençait une étude sur le développement des capacités rythmiques, toujours auprès de cette même population. A l'occasion de ce travail, un protocole expérimental avait été développé, que nous allons décrire ci-dessous. Notons également qu'un dossier a été soumis au Comité d'Ethique de la Recherche (CER) de Toulouse pour garantir l'intégrité éthique et scientifique du projet, ce comité ayant émis un avis favorable le jeudi 6 février 2020. En raison de la crise sanitaire qui s'est déclarée en France en mars 2020, le recueil des

données n'avait pas pu être réalisé. Afin de poursuivre cette étude, le recrutement, le recueil des données ainsi que l'analyse des résultats font donc l'objet du présent mémoire.

2.2 Le protocole

Ce programme expérimental s'appuie d'une part sur les tâches classiquement utilisées dans la littérature pour évaluer les compétences rythmiques, et d'autre part sur la méthodologie décrite par Provasi et ses collaborateurs (2014b) auprès des enfants atteints d'un médulloblastome cérébelleux. Comme nous l'avons mentionné précédemment (p.10), le rythme est à la croisée de nombreuses disciplines, c'est pourquoi la mise au point de ce protocole expérimental est la résultante du travail d'orthophonistes, d'enseignants-chercheurs en psychologie dans les domaines du temps, du rythme et de la linguistique. (Guyot, 2020)

2.2.1 Les tâches expérimentales

Le protocole se divise en deux tâches principales : une tâche de discrimination de rythmes et une tâche de synchronisation/continuation de rythmes.

2.2.1.1 Tâche de discrimination de rythmes

Le but de cette tâche est d'évaluer les capacités perceptives du rythme en déterminant le seuil de discrimination des participants. Autrement dit, à partir de quelle variation les tempi auditifs sont perçus comme différents par le participant.

Le participant entend deux séquences de quinze bips isochrones séparées par un court laps de temps (1500ms). La séquence de référence entendue par le participant est avec un ISI (Intervalle Inter-Stimuli) de 400 ou 600 ms. L'ordre d'apparition de la séquence de référence (i.e., 400 ms ou 600 ms) est aléatoire d'un participant à l'autre. La séquence comparative a un ISI identique à la séquence de référence ou bien accéléré (i.e., - 20 % ou -40% de 400 ms ou 600 ms). La présentation interne des essais est elle aussi randomisée. Le participant doit indiquer si les deux séries entendues sont identiques ou non à l'aide d'un clavier (= ou ≠). Cette tâche comporte 12 essais : 6 essais avec l'ISI de référence à 600 ms et 6 essais avec l'essai de référence à 400 ms. Aucun feedback n'est donné (voir Figure 1).

La consigne donnée est la suivante : « Tu vas entendre deux séries de bips : une première qui va faire « bip bip bip » et une deuxième qui va faire soit la même chose « bip bip bip » soit quelque chose de différent « bipbipbip » (plus rapide) et tu dois me dire si c'est pareil ou pas pareil. » La compréhension de la consigne par chaque participant se fait par retour oral. Avant chaque essai, l'expérimentateur s'assure que le participant est prêt et déclenche ensuite l'essai en appuyant sur une touche du clavier.

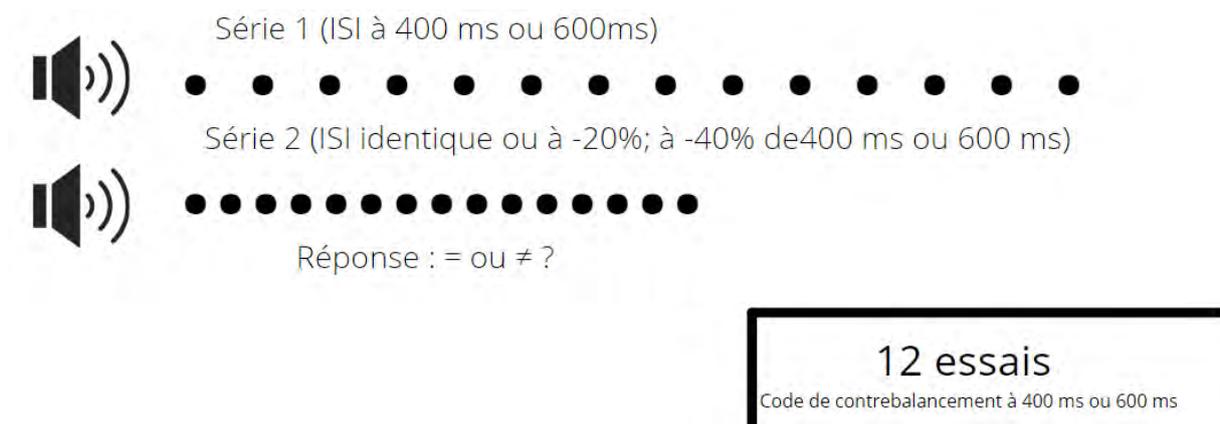


Figure 1: Représentation schématique de la tâche de discrimination, Guyot (2020)

2.2.1.2 Tâche de synchronisation/continuation de rythme

Le participant effectue dans un premier temps la tâche de TMS (Tempo Moteur Spontané). Plus exactement, il réalise cette tâche deux fois : une fois avant (pré-test) et une fois après (post-test) la tâche de synchronisation/continuation. Ici, l'objectif est d'enregistrer le TMS du participant avant la tâche de synchronisation/continuation et de mesurer en post-test la flexibilité dans son contrôle moteur, c'est-à-dire sa capacité à retourner à son TMS initial après la tâche de synchronisation/continuation.

Le participant doit produire trente frappes en tapping digital sur un boîtier à la vitesse qui lui convient le mieux et le plus régulièrement possible avec un doigt de sa main dominante, ceci jusqu'à un signal (i.e., feu rouge) signifiant l'arrêt de l'enregistrement.

La consigne est la suivante : « Il faut que tu tapes sur cette touche du boîtier aussi régulièrement que tu le peux, à la vitesse qui te convient le mieux. Tu pourras t'arrêter lorsqu'un feu rouge apparaîtra à l'écran. ». La compréhension de la consigne par le participant se fait ici aussi par retour oral. Le participant déclenche l'enregistrement de ses frappes digitales dès lors qu'il est prêt.

La tâche de synchronisation/continuation se divise en trois phases successives : 1) tapping digital, 2) vocalisations, et 3) double modalité tapping digital et vocalisations (voir Figure 2). Les modalités sont donc différentes mais la procédure reste identique. Lors de la phase de synchronisation, le participant appuie sur la touche du boîtier en même temps que le bip entendu avec un doigt de sa main dominante, dit /pa/ en même temps que le bip entendu, et enfin fait les deux en même temps que le bip entendu. Lors de cette phase de synchronisation, le participant entend une séquence rythmique de 33 bips.

Lors de la phase de continuation, le son se coupe mais le participant doit poursuivre son tapping digital (première modalité), ou poursuivre la production des vocalisations (deuxième modalité) ou encore

continuer de faire les deux en même temps (troisième modalité) avec le même tempo que celui qu'il avait entendu précédemment. Le signal (i.e., le feu rouge) lui indique à quel moment il peut s'arrêter. Lors de cette phase de continuation, le participant produit 33 tappings (i.e., digital, vocal). Pour chaque phase (i.e., continuation, synchronisation) et chaque modalité (i.e., tapping digital, vocalisations, double tâche), les trois premières frappes et/ou vocalisations ne sont pas incluses dans l'analyse statistique, il en est de même pour le TMS comme effectué dans l'étude de Monier et Droit-Volet (2019).

L'intérêt de cette tâche, classiquement utilisée dans les études portant sur le rythme (Monier & Droit-Volet, 2019; Provasi, 2014b), est d'évaluer les capacités rythmiques en production. La phase de synchronisation évalue la capacité du participant à s'ajuster à un stimulus auditif externe, soit un tempo différent du sien et la phase de continuation évalue la capacité du participant à maintenir ce tempo entendu.

Les consignes pour chaque modalité sont les suivantes

- Tapping digital : « Tu vas entendre un son, tu dois taper en même temps que le son et ensuite tu dois continuer à taper à la même vitesse même si tu n'entends plus le son. Tu pourras t'arrêter lorsqu'un feu rouge apparaîtra à l'écran. »

Si le sujet ne continue pas lors de la phase de continuation, l'expérimentateur peut lui rappeler « tu dois continuer ». Avant chaque essai, nous lui demandons de placer son doigt sur le boîtier, à l'emplacement dédié, et de se tenir prêt. Lorsque le participant est prêt, l'examinateur déclenche l'essai à l'aide d'une touche sur le clavier.

- Tapping vocal : « Tu vas entendre un son et tu dis /pa/ en même temps que le son, et ensuite tu dois continuer à dire /pa/ à la même vitesse, même si tu n'entends plus le son. Tu pourras t'arrêter lorsqu'un feu rouge apparaîtra à l'écran. »
- Double modalité : « Tu vas entendre un son et tu dois taper et dire /pa/ en même temps que ce son et ensuite, quand le son s'arrête, tu dois continuer à taper et dire /pa/ à la même vitesse même si tu n'entends plus le son. Tu pourras t'arrêter lorsqu'un feu rouge apparaîtra à l'écran. »

Le participant effectue sept essais pour chaque modalité. Ces sept essais diffèrent par la durée de l'ISI. L'ISI de référence est déterminé pour chaque participant à partir de la médiane de l'IRI du TMS produit en pré-synchronisation. Les cinq premiers essais ont un ISI soit identique à celui de son TMS (0%), soit plus rapide (-20%, -40%), soit plus lent (+20%, +40%). L'ordre de ces essais est randomisé. Les deux derniers essais, en fin de procédure, ont systématiquement des ISI de 400 ms et 600 ms. Ce

sont les ISI de la séquence de référence dans la tâche de discrimination. Au total, cette tâche comporte 21 essais.

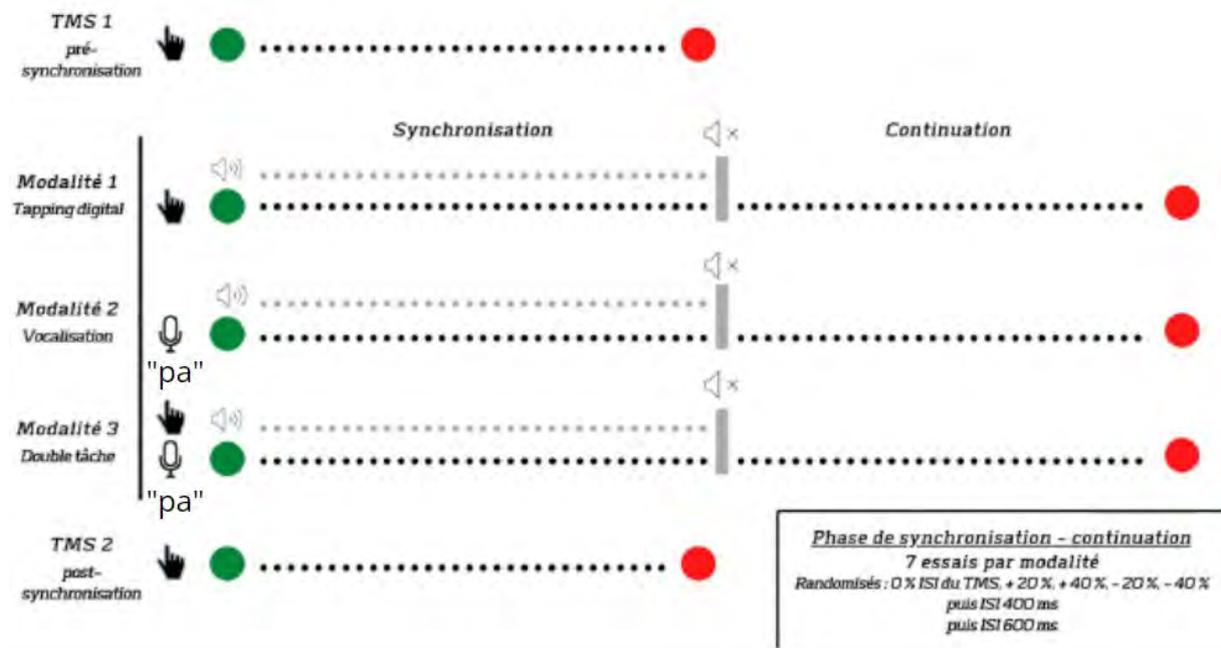


Figure 2: Représentation schématique de la tâche de synchronisation et continuation, issue du mémoire de Guyot (2020)

2.2.2 Déroulement des passations et matériels

2.2.2.1 Les conditions des passations

La durée totale de l'étude est de 30-45 minutes. La passation se déroule dans une pièce calme, isolée. Des pauses sont proposées tout au long de la passation mais dès que le participant sollicite l'expérimentateur, le programme est mis en pause pour répondre à sa demande.

2.2.2.2 Le matériel

Le participant est installé devant un ordinateur portable (HP – 15 pouces) et muni d'un casque audio. L'ordinateur contrôle la présentation des stimuli audio (i.e., bips de 100 ms à 60 dB et 440 Hz) et enregistre directement les réponses des participants via un programme original, écrit en langage de programmation Python (3.7.3), et reposant sur des bibliothèques dédiées, notamment Psychopy (bibliothèque spécialisée dans l'expérimentation en sciences humaines) et PyAudio (bibliothèque spécialisée dans le traitement du son).

Pour la tâche de discrimination, un clavier est à disposition du participant sur lequel il répond sur deux touches (= ou ≠) pour juger si les séries entendues sont identiques ou non.

Pour la tâche de synchronisation/continuation, l'enregistrement des réponses par tapping digital se fait au moyen d'un boîtier sur lequel appuie le participant ; ce boîtier (photo ci-dessous) a spécialement été conçu pour cette manipulation expérimentale et contient un capteur de pression relié à une carte Arduino© qui enregistre les données de la pression digitale et transmet les informations au programme. L'enregistrement des réponses vocales se fait au moyen d'un micro externe couplé au casque audio.

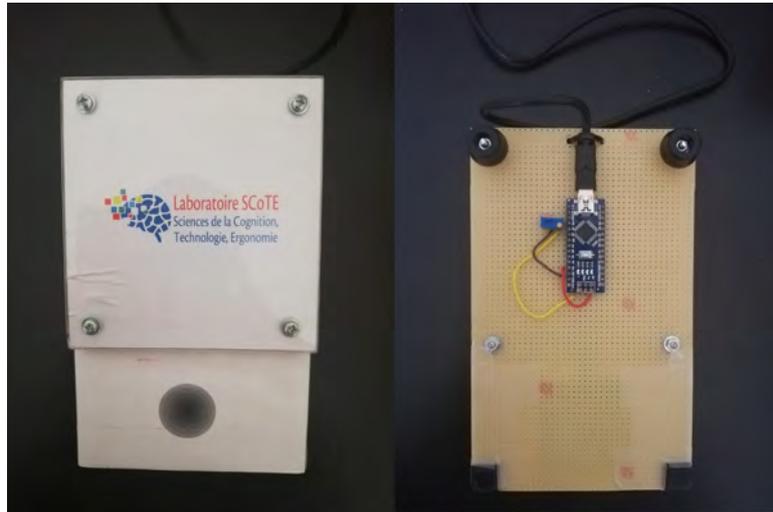


Figure 3: Boîtier qui enregistre les tappings et muni d'un capteur de pression

2.3 Problématique et hypothèses

2.3.1 Problématique

La problématique est la suivante : Quelle est la trajectoire développementale de la compétence rythmique chez les enfants et adolescents présentant une DIL idiopathique âgés de 11 à 21 ans ?

2.3.2 Hypothèses

Hypothèse générale : Quelles que soient la tranche d'âge et la tâche rythmique, les performances seront plus faibles chez les participants DIL que chez les participants TV appariés par âge chronologique (AC).

Hypothèses opérationnelles :

Pour la tâche de discrimination de rythmes

Les performances des participants DIL seront retardées par rapport à celles des TV tout en suivant une courbe développementale typique.

Les participants du groupe DIL discrimineront mieux les rythmes isochrones dont l'ISI de référence est 400ms plutôt que 600ms.

Le taux de bonnes réponses à la tâche sera plus élevé chez les participants TV que celui des participants du groupe chez les participants DIL.

Pour la tâche de synchronisation/continuation :

Les performances des participants DIL suivront une trajectoire développementale différente de celle trouvée chez les TV. Nous supposons une grande hétérogénéité des résultats et une plus grande variabilité inter- et intra-individuelle au sein du groupe DIL.

La production de TMS chez les participants DIL sera possible mais très hétérogène, avec des productions irrégulières et non stables. On peut penser observer entre les deux TMS un phénomène d'accélération du TMS, c'est-à-dire une diminution de l'IRI (intervalle inter réponse) moyen, ainsi qu'une diminution de la variabilité du TMS.

Les participants DIL seront en mesure de modifier leur propre TMS pour s'ajuster à une stimulation rythmique externe.

Tous les participants se synchroniseront plus efficacement au stimulus auditif sur la modalité vocale que sur la modalité tactile, et de manière moins précise en condition de double modalité.

Les performances à la tâche de continuation des participants DIL seront inférieures à celles des participants TV car la charge cognitive est plus importante.

De plus, à titre exploratoire, nous chercherons à vérifier l'existence d'un phénomène d'appropriation de l'intervalle métrique qui se traduirait par une restructuration du tempo lors du tapping digital et serait détectable via les données de pression digitale.

2.4 La population

2.4.1 Démarches de recrutement et consentement éclairé

- Population expérimentale

Les établissements sociaux ou médico-sociaux (ESMS) contactés sont de différents types : IME- secteur enfance (e.g., IMP Institut Médico Pédagogique), IME secteur adolescence (e.g., IMPRO

Institut Médico Professionnel) et SESSAD (service d'éducation spécialisée et soins à domicile) . Nous avons réalisé notre recrutement en plusieurs étapes.

Nous avons choisi dans un premier temps de prendre contact avec les ESMS de Toulouse et ses environs. Les retours des établissements sollicités dans la ville de Toulouse n'étant pas suffisants, nous avons fait le choix d'élargir notre champ de recherche à d'autres départements de la région Occitanie (i.e., Aveyron; Ariège; Tarn; Tarn et Garonne; Hautes-Pyrénées; Aude; Gers).

Le premier contact avec une structure était établi par mail ou téléphone. Nos interlocuteurs principaux étaient la direction et les professionnels de la structure susceptibles d'être impliqués dans le processus de recrutement et de porter le projet au sein de l'établissement (e.g., orthophonistes, psychologue). Suite aux premiers échanges à distance, nous intervenions au sein de la structure qui acceptait de nous recevoir afin de décrire plus longuement le contexte de l'étude, ses objectifs et le déroulement des passations. Ces temps de réunion, en physique ou bien à distance, avaient lieu avec l'équipe de la structure ou du service concerné (e.g., chef de service, direction, paramédicaux, équipe pédagogique, équipe éducative) et permettaient de clarifier notre demande et de répondre à l'intérêt des équipes pour ce type de projet. Ces acteurs de terrain étaient majoritairement favorables à cette démarche d'enrichissement des données scientifiques pour orienter et soutenir leurs pratiques cliniques.

Notons que dans les établissements contactés, certains avaient participé deux ans auparavant à l'étude menée par Adda Joint (2019) ou bien avaient été sollicités l'an dernier et étaient donc familiers à ce type de démarche.

Une fois le projet accepté par la direction et les équipes, vient le temps du recrutement des jeunes qui correspondent aux critères de l'étude. Ce recrutement a soulevé chez les équipes, mais également pour nous, de véritables questionnements. En effet, les équipes se heurtaient souvent aux difficultés d'accès aux dossiers médicaux de ces jeunes dans lesquels figurent les poses de diagnostics ou bien à des évaluations psychométriques et des capacités adaptatives datées.

En dépit des résultats aux tests standardisés (e.g., WISC, Vineland) de fonctionnement intellectuel et adaptatif parfois absents ou bien datés, nous avons longuement échangé en interdisciplinarité pour décider des jeunes à inclure ou non à l'étude. Ces discussions se faisaient au cas par cas en prenant compte de l'avis de tous les professionnels qui gravitent autour du jeune et en croisant les regards sur ses différentes facettes développementales. Rappelons que le diagnostic de déficience intellectuelle ne doit pas uniquement être basé sur les résultats à ces tests, il se fonde plutôt sur l'évaluation et le jugement clinique (Patel et al., 2020). Grâce à ces dialogues, ces temps de réflexion collective avec les

équipes pluridisciplinaires qui travaillent auprès de ces jeunes, nous avons pu recruter ceux qui correspondaient aux critères de l'étude (voir point 2.4.2 ci-dessous).

Par la suite, afin d'expliquer aux jeunes concernés les objectifs et le déroulement de l'étude, nous transmettions aux professionnels de la structure une vidéo explicative de moins de deux minutes. A défaut de pouvoir intervenir sur place, cette vidéo permettait de nous (Julie Garcès, étudiante en 4ème année et moi-même, en charge des passations) présenter aux jeunes et d'expliquer brièvement le projet.

Une fois l'accord des participants obtenu, les équipes de la structure contactaient les familles afin de leur expliquer à leur tour l'étude. Quand les familles exprimaient leur accord, le formulaire de consentement leur était présenté pour ensuite être signé. Les jeunes majeurs signaient eux-mêmes le formulaire de consentement.

Enfin, nous organisions notre venue avec les équipes en réservant une salle pour les passations, en veillant à la disponibilité des jeunes sur site, ainsi qu'à la disponibilité des professionnels pour les accompagner.

Au total, nous avons sollicité 39 ESMS en Occitanie et sommes intervenus dans sept d'entre elles (voir Tableau 1). Nous n'avons pas pu intervenir dans les six autres établissements qui figurent dans ce tableau la plupart du temps pour des raisons logistiques mais les échanges avec ces structures ont été riches pour faire avancer notre réflexion. Les raisons des refus des autres établissements sont liées soit aux restrictions sanitaires, certains établissements avaient pour directives de ne pas accueillir d'intervenants extérieurs, ou bien les structures déclinaient car leur population ne correspondaient pas aux critères de l'étude (e.g., population accueillie avec majoritairement des troubles associés) ou bien pour des difficultés logistiques pour participer à ce type de projet (e.g., évaluations internes en cours, nouvelles recrues dans les équipes).

Tableau 1: Les établissements sociaux médico-sociaux qui ont participé à l'étude

<i>Établissements Sociaux et Médico-Sociaux, ville et département</i>	<i>Ont participé à l'étude en proposant participants</i>	<i>Ont participé à la des discussion</i>
Pierre Fourquet, Labruguière, Tarn (81)	x	x
Château de la Vergnière, L'herm, Ariège (09)	x	x
Jean-Marie Larrieu, Campan, Hautes-Pyrénées (65)	x	x
André Mathis, Saint Gaudens, Haute-Garonne (31)	x	x
Centre Guilhem, Vénéry, Haute-Garonne (31)	x	x
Joseph Forgues, Tarbes, Hautes Pyrénées (65)	x	x
Sessad Ime de L'ouest, Cransac, Aveyron (12)	x	x
Ime de Cappendu, Cappendu, Aude (11)		x
Le Pech Blanc, Lamothe Capdeville, Tarn et Garonne (82)		x
L'orangerie, Valence d'Agen, Tarn et Garonne (82)		x
Terre d'Envol, Condom, Gers (32)		x
Saint Jacques, Leran, Ariège (09)		x
Roland Chavance, Lascazères, Hautes Pyrénées (65)		x

- Population contrôle

Pour constituer notre panel de participants TV, nous sommes intervenus dans les établissements scolaires suivants : école primaire Saint Gabriel à Cahors, Lot (46), collège Marguerite Filhol à Fumel, Lot et Garonne (47), lycée Saint-Étienne à Cahors, Lot (46). Nous avons également recruté des participants par connaissances interposées.

La démarche est à peu près similaire au groupe DIL, une fois les établissements contactés et l'accord de la direction obtenu, nous informions les équipes et les jeunes qui correspondent aux critères de l'étude de la raison de notre présence, des objectifs de l'étude et du déroulement des passations. Les formulaires de consentement étaient ensuite diffusés aux familles. Les participants majeurs signaient eux-mêmes le formulaire.

2.4.2 Critères de recrutement des participants (DIL et TV)

Critère d'inclusion

➤ Âge

Notre panel de participants est constitué de jeunes âgés entre 11 et 21 ans pour le groupe expérimental et de 7 à 21 ans pour le groupe contrôle. Nous faisons le choix d'étudier les capacités rythmiques des jeunes avec DIL à partir de 11 ans car c'est à partir de 10 ans que les capacités temporelles semblent relativement stables et proches du niveau de l'adulte chez le sujet typique (Provasi & Bobin-Bègue, 2008; Tartas, 2010). Notre tranche d'âge s'étend jusqu'à 21 ans pour deux raisons. D'une part, c'est à partir de cet âge que l'ensemble du système cérébral atteint sa maturité (Holzer, 2011), d'autre part c'est également l'âge maximal d'accueil des jeunes dans les ESMS contactés. Par ailleurs, dans l'étude de Adda Joint (2019) portant sur l'estimation des durées auprès de cette même population, la tranche d'âge étudiée allait jusqu'à 19 ans :or les résultats avaient montré que les capacités de perception des durées continuaient à se développer au-delà de cet âge-là. En élargissant la tranche d'âge, nous cherchons à savoir si le seuil typique d'acquisition des capacités peut être atteint, même plus tardivement, chez les jeunes avec DI, ou s'il existe chez eux un éventuel seuil plafond inférieur au niveau attendu chez les TV.

➤ Quotient intellectuel

Pour les participants du groupe expérimental, seuls les sujets étant diagnostiqués DIL sont inclus ayant un QI compris entre 52 et 75 (sur la base d'une moyenne de population de 100, d'un écart-type de 15 et d'une marge d'erreur de mesure de ± 5) conformément aux classifications publiées par l'INSERM (2016), CIM 11, DSM 5, AAIDD.

Critères de non inclusion

➤ Étiologie et troubles associés

Pour les participants du groupe expérimental, ne sont pas inclus les personnes porteuses d'une DIL dont l'étiologie est connue (e.g., syndrome génétique comme la trisomie 21) ou qui présenteraient par ailleurs des troubles associés majeurs ayant fait l'objet d'un diagnostic spécifique (e.g., TSA, TDA-H, troubles psychiatriques, surdité...). Nous faisons le choix de ces critères car l'objet de cette étude est

d'investiguer le développement des capacités rythmiques dans la DIL idiopathique isolément. Il s'agit d'éviter de biaiser l'étude en justifiant un déficit des capacités rythmiques par la DI alors que ce pourrait être en lien avec l'étiologie ou les troubles associés.

Concernant les participants du groupe contrôle, ne sont pas inclus les sujets TV ayant redoublé une ou plusieurs classes ou présentant un trouble développemental ayant fait l'objet d'un diagnostic et d'un suivi (e.g., dyslexie, dysorthographe, dyspraxie, bégaiement, surdité). Le but étant également d'éviter de biaiser l'étude avec des troubles qui pourraient là encore interférer avec les capacités rythmiques.

2.4.3 Caractéristiques participants DIL et TV

Un total de 133 jeunes a participé à notre étude, mais 4 participants ont été exclus de nos analyses car n'ont pas réalisé les épreuves de synchronisation / continuation en modalité vocale et en double modalité (tapping et vocal), et le TMS post test n'a pas été enregistré. Aussi, les données vocales de 3 participants n'ont pas pu être analysées. Afin que nos effectifs soient égaux dans chaque tâche nous avons fait le choix d'écarter ces participants (voir Tableau 2) : 49 jeunes porteurs de DIL idiopathique, répartis entre les tranches de 11-13 ans, 14-17 ans et 18-21 ans et 77 TV, répartis entre les tranches 7-10 ans et les trois tranches d'âges similaires au groupe DIL.

Tableau 2: Caractéristiques des participants

Condition	Groupes d'âges	Écart	Moyenne (ET)	Nombre	% filles
TV	7-10 ans	7.58 – 10.91	9.33 (1,14)	20	55 %
	11 – 13 ans	11.3 – 13.58	12.33 (0,75)	19	57,9 %
	14 – 17 ans	14.08 – 17.92	16.08 (1.13)	20	50%
	18 – 21 ans	18.33 – 21.83	20 (1.2)	18	72,2 %
DIL	11 – 13 ans	10.25 – 13.9	12.58 (1.28)	15	40 %
	14 – 17 ans	14 – 17.83	15.75 (1.05)	26	38,5 %
	18 – 21 ans	17.92- 20.08	18.5 (0.69)	8	37,5 %

2.5 Analyses statistique des données

Le tableau 3 présente les différentes variables dépendantes et indépendantes de notre étude pour les 2 tâches rythmiques.

Tableau 3: Les variables dépendantes et indépendantes pour chaque tâche, i.e., discrimination et synchronisation-continuation

	Tâche discrimination	Tâche synchronisation – continuation
Variables indépendantes	Condition (DIL et TV) Âge Contrebalancement séquençage (400 ms, 600 ms et 600 ms, 400 ms) ISI séquence de référence (400 et 600 ms) ISI séquence comparative (0%, -20% et -40%)	Condition (DIL et TV) Âge TMS (pré- et post-synchronisation) Phase (synchronisation et continuation) Modalité (tapping digital, vocalisation et double modalité) Pourcentage de variation par rapport à l'ISI du TMS pré-synchronisation (0% ; +/-20% ; +/- 40%) ISI séquences fin (400 ms et 600 ms)
Variables dépendantes	Pourcentage de séquences jugées comme étant différentes	Valeur IRI

Par ailleurs, pour le TMS en pré et post synchronisation les variables dépendantes suivantes sont calculées : la médiane de l'IRI, l'indice de variabilité de la médiane : $((Q3 - Q1) / médiane) \times 100$, et le R de Rayleigh ajusté : $\Delta \sqrt{1 - R}$, où Δ est la médiane des IRI (intervalle inter réponses) du TMS.

Les 21 essais de la phase de synchronisation/continuation se basent sur la médiane des IRI du TMS du participant. Afin de normaliser les données, la médiane de l'IRI est divisée par la médiane de l'IRI obtenue lors du TMS en pré-synchronisation. Ainsi, les médianes peuvent être comparées entre les sujets même si les TMS initiaux des participants sont différents. En revanche pour les essais en 400 et 600 ms placés en fin de procédure, la médiane seule est calculée puisque les ISI sont identiques pour tous les participants.

Afin d'analyser si la frappe ou la vocalisation des participants sont bien ajustés par rapport au son est réalisé un traitement circulaire statistique avec le calcul du R de Rayleigh ajusté conformément aux travaux de Provasi (2014b). Le calcul standard du R de Rayleigh sert à calculer l'écart entre la frappe et le son en figurant le son arrivant toujours au même ISI, au degré 360° ou 0° d'un cercle représentant cet ISI. Chaque frappe est placée sur le cercle avant ou après 0° ou 360° si elle est en avance ou en retard. Plus le sujet est régulier et synchronisé avec l'ISI, plus ses frappes seront proches de 0° ou 360°, plus la projection du vecteur va être grande et donc la valeur sera grande par conséquent, soit égale à 1 indiquant ainsi une régularité. Dans cette étude, le calcul standard du R de Rayleigh n'est pas

applicable en raison de la grande variabilité interindividuelle. En effet, plus le sujet va avoir un TMS lent et meilleurs seront ses scores comparativement à un sujet avec un TMS rapide, puisque l'on calcule le R de Rayleigh sur 360° . Pour exemple, un participant avec un TMS à 800 ms, aura une frappe mieux ajustée qu'un participant avec un TMS à 200 ms. Le risque avec ce calcul standard est d'avoir des valeurs trop importantes, et ainsi non révélatrices de la régularité du tapping digital et vocal du participant en phase de TMS et en phase de synchronisation/continuation. D'où l'intérêt du calcul du R de Rayleigh ajusté. En résumé, ce score doit être interprété de la façon suivante : plus le sujet sera synchronisé avec l'ISI, c'est-à-dire plus sa frappe est ajustée au son, plus la valeur du R de Rayleigh ajusté sera faible, donc proche de 0.

Pour explorer la consistance métrique, à savoir observer si le participant s'approprie le rythme via un phénomène de structuration ou de réorganisation du tempo produit, sont enregistrées via un capteur de pression situé dans le boîtier les données relatives à la pression. Ces données apparaissent dans un graphique représentant en abscisse l'axe d'impulsion des frappes et en ordonnée la pression (Cf Annexe.8). Pour chaque essai lors de chaque phase, les courbes se superposent afin de visualiser ce phénomène de restructuration.

3. Résultats

Les analyses statistiques ont été menées à l'aide du logiciel JASP (Version 0.12; JASP Team, 2020). Le seuil de significativité a été fixé à $p < .05$. Compte tenu du nombre de variables incluses dans nos analyses, et afin de centrer la discussion uniquement sur des effets robustes, nous avons décidé de fixer un seuil de significativité à $p < .001$ pour les effets d'interaction. De plus, toujours dans cette même optique, nous avons également fait le choix de ne retenir que les effets principaux et d'interaction qui expliquent au moins 1 % de la variance. Pour chaque tâche une analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées a été réalisée, avec la correction de Greenhouse-Geisser lorsque les conditions d'application de l'ANOVA (normalité, d'homoscédasticité et de sphéricité) n'étaient pas respectées. Enfin, lorsque plusieurs comparaisons post-hoc étaient réalisées, nous avons ajusté la valeur du seuil de significativité statistique avec la procédure de Holm.

Afin de faciliter la lecture des résultats, le Tableau 1 ci-dessous synthétise les facteurs intra- et inter-sujets fixés et les variables étudiées pour chacune des tâches.

Tableau 1: Variables étudiées et facteurs intra- et inter-sujets fixés selon les tâches

Tâches	Variabiles étudiées	Facteurs inter-sujets	Facteurs intra-sujets
Discrimination de rythmes	Taux de bonnes réponses	Groupe (DIL TV) Age	ISI séquence comparative (-40 %, -20 %, 0%) ISI séquence de référence (400 ms vs 600 ms)
TMS	Médiane IRI Variabilité de la médiane		Session (TMS pré-test vs TMS post-test)
Synchronisation / continuation avec 5 modulations du TMS (-40 %,-20 %, 0 %, +20 %, +40%)	Médiane IRI/TMS Variabilité de la médiane Score au Rayleigh ajusté		Condition (tapping, voix, double) Modulation (-40 %, -20 %, 0 %, +20 %, +40%) Phase (synchronisation vs continuation)
Synchronisation / continuation 2 ISI (400 ms et 600 ms)			Condition (tapping, voix, double) Modulation (400 vs 600 ms) Phase (synchronisation vs continuation)

3.1 Tâche de discrimination de rythmes

La Figure 5 montre le taux de bonnes réponses pour les participants DIL et TV lorsqu'ils doivent comparer une séquence à 400 ms ou 600 ms avec une séquence accélérée de 40 à 20 % de 400 ms ou 600 ms ou bien identique.

Une ANOVA a été réalisée sur le pourcentage de bonnes réponses avec le groupe (DIL – TV) et l'âge (11-13 ans, 14-17 ans, 18-21 ans) comme facteurs inter-sujets et l'ISI de référence (400 ms, 600 ms), et la modulation de l'ISI de la séquence comparative (0 %, -20 %, -40%) comme facteurs intra-sujets.

Cette ANOVA a révélé un effet principal significatif de la modulation, $F(1.955, 195.495) = 10.62, p < .001, \eta^2G = .03$, indiquant que le taux de bonnes réponses diffère selon la modulation de l'ISI. Le pourcentage de bonnes réponses est significativement plus élevé pour la modulation -40% que pour la

modulation -20% ($p < .001$) ; toutes les autres comparaisons 2 à 2 sont non significatives ($p > .001$). Ces résultats suggèrent que les participants TV et DIL discriminent mieux les ISI à -40 % que -20 %.

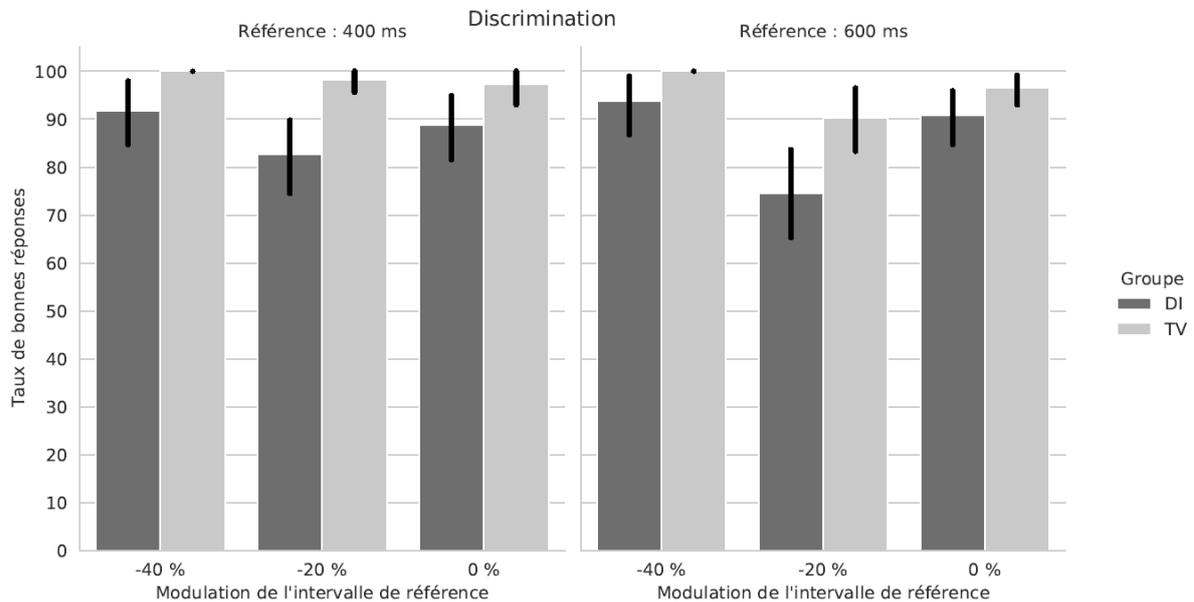


Figure 4: Discrimination de rythmes. Taux de bonnes réponses dans la tâche de discrimination du groupe TV et DIL sur un intervalle inter stimulus (ISI) de 400 et 600 ms

L'ANOVA a également mis en avant un effet principal significatif du groupe $F(1, 100) = 18.3, p < .001, \eta^2G = .06$. Les participants DIL discriminent moins bien les différents tempi que les participants TV. En revanche l'ANOVA n'a pas révélé d'effet significatif de l'âge sur le taux de bonnes réponses, $F < 1$, ni de la séquence de référence $F(1, 100) = 2.71, p > .05$. De plus, les interactions impliquant ces facteurs n'atteignent pas non plus notre seuil de significativité (tous les $p > .001$).

En résumé, les participants du groupe DIL ont des performances en discrimination inférieures à celles des TV quels que soient l'ISI de référence et la modulation de l'ISI.

3.2 Tâche de synchronisation / continuation

3.2.1 Tempo moteur spontané (TMS)

La Figure 6 montre la médiane de l'intervalle-inter-réponse (IRI) du TMS mesuré en pré-test et en post-test chez les participants DIL et TV.

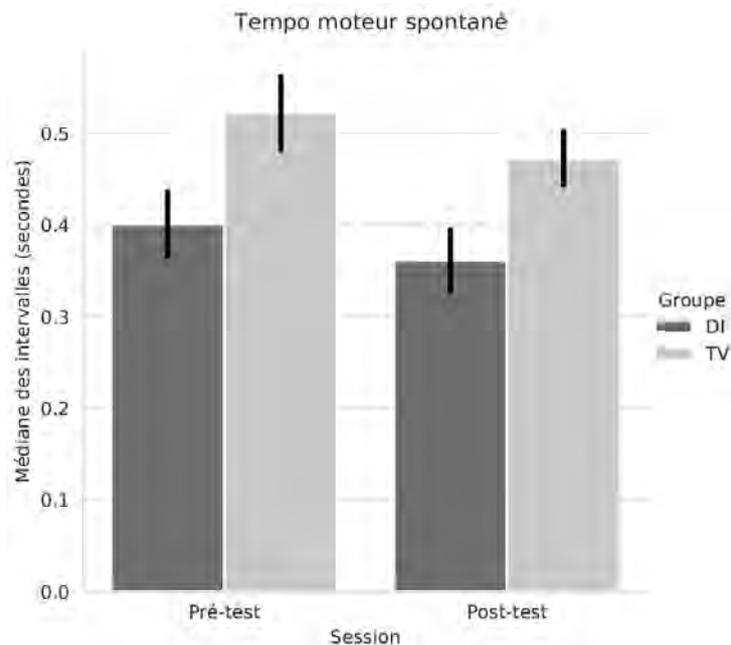


Figure 5: Tempo moteur spontané (TMS). Médiane de l'intervalle inter réponse (IRI) en secondes du TMS pré phase de synchronisation/continuation et post phase de synchronisation/continuation des groupes DIL et TV

Nous avons tout d'abord noté que les participants DIL ont eu besoin de plus de tentatives pour réaliser le TMS que les participants TV. En effet, la moyenne du nombre d'essais des DIL ($M = 1.33$, $SD = .56$) est significativement plus élevée que celle des TV ($M = 1.10$, $SD = .31$) (t -test pour échantillons indépendants, $p < .05$).

L'ANOVA réalisée sur la médiane de l'IRI (Intervalle Inter Réponse) du TMS en pré-test avec l'âge et le groupe comme facteurs inter-sujets a révélé seulement un effet principal du groupe, $F(1, 100) = 18.54$, $p < .001$, $\eta^2G = .15$. Celui-ci indique que les participants DIL produisent des IRI significativement plus rapides ($M = 399$, $SE = 22$) que les participants TV ($M = 486$, $SE = 18$). L'effet principal de l'âge n'est quant à lui pas significatif, $F(2, 100) = 1.42$, $p > .05$, de même que l'interaction entre les 2 facteurs, $F < 1$.

L'ANOVA réalisée sur la variabilité de la médiane du TMS pré-test ne révèle aucun effet significatif (Age : $F < 1$; Groupe : $F(1, 100) = 2.49$, $p > .05$; Age x Groupe : $F < 1$).

Nous avons ensuite comparé les TMS pré-test et post-test via une ANOVA conduite sur la médiane des IRI avec l'âge et le groupe comme facteur inter-sujets et la session comme facteur intra-sujets. On retrouve un effet significatif de groupe, $F(1, 100) = 24, p < .001, \eta^2G = .16$, indiquant que les participants DIL ont une médiane significativement plus faible que celle des TV. Effectivement, les participants DIL ont un TMS toujours plus rapide que celui des TV, que ce soit en pré-test ou en post-test. De plus, un effet principal significatif de la session est révélé, $F(1, 100) = 10.53, p < .05, \eta^2G = .02$, indiquant que quel que soit le groupe, le TMS post-test est plus rapide que le TMS pré-test. Quant à l'effet principal de l'âge, il n'est pas significatif, $F < 1$, de même que l'ensemble des effets d'interaction (tous les $F < 1$).

L'ANOVA réalisée sur la variabilité de la médiane ne révèle, elle non plus, aucun effet significatif (tous les $p > .05$).

En résumé, les analyses statistiques n'indiquent pas que les participants DIL ont des TMS plus variables que les participants TV en pré ou post synchronisation. En revanche, les participants DIL ont des TMS plus rapides que les TV que ce soit en pré-test et en post-test. De plus, indépendamment du groupe, les participants ont des TMS plus rapides en post-test qu'en pré-test.

3.2.2 Tâche de synchronisation /continuation basée sur le TMS avec 5 modulations (-40 %, -20 %, 0 %, +20 %, -40%)

Médiane de l'IRI/TMS

La Figure 6 montre la médiane de l'intervalle inter réponse (IRI) rapportée sur le TMS individuel du groupe contrôle et du groupe DIL (11 - 21 ans) quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions (tapping, voix, double).

L'ANOVA conduite sur la médiane de l'IRI rapportée sur le TMS a révélé trois effets principaux significatifs dont celui de la condition, $F(1.299, 124.707) = 25.09, p < .001, \eta^2G = .01$, celui du groupe, $F(1, 96) = 16,67 p < .001, \eta^2G = .11$, et celui de la modulation, $F(1.332, 127.859) = 400.36, p < .001, \eta^2G = .39$.

Concernant l'effet de la modulation, toutes les comparaisons post-hoc 2 à 2 sont significatives (tous les $p < .001$), ce qui suggère que tous les participants ont réussi en synchronisation et en continuation à modifier leur rythme en l'accélérant ou en le ralentissant. Néanmoins, cette observation est à nuancer avec l'effet d'interaction significatif entre le groupe et la modulation, $F(1.332, 127.859) = 26.32, p$

< .001, $\eta^2G = .04$. Les DIL parviennent moins à adapter leur tempo à l'ISI que les TV. Plus précisément, on note des différences significatives entre les ISI lents et rapides. En effet, les médianes des DIL et des TV ne diffèrent pas sur les ISI rapides (-40 %, -20%) ($p > .001$), ce qui suggère que les DIL se synchronisent de la même façon que les TV sur les tempi rapides ; mais ce n'est pas le cas pour les tempi lents (+20%, +40%). En effet, on observe des différences significatives ($p < .001$) entre les médianes des deux groupes, ce qui indique que les participants DIL ont plus de difficulté que les TV à modifier leur tempo sur des ISI lents

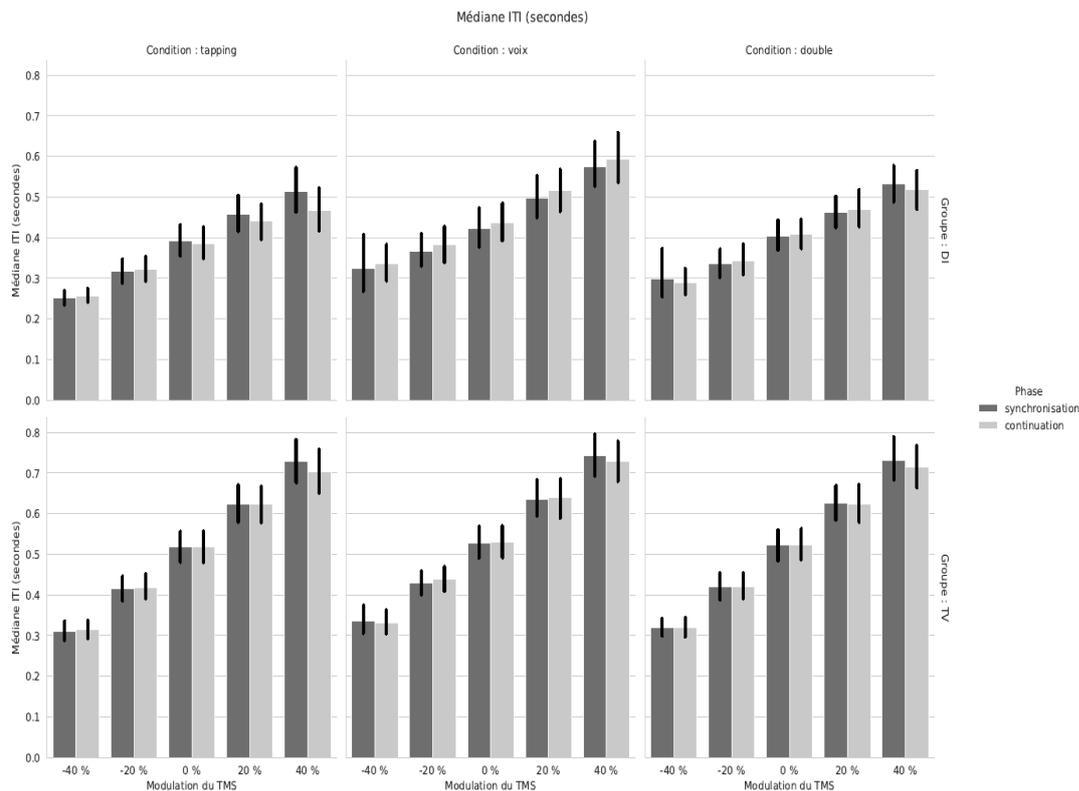


Figure 6: Tâche de synchronisation/continuation basée sur le TMS. Médiane de l'intervalle inter réponse (IRI) divisée par le TMS individuel du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (-20 %, -40%) ou ralentir (+20%, +40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions

L'effet principal du groupe indique quant à lui que la médiane des IRI des DIL ($M = 308$ ms, $SE = .01$) est toujours plus rapide que celle des TV ($M = 526$ ms, $SE = .01$).

Pour l'effet de la condition, on note une différence significative de la médiane en tapping et en voix ($p < .001$), mais aussi entre les médianes des conditions double et condition voix ($p < .001$). En effet, la médiane est plus élevée (i.e., les IRI sont plus lents) en voix ($M = 498$ ms, $SE = .01$) qu'en double ($M = 471$ ms, $SE = .01$) et qu'en tapping ($M = 455$ ms, $SE = .01$). De plus, l'effet d'interaction significatif

entre la condition et le groupe, $F(1.299, 124.707) = 10.37, p < .001, \eta^2G = .01$, révèle que les participants TV et DIL ne diffèrent pas en condition voix contrairement aux 2 autres conditions pour lesquelles on retrouve des différences significatives. Ceci indique que la médiane des IRI des participants DIL est significativement plus faible (i.e., IRI rapides) en condition double et tapping que celle des TV.

En résumé, les analyses statistiques ont révélé que les participants parvenaient à modifier leur rythme pour s'ajuster à la modulation de l'ISI bien que les participants DIL, conformément à ce qui a été observé pour le TMS, soient plus rapides que les TV. De plus, cet ajustement au rythme externe est plus difficile sur les ISI lents que sur les ISI rapides pour tous les participants. Enfin, la médiane de l'IRI en condition voix s'est distinguée des autres conditions. On remarque qu'en condition voix, les IRI sont plus longs, et ce quels que soient la phase, la modulation ou le groupe.

Variabilité de la médiane

La Figure 7 montre la variabilité de la médiane de l'intervalle inter réponse (IRI) du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions.

L'ANOVA réalisée sur la variabilité de la médiane a révélé un effet de la condition, $F(1.552, 149) = 9.31, p < .001, \eta^2G = .02$, mais aucun effet d'interaction significatif impliquant ce facteur ($p > .001$). Les comparaisons post-hoc ont mis en évidence une plus grande variabilité de la médiane dans la condition voix que dans la condition tapping ($p < .001$). Quant aux autres comparaisons : double vs tapping et double vs voix, elles ne sont pas significatives (tous les $p > .001$).

L'effet principal de la phase (synchronisation / continuation) est lui aussi significatif, $F(1, 96) = 34.94, p < .001, \eta^2G = .01$, mais aucun effet d'interaction impliquant ce facteur n'a atteint le seuil de significativité. Les tests post-hoc ont mis en évidence que la variabilité de la médiane est significativement plus élevée (i.e., plus de variabilité dans les IRI) en phase de continuation que de synchronisation pour tous les participants.

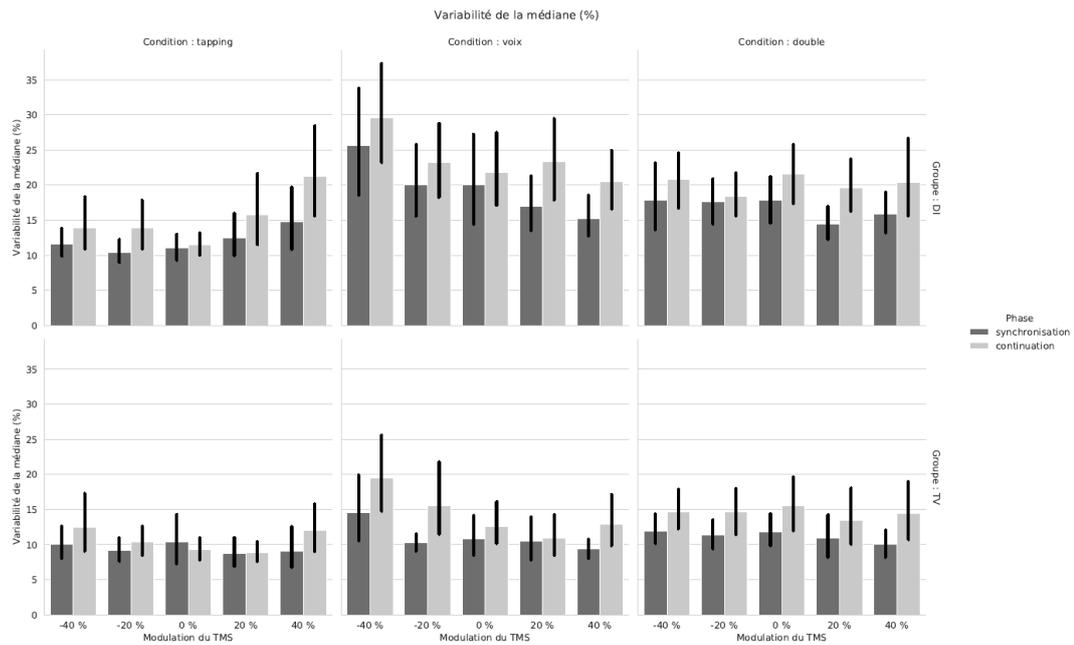


Figure 7: Tâche de synchronisation/continuation basée sur le TMS. Variabilité de la médiane du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions

Contrairement à la médiane précédemment étudiée, ici un effet principal significatif de l'âge est apparu, $F(2, 96) = 9.65, p < .001, \eta^2G = .04$, sur la variabilité de la médiane. Les comparaisons post-hoc ont montré que les 11-13 ans sont plus variables dans leur tempo que les 14-17 ans et les 18-21 ans. L'effet d'interaction entre l'âge et le groupe n'atteint pas notre seuil de significativité ($p > .001$). Enfin, l'effet principal du groupe, $F(1, 96) = 20.44, p < .001, \eta^2G = .04$, s'est révélé significatif, indiquant que la variabilité de la médiane des DIL est significativement plus élevée que celle des TV.

En résumé, on note une variabilité plus élevée dans la condition voix que dans les autres conditions, mais aussi en phase de continuation, lorsque les participants n'entendent plus le son. Il est apparu que les participants TV et DIL âgés de 11 à 13 ans étaient plus variables que les 14 – 21 ans. Enfin, les participants DIL présentent des IRI plus variables que les TV.

Scores au R de Rayleigh ajusté

La Figure 8 représente dans les 3 modalités (tapping, voix, double) les scores au Rayleigh ajusté obtenus par les groupes DIL et TV lorsqu'ils devaient se synchroniser sur une séquence rythmique isochrone et poursuivre le rythme même en l'absence de son.

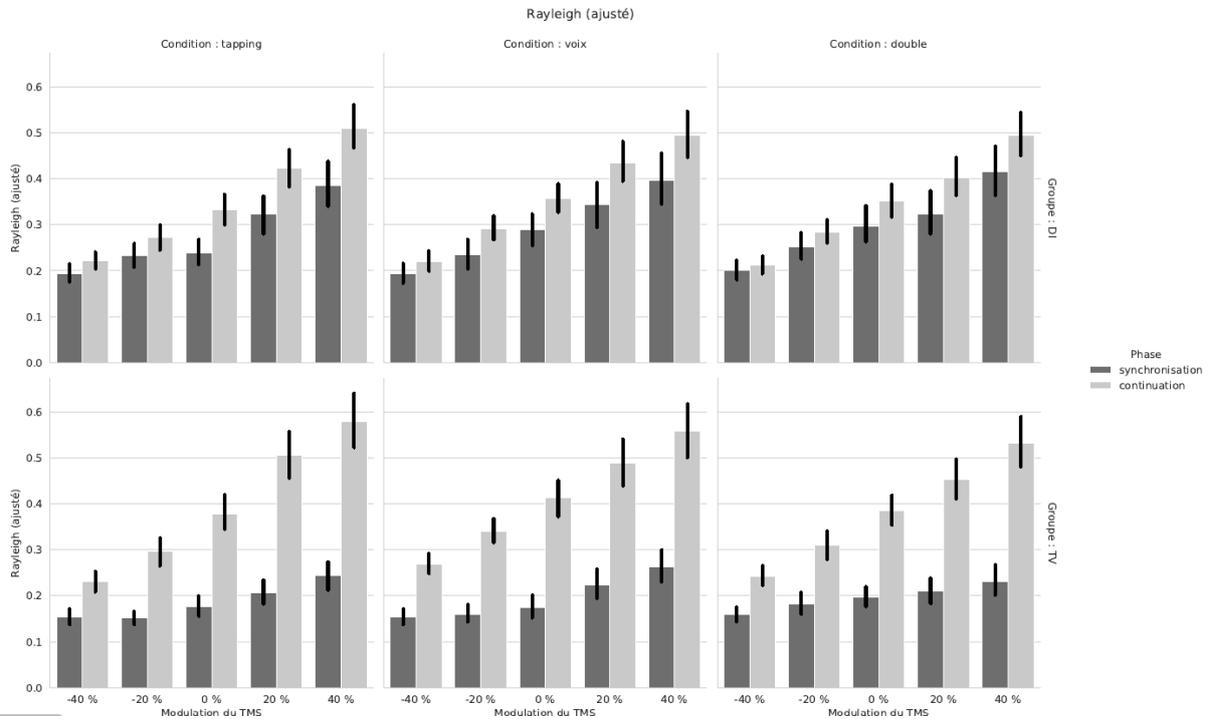


Figure 8: Tâche de synchronisation/continuation basée sur le TMS. Scores au Rayleigh ajusté du groupe contrôle et du groupe DIL quand ils doivent accélérer (- 20 %, - 40%) ou ralentir (+ 20%, + 40%) ou ne pas changer leur tempo dans les 3 conditions

Le score au R de Rayleigh ajusté renseigne sur l'ajustement de la frappe au son et la régularité des frappes : plus le score est élevé, moins les frappes sont ajustées à l'ISI de la séquence entendue.

L'ANOVA conduite sur ce score a relevé un effet principal significatif de la phase, $F(1, 97) = 291.97$, $p < .001$, $\eta^2G = .23$. Les tests post-hoc ont montré que les scores au Rayleigh sont plus élevés en phase de continuation qu'en phase de synchronisation (cf Figure 2) ce qui suggère que les frappes sont plus irrégulières en phase de continuation qu'en phase de synchronisation.

Un effet principal du groupe a également été révélé, $F(1, 97) = 4.13$, $p < .05$, $\eta^2G = .02$, montrant que les participants DIL sont plus irréguliers dans leurs frappes et moins bien ajustés au son que les participants TV. De plus, on note un effet d'interaction significatif entre la phase et le groupe, $F(1, 97) = 78.55$, $p < .001$, $\eta^2G = .07$. Les comparaisons post-hoc ont montré que les scores des DIL diffèrent significativement de ceux des TV en synchronisation ($p < .001$) mais pas dans la phase de continuation

($p > .001$). Les frappes des DIL sont donc moins ajustées que celles des TV en synchronisation. Néanmoins en phase de continuation les DIL sont tout autant irréguliers que les TV.

L'effet principal de la modulation est lui aussi significatif, $F(1,669, 161,924) = 241.32, p < .001, \eta^2G = .27$. Les scores au Rayleigh ajusté diffèrent significativement pour toutes les comparaisons 2 à 2 des modulations (tous les $p < .001$). L'irrégularité est également plus grande, les scores au Rayleigh indiquent que les frappes sont moins bien ajustées à l'ISI, sur les ISI lents (+20 %, +40%) que sur les ISI rapides (-20 %, -40%). Sur l'ISI à 0% les scores au Rayleigh suggèrent une plus grande irrégularité que sur les ISI rapides.

Par ailleurs, l'effet d'interaction significatif entre la phase et la modulation, $F(2,708, 388) = 83.55, p < .001, \eta^2G = .04$, renforce ce constat. On observe en post-hoc des différences significatives en continuation et en synchronisation sur les ISI lents et rapides. En effet, les frappes sont plus imprécises sur les ISI lents et sur les ISI à 0% (i.e., égal au TMS du participant) en continuation qu'en synchronisation.

On observe également un effet d'interaction triple entre le groupe, la phase et la modulation, $F(2,708, 262.658) = 22.43, p < .001, \eta^2G = .01$, ce qui va dans le même sens des précédentes observations : plus les ISI sont lents (+20 %, +40%) moins les productions sont régulières. Notons aussi que l'irrégularité est plus grande pour les jeunes DIL que pour les TV en synchronisation. En continuation les TV et les DIL ne diffèrent pas significativement ce qui suggère que les deux groupes sont irréguliers dans cette phase.

On ne considère pas l'effet principal de la condition, $F(1,863, 194) = 4,27, p < .05, \eta^2G < .01$, car il n'atteint pas notre seuil fixé pour l'êta carré (i.e., il explique moins de 1% de la variance).

En résumé, les participants DIL sont globalement plus irréguliers et moins bien ajustés au son que les TV dans cette tâche. Néanmoins, ils sont tout autant irréguliers que les TV en phase de continuation sur des ISI lents ou bien sur un tempo similaire à leur TMS.

3.2.3 Tâche de synchronisation /continuation basée sur le TMS avec 400 et 600 ms

Médiane de l'IRI/TMS

L'ANOVA a révélé un effet principal significatif de l'ISI de référence (400, 600 ms), $F(1, 98) = 1826.21, p < .001, \eta^2G = .62$, un effet principal significatif du groupe $F(1, 98) = 11.72, p < .001, \eta^2G = .03$, ainsi qu'un effet d'interaction entre ces 2 facteurs, $F(1, 98) = 22.77, p < .001, \eta^2G = .02$. Cette interaction permet d'observer en comparaisons post-hoc que les médianes des IRI des DIL et des TV avec l'ISI à 400 ms ne diffèrent pas significativement ($p > .001$) contrairement aux médianes des DI et

des TV avec l'ISI à 600 ms. La synchronisation sur l'ISI à 600 ms est ainsi plus difficile que celle que l'ISI à 400 ms pour les DIL ($p < .001$). L'effet de groupe indique ici également que le tempo des DIL est significativement plus rapide que celui des TV.

De plus, l'effet d'interaction significatif entre l'ISI de référence et la phase, $F(1, 98) = 32.92, p < .001, \eta^2G = .01$, a montré que cette différence de la médiane entre l'ISI à 400 ms et 600 ms est d'autant plus marquée entre les phases. En phase de synchronisation et de continuation, la médiane ne diffère pas significativement avec l'ISI à 400 ms contrairement à l'ISI en 600 ms pour lequel on observe que les participants TV et DIL accélèrent leur tempo en phase de continuation.

Un autre effet principal significatif relevé est celui de la condition, $F(1,516, 148,546) = 12.7, p < .001, \eta^2G = .04$. Le tapping présente une médiane plus faible (soit un tempo plus rapide) que dans la condition voix, $p < .001$. Cette observation est cohérente avec ce que l'on a noté précédemment.

En résumé, il est plus facile pour les DIL et les TV de se synchroniser sur l'ISI à 400 ms que sur l'ISI à 600 ms. Néanmoins, les DIL présentent encore une fois une médiane faible (i.e., un tempo rapide) par rapport aux TV et ont plus de difficulté que ces derniers à se synchroniser sur un ISI à 600 ms. Il est également plus difficile pour nos deux groupes de ralentir leur rythme lors de la phase de continuation avec l'ISI à 600 ms. Enfin, les participants ralentissent plus leur tempo sur la condition voix que dans les autres conditions.

Variabilité de la médiane

La Figure 9 représente la variabilité de la médiane en tâche de synchronisation / continuation toutes conditions confondues avec un ISI de référence à 400 ms et 600 ms chez les 3 tranches d'âge des DIL et des TV.

L'ANOVA conduite sur la variabilité de la médiane a révélé un effet principal significatif de la phase, $F(1, 98) = 25.15, p < .001, \eta^2G = .02$, indiquant une variabilité plus grande en phase de continuation qu'en phase de synchronisation, et ce pour tous les participants.

L'ANOVA a également mis en avant un effet principal du groupe significatif, $F(1, 98) = 15.38, p < .001, \eta^2G = .05$. Conformément à ce que l'on a observé plus haut, les participants DIL sont bien plus variables que les TV.

Tout comme dans la tâche de synchronisation / continuation avec les 5 modulations, l'effet principal de l'âge s'est révélé significatif, $F(2, 98) = 3.4, p < .05, \eta^2G = .02$, indiquant que les groupes DIL et

TV âgés entre 11 et 13 ans présentent une plus grande variabilité dans leurs frappes que le groupe des 14-17 ans ($p < .05$) comme nous pouvons l'observer sur la Figure 9.

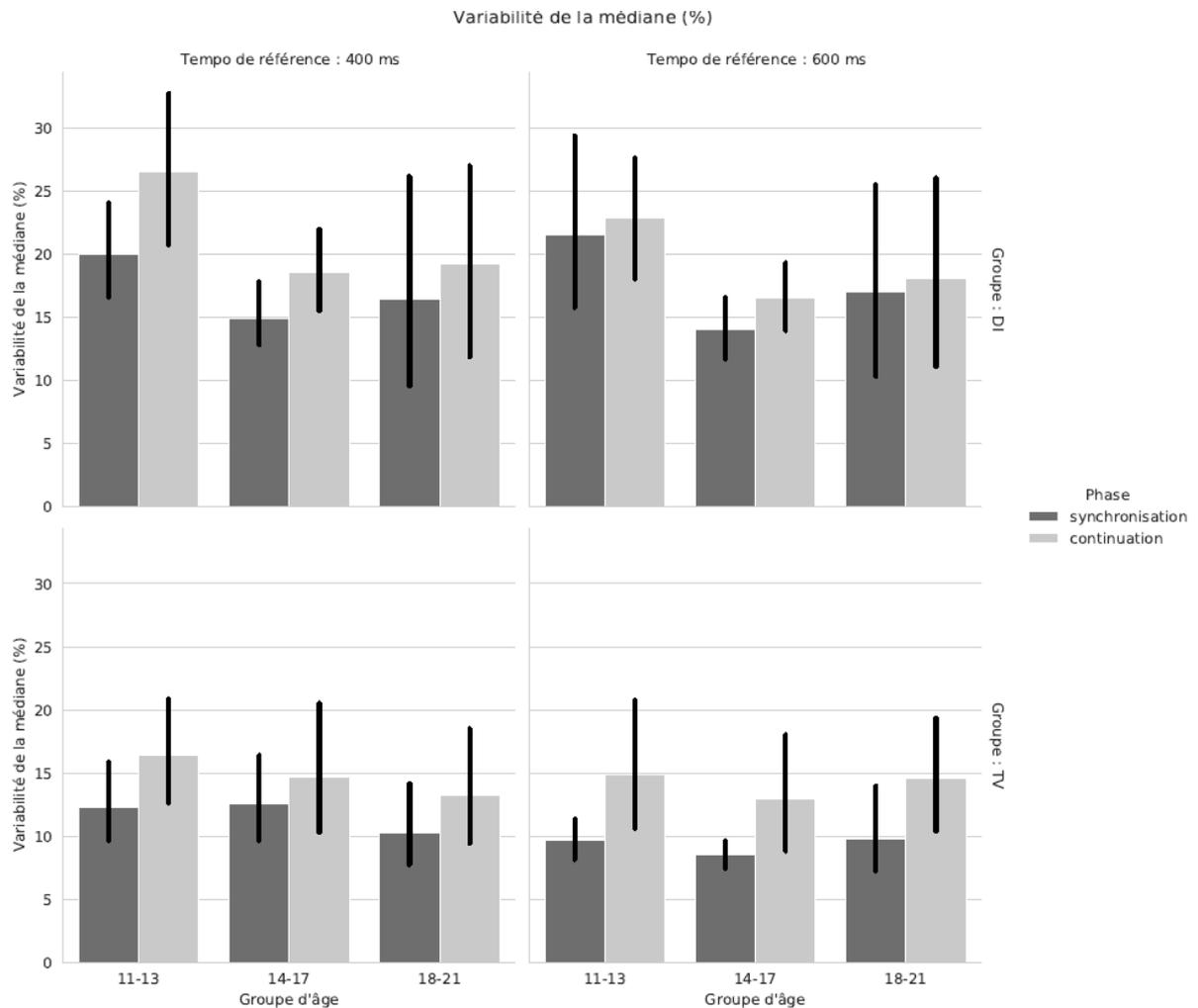


Figure 9: Tâche de synchronisation / continuation en 400 ms (à gauche) et 600 ms (à droite) Variabilité de la médiane des groupes DIL et TV par tranches d'âge toutes conditions confondues

Scores au R de Rayleigh ajusté

L'ANOVA réalisée sur le score au R de Rayleigh a montré un effet principal significatif de la phase, $F(1, 98) = 436.18, p < .001, \eta^2G = .36$. Les scores au Rayleigh ajusté sont plus élevés en continuation, l'irrégularité est donc plus grande en continuation qu'en synchronisation pour tous les participants.

Bien qu'il n'y ait pas d'effet principal significatif de la condition, une interaction significative entre la condition, la phase et le groupe a été mise en évidence, $F(1.872, 183,457) = 10.52, p < .001, \eta^2G = .01$. Quelles que soient la phase et la condition, les DIL présentent une grande irrégularité dans leurs

productions que les TV. Cependant on ne retrouve pas de différence significative entre les 2 groupes dans la condition voix en continuation, indiquant que les TV sont tout autant irréguliers que les DIL dans cette condition spécifique.

L'ANOVA a également révélé un effet principal significatif de l'ISI de référence (400, 600 ms), $F(1, 98) = 615.352, p < .001, \eta^2G = .29$, indiquant une irrégularité des productions plus élevée à 600 ms qu'à 400 ms. De plus, un effet d'interaction significatif a émergé entre la phase et l'ISI de référence, $F(1, 98) = 53.01, p < .001, \eta^2G = .03$, suggérant qu'en phase de continuation les participants sont plus irréguliers avec l'ISI à 600 ms ($M = .39, SE = .01$) qu'avec l'ISI à 400 ms ($M = .27, SE = .01$)

Tout comme pour la variabilité de la médiane, on retrouve également ici un effet principal significatif de l'âge, $F(2, 98) = 3.46, p < .05, \eta^2G = .04$, qui indique les 11-13 ans sont significativement plus irréguliers et moins bien ajustés au son ($M = .35, SE = .009$) que les participants âgés entre 14 et 17 ans ($M = .31, SE = .009$).

Enfin, l'ANOVA a révélé un effet principal significatif du groupe, $F(1, 98) = 95.87, p < .001, \eta^2G = .24$, suggèrent que les participants DIL sont plus irréguliers que les TV.

En résumé, et conformément aux précédentes observations, les participants ont un tempo plus irrégulier en phase de continuation qu'en phase de synchronisation, et d'autant plus lorsque l'ISI est à 600 ms. Ajoutons également que les participants DIL et TV sont plus irréguliers en condition voix en continuation.

Tableau 4: Synthèse des effets significatifs

Variable étudiée	Tâche de discrimination de rythmes	
Pourcentage de bonnes réponses	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de la modulation : <i>la modulation à -40 % est mieux discriminée que celle à 20 %</i> ➤ Effet du groupe : <i>les participants DIL discriminent moins bien que les TV</i> 	
	Tâche de tempo moteur spontané (TMS)	
Médiane de l'IRI	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet du groupe sur le TMS initial et en comparant TMS pré-test et post-test : <i>les participants DIL ont un TMS plus rapide que ceux des TV</i> ➤ Effet de session : <i>le TMS post test est plus rapide que le TMS initial</i> 	
Variabilité de la médiane	Aucun	
	Tâche de synchronisation /continuation basée sur le TMS avec 5 modulations	Tâche de synchronisation /continuation basée sur le TMS avec 400 et 600 ms
Médiane de l'IRI/TMS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de la modulation : <i>les participants DIL comme TV ont des médianes qui diffèrent selon la modulation</i> ➤ Effet de groupe : <i>les participants DIL sont plus rapides que ceux des TV</i> ➤ Effet de condition : <i>la condition double et tapping sont plus rapides que la condition voix</i> <p>- Condition x groupe - Modulation x groupe</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de l'ISI de référence : <i>meilleure performance sur 400 ms que 600 ms</i> ➤ Effet de la condition : <i>la condition double et tapping sont plus rapides que la condition voix</i> ➤ Effet de groupe : <i>les DIL sont plus rapides que les TV</i> <p>- Référence x Groupe - Phase x Référence</p>
Variabilité de la médiane	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de la condition : <i>variabilité plus élevée dans la condition voix</i> ➤ Effet de la phase : <i>variabilité plus élevée en continuation</i> ➤ Effet d'âge : <i>le groupe des 11-13 ans sont les plus variables</i> ➤ Effet de groupe : <i>les DIL sont les plus variables</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de la phase : <i>variabilité plus élevée en 600 ms que 400 ms</i> ➤ Effet de groupe : <i>les DIL sont les plus variables</i> ➤ Effet d'âge : <i>le groupe des 11-13 ans sont les plus variables</i>
Scores au R de Rayleigh ajusté	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de la phase : <i>irrégularité plus élevée en continuation</i> ➤ Effet de la modulation : <i>irrégularité plus élevée sur les ISI lents</i> ➤ Effet de groupe : <i>les DIL sont les plus irréguliers</i> <p>- Phase x Modulation - Phase x Modulation x Groupe - Phase x groupe</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet de la phase : <i>la régularité est meilleure en synchronisation que continuation</i> ➤ Effet de l'ISI de référence : <i>meilleure régularité à 400 ms que 600 ms</i> ➤ Effet de groupe : <i>les DIL sont les plus irréguliers</i> ➤ Effet d'âge : <i>le groupe des 11-13 ans sont les plus irréguliers</i> <p>- Condition x phase x groupe - Phase x ISI de référence</p>

4. Discussion

L'objectif de cette étude est d'évaluer la trajectoire développementale des capacités rythmiques sur le versant à la fois perceptif et productif des adolescents en situation de DIL idiopathique. Pour répondre à cette problématique, nous mettrons en regard les résultats obtenus avec nos hypothèses formulées pour chacune des tâches expérimentales ; puis dans un deuxième temps nous discuterons des limites de cette étude. Enfin, nous aborderons les perspectives que cette étude ouvre à la fois d'un point de vue clinique mais aussi du point de vue de la recherche.

4.1 Rappel et validation de l'hypothèse générale

«Quelles que soient la tranche d'âge et la tâche rythmique, les performances seront plus faibles chez les participants DIL que chez les participants TV appariés sur l'âge chronologique (AC).»

Notre hypothèse générale est validée au vu des résultats obtenus dans les différentes tâches rythmiques. Il s'avère en effet que les participants DIL font preuve de capacités en discrimination et en synchronisation inférieures à celles des participants TV. En outre, les participants DIL se sont montrés plus rapides dans leur tempo moteur spontané que leurs pairs TV. De ce fait, nous avons pu observer chez eux une plus grande difficulté à ralentir leur tempo que chez les participants TV, d'où leur incapacité à se synchroniser sur les ISI lents (+40 %, +20 %, 600 ms).

En somme, les résultats obtenus sont cohérents avec l'hypothèse selon laquelle la capacité à discriminer des tempi entre eux est nécessaire pour parvenir à se synchroniser. Effectivement, pour pouvoir se synchroniser sur un tempo extérieur, il faut d'abord percevoir des variations de tempi et donc parvenir à discriminer des tempi entre eux. Autrement dit, pour produire des rythmes, il faut d'abord parvenir à les percevoir. Dans le cas de la DIL, comparativement aux TV, les capacités de discrimination d'une information rythmique sont plus faibles, par conséquent, les capacités en synchronisation sont diminuées.

Nous allons maintenant reprendre nos résultats et les développer pour chaque tâche séparément, ce qui permettra de les confronter à nos différentes hypothèses théoriques.

4.2 Discussion : tâche de discrimination de rythmes

Nous avons pour objectif ici d'évaluer le développement des capacités de discrimination de séquences rythmiques isochrones chez les adolescents porteurs de DIL idiopathique.

Dans un premier temps, nous avons formulé l'hypothèse selon laquelle « *les capacités de discrimination des participants DIL seraient plus faibles que celles des participants TV, indépendamment des tranches d'âge.* » Cette hypothèse est validée par nos résultats puisqu'ils mettent en évidence de moins bonnes performances en discrimination de rythmes chez les participants DIL que chez participants TV de même AC. A noter que les résultats obtenus dans le groupe TV sont conformes à ce qui est classiquement observé dans la littérature (Drake et al., 2000 ; Drake & Baruch, 1995 ; Provasi et al., 2014b), à savoir que dès 10 ans les capacités de discrimination rythmiques sont équivalentes à celles des adultes. Néanmoins, le taux de bonnes réponses est significativement plus élevé avec une modulation du rythme à -40 % qu'à -20 % chez tous les participants, DIL comme TV. Ceci concorde avec l'étude de Provasi, Doyère, et al. (2014b) confirmant donc que plus les ISI sont éloignés entre eux, meilleure est la discrimination. Les DIL sont capables comme les TV de faire la différence entre 2 tempi qui diffèrent l'un de l'autre de 40 %.

Cet écart de performance des participants DIL avec les participants TV questionne sur l'origine de ces difficultés. Celles-ci sont-elles uniquement d'ordre temporel ou bien sont-elles liées à des déficits plus généraux au niveau cognitif et/ou attentionnel ?

Tout d'abord, rappelons que plusieurs étapes sont nécessaires pour réaliser une tâche de discrimination de rythmes : percevoir le rythme, traiter le rythme et comparer des séquences rythmiques. Ces différentes étapes sollicitent nécessairement des capacités cognitives telles que la mémoire à court terme, la mémoire de travail mais aussi des capacités attentionnelles afin d'intégrer et de traiter correctement l'information sensorielle (Tierney & Kraus, 2013). Or, nous savons que les jeunes avec DIL présentent des difficultés concernant ces capacités (Côté et al., 2017 ; Hronis et al., 2017 ; Zagaria et al., 2021). Les faibles performances des participants DIL pourraient par conséquent s'expliquer par ces problématiques d'intégration sensorielle elle-même soutenue par le niveau cognitif et exécutif. En effet, cette intégration perceptive ne serait pas efficace chez les DIL en raison d'une vitesse de traitement de l'information ralentie et d'un déficit au niveau de la mémoire tampon qui ne permettent pas d'encoder efficacement l'information dans la mémoire à court terme (Büchel & Hessels-Schlatter, 2001). De plus, nous avons pu observer lors de nos passations que les participants TV avaient tendance à engager une partie de leur corps (e.g., doigt, pied) pour suivre le rythme des séquences d'ISI entendues ce qui illustre bien que la perception des rythmes sollicite également les aires motrices. Or, nous n'avons pas noté cette stratégie motrice chez les participants DIL lors de cette tâche. On peut se demander si cela traduit un défaut d'activation des aires motrices ; en effet, si les DIL perçoivent mal l'information rythmique, alors ils ne peuvent pas le ressentir avec le mouvement (Manning & Schutz, 2013).

Nous souhaitons également investiguer la trajectoire développementale des jeunes en situation de DIL sur cette tâche en les comparant à des jeunes TV de même AC avec comme hypothèse : « *Pour la tâche de discrimination de rythmes, les performances des participants DIL seront retardées par rapport à celles des TV tout en suivant une courbe développementale typique.* ».

Nos résultats ne révèlent pas de différences significatives entre les trois tranches d'âge, i.e., de 11 à 21 ans, ni avec les tranches d'âge du groupe TV. De plus, nos analyses ont également montré que les participants DIL âgés de 11 à 21 ans ne diffèrent pas des participants TV du sous-groupe des 7 à 10 ans. Finalement, quel que soit l'âge, les adolescents DIL ont toujours des capacités de discrimination inférieures à celles des TV. Nous ne pouvons donc pas valider la deuxième partie de notre hypothèse puisqu'on ne retrouve pas dans nos résultats une courbe développementale.

Une question émerge de ces résultats : les difficultés au niveau de la discrimination rythmique observées chez les DIL sont-elles liées à d'autres difficultés temporelles ? Pour répondre à cette question, un lien peut être fait entre la tâche de bissection qui consiste à discriminer des durées, classiquement utilisée dans les travaux sur l'estimation du temps (e.g., Droit-Volet et al., 2001), et la tâche de discrimination de rythmes puisque le rythme se définit par l'ordre et la durée. Lors de la tâche de bissection, le participant doit indiquer pour chaque stimulus s'il est d'une durée longue ou courte (en référence à 2 durées de référence préalablement présentées). Des travaux ont été menés sur la perception des durées chez les adolescents porteurs de DIL idiopathique (Adda Joint, 2019 ; Lambert, 2018 ; repris par Rattat & Collié, 2020) et ont montré que les participants DIL avaient des performances inférieures aux TV dans cette tâche de discrimination des durées. Ainsi, nous pouvons dire que les DIL ont plus de difficultés que les TV à discriminer à la fois des durées et des rythmes. Par ailleurs, leurs résultats sur la tâche de bissection ont permis de mettre en évidence que les adolescents DIL suivaient une courbe développementale typique mais décalée temporellement par rapport au groupe des TV. Ce retard est assez important puisque le groupe des 16-19 ans DIL ont des performances qui ne diffèrent pas significativement de celles des enfants TV âgés de 8 à 10 ans. Malgré ce retard, les adolescents DIL améliorent leur performance dans la discrimination des durées avec l'âge, or ce n'est pas le cas pour la discrimination des rythmes dans le cadre de notre étude. En effet, nous n'observons pas d'évolution développementale chez les adolescents porteurs de DIL, ce qui montre qu'à la fin de l'adolescence, les individus avec DIL n'ont pas atteint un niveau comparable à celui des adultes dans la discrimination des rythmes.

En somme, si les adolescents porteurs de DIL présentent des difficultés au niveau de la discrimination des durées mais aussi au niveau de la discrimination des rythmes, il semblerait toutefois que ces difficultés relèvent d'un déficit plutôt que d'un retard lorsque l'information à traiter est de nature rythmique puisque nous n'observons pas d'évolution développementale, en tout cas par sur la tranche d'âge étudiée dans notre recherche. Finalement, ce déficit de traitement perceptif de l'information

rythmique soulève un point important dans l'évaluation et la prise en soins de ces jeunes. Effectivement, le langage, la parole, la motricité et de nombreuses fonctions cognitives sont associées aux capacités rythmiques. Or, nous observons chez cette population des déficits à ces différents niveaux. C'est pourquoi la question d'une évaluation de ces capacités chez cette population dans le cadre d'une prise en charge pourrait être envisagée afin de caractériser leur niveau de perception rythmique et proposer ainsi des pistes thérapeutiques pour développer ces capacités rythmiques et améliorer les domaines moteurs, langagiers (e.g., la discrimination phonologique et donc la production phonologique) et plus largement cognitifs (e.g., capacités attentionnelles, exécutives) qui font défaut chez cette population.

Enfin, notre troisième hypothèse sur cette tâche était : « *Les participants du groupe DIL discrimineront mieux les rythmes isochrones dont l'ISI de référence est 400ms plutôt que 600ms* ».

Nous avons formulé cette hypothèse en nous basant sur les apports de la littérature sur le développement typique des capacités perceptives rythmiques (Drake, Jones et Baruch, 2000 ; Drake & Baruch, 1995 ; Provasi & Bobin-Bègue, 2003). Selon le modèle de Drake, Jones et Baruch (2000), plus l'individu est jeune, plus la gamme de tempi qu'il peut discriminer est réduite. Et plus l'individu vieillit, plus sa gamme de tempi s'élargit. De plus, les capacités perceptives sont en lien direct avec les IRI du TMS. Effectivement, plus le tempo auditif est proche de la valeur du TMS, plus la discrimination est précise. Sur un plan développemental, les jeunes enfants ont tendance à avoir un TMS rapide, proche de 400 ms (Provasi, Anderson, et al., 2014 ; Provasi & Bobin-Bègue, 2003, Bobin-Bègue & Provasi, 2008), ils discrimineront donc mieux les tempi autour de 400 ms. Quant aux adultes leur TMS étant proche de 600 ms, ils discriminent tout aussi bien les ISI à 400 ms que 600 ms. Par conséquent, nous supposons une meilleure performance des DIL pour discriminer les rythmes isochrones à 400 ms que 600 ms. Or, nos résultats ne révèlent pas que le taux de bonnes réponses des DIL est significativement différent selon l'ISI de référence. Quel que soit l'ISI de référence, les participants DIL discriminent moins bien que les TV. Par conséquent, nous ne pouvons pas valider notre hypothèse. Ce point laisse penser que les ISI de référence, même à 400 ms, sont trop éloignés de la période de référence (i.e., l'expression motrice de la gamme de tempi que l'individu peut produire et percevoir selon Drake, Jones et Baruch (2000)) des adolescents avec DIL. Ainsi, nous pouvons supposer que les performances auraient été différentes avec des ISI de référence plus rapides, à 300 ms par exemple.

4.3 Discussion : tâches de TMS et de synchronisation continuation

4.3.1 TMS

Nous venons de voir que le traitement perceptif rythmique des jeunes avec DIL était moins efficace que celui du groupe TV. Comme nous l'avons évoqué précédemment, les capacités en discrimination sont directement liées au TMS. Ceci s'explique par « la période de référence » avancée par Drake, Jones et Baruch (2000) : le TMS est propre à chaque individu et est une expression motrice des valeurs que nous pouvons percevoir (cf Figure 10) Plus on vieillit, plus notre gamme de discrimination de tempi s'élargit tout comme l'empan des valeurs de notre TMS.

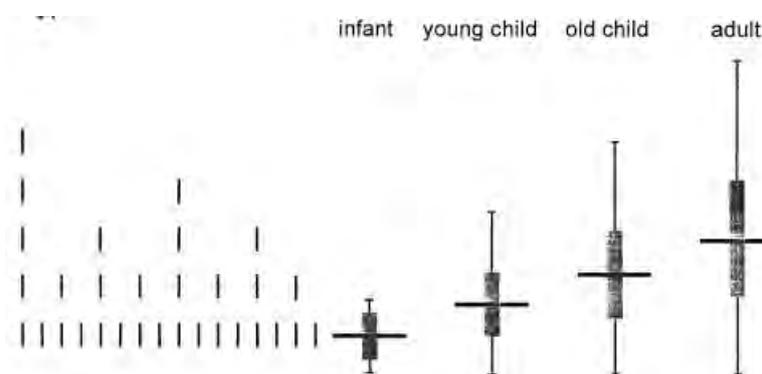


Figure 10: Illustration issue de Drake et al. (2000) représentant la période de référence par un trait horizontal, l'empan des valeurs de la période de référence représenté par le trait épais vertical et la gamme de tempi accessibles par le trait fin vertical

Notre hypothèse de départ concernant le TMS était : « La production de TMS chez les participants DIL sera possible mais très hétérogène, avec des productions non stables. On peut penser observer entre les deux TMS un phénomène d'accélération du TMS, c'est-à-dire une diminution de l'IRI (intervalle inter réponse) moyen, ainsi qu'une diminution de la variabilité du TMS. »

Concernant l'instabilité des productions, les analyses statistiques ont révélé que les participants DIL n'ont pas des TMS plus variables que les participants TV. On ne peut donc pas valider la première partie de cette hypothèse. En revanche, on observe bien une accélération du TMS chez nos participants DIL et TV en post-test, ce qui valide la deuxième partie de notre hypothèse. Ce résultat est cohérent avec l'étude de Provasi et al. (2014b) dans laquelle le phénomène d'accélération était également observé chez la population TV et les patients avec une atteinte cérébelleuse. L'accélération du TMS en post-test s'explique par un effet d'entraînement. Suite aux nombreux essais réalisés en phase de synchronisation et de continuation, le TMS des participants, c'est-à-dire leur propre rythme interne, est

modifié par les rythmes externes auxquels ils ont été soumis. Autrement dit, les tempi auditifs ont eu un impact sur leur tempo interne.

Notons un autre résultat intéressant qui a émergé de nos données : les adolescents avec DIL ont des TMS toujours plus rapides que les TV, que ce soit en pré-test ou en post-test. Ce résultat confirme la seule étude sur les capacités rythmiques existant sur cette population, à savoir celle de Fraisse (1949) qui avait révélé que le TMS de participants DI âgés de 6 et 17 ans correspondait à celui d'enfants âgés de 3 et 6 ans, qui ont des TMS bien plus rapides que ceux des adultes. Néanmoins, nos résultats ne montrent pas d'évolution développementale pour les DIL. Autrement dit, on ne note pas chez eux de différences en fonction de l'âge.

Ceci peut s'expliquer par notre échantillon qui ne dépasse pas l'âge de 20 ans. Ainsi, nous ne pouvons pas voir si l'empan des valeurs accessibles avec l'âge augmente et reste stable (moins de variabilité) tout au long du développement. Cette observation chez les DIL ne concorde pas avec les études portant sur le développement typique des capacités rythmiques qui avancent que la gamme d'intervalles produits et perçus s'accroît avec l'âge (Drake et al., 2000). En effet, nos résultats indiquent que les participants DIL n'acquièrent pas en même temps que les TV les capacités rythmiques en perception et production. Pour preuve, la médiane du TMS des DIL, quel que soit leur âge, ne va pas au-delà de 400 ms qui peut être mis en lien avec l'étude récente de Monier et Droit-Volet (2019) examinant les TMS chez des enfants âgés entre 5 et 8 ans ou encore les études de Provasi et Bobin-Bègue (2003) et Bobin-Bègue et Provasi (2008). Tous résultats confondus, les moyennes des TMS des enfants âgés entre 1 an ½ et 8 ans sont entre 350 et 550 ms.

En se basant sur l'évolution développementale du TMS, les participants DIL, tout âge confondu, se rapprochent donc plus des TMS observés dans ces tranches d'âge plus jeunes.

Comment alors expliquer cette rapidité du tempo interne ? Plusieurs hypothèses peuvent être formulées. Dans un premier temps, le tempo interne des adolescents DIL peut être assimilé à celui de jeunes enfants qui eux non plus ne peuvent pas encore produire une large gamme d'intervalles. Ceci fait lien avec la théorie d'une « région d'entraînement » proposée par McAuley et al. (2006). Cette théorie tend à décrire les gammes d'intervalles que peut produire un individu au cours de son développement. Chez les enfants très jeunes, cette « région d'entraînement » est d'abord limitée au cours du développement, elle s'étend pour ensuite redevenir plus étroite vers la fin de la vie. C'est pourquoi les jeunes enfants, tout comme les participants DIL de notre étude ne peuvent pas produire et percevoir une large gamme d'intervalles dans leur TMS. Cette théorie expliquerait que les participants DIL se situeraient dans une « région d'entraînement » propre aux jeunes enfants mais qu'au cours de leur développement - notre étude ne permet pas de dire à quel âge - ils basculeraient vers une « région d'entraînement » plus large. Un autre élément en accord avec cette théorie est que la variabilité entre

les frappes n'est pas plus élevée chez les DIL que chez les TV. En effet, on peut attribuer cette absence de variabilité à un effet de « biomécanique » que l'on retrouve également chez les individus très jeunes (i.e., moins de 4 ans, Provasi et al. (2008)). Lorsque les IRI sont aussi rapides il existe un effet « biomécanique » c'est-à-dire une contrainte physique, motrice, qui limite ainsi la variabilité entre les frappes. A cela s'ajoute la difficulté à inhiber un comportement moteur.

Et nous ne pouvons pas faire abstraction du lien entre inhibition du comportement moteur et capacités rythmiques pour expliquer la rapidité de ce tempo. De plus, Tierney et Kraus (2013) avancent que la perception du rythme dépendrait des mécanismes moteurs nécessaires à sa production puisque la perception du rythme engage les régions motrices du cerveau (Kotz et al., 2018). Or, la littérature portant sur les fonctions exécutives chez une population DIL fait état de déficit au niveau de l'inhibition (Danielsson et al., 2012 ; Gligorović & Đurović, 2014 ; Zagaria et al., 2021) ce qui pourrait participer à l'explication des résultats observés.

In fine, ce décalage temporel du développement chez les adolescents en situation de DIL pourrait s'expliquer à la fois par une « région d'entraînement » encore limitée et des capacités d'inhibition motrice qui n'auraient pas atteint leur seuil de maturité.

Notons également que les DIL ont dû réaliser significativement plus d'essais que les TV avant de pouvoir enregistrer un essai de 30 frappes le plus régulièrement possible à un rythme qui leur soit naturel, indiquant qu'il était plus difficile pour eux de produire un TMS régulier. Effectivement, les personnes avec DIL avaient tendance à réaliser des TMS très rapides si bien que ce ne pouvait pas être considéré comme un vrai TMS (e.g., moins de 200 ms).

4.3.2 Tâche de synchronisation / continuation

La première hypothèse sur cette tâche était : « *Les participants DIL seront en mesure de modifier leur propre TMS pour s'ajuster à une stimulation rythmique externe.* »

Cette hypothèse est validée par nos résultats puisque que les IRI des participants DIL sont différents des IRI de leur TMS, et il en est de même pour les participants TV. Les participants DIL peuvent donc tout à fait modifier leur TMS.

Il s'avère toutefois que les participants des deux groupes ont présenté plus de difficulté à se synchroniser sur les ISI lents (+20%, +40%) que rapides (-40 %, -20%). Comme l'avaient constaté Provasi et al. (2014b), il est plus difficile de ralentir son rythme que de l'accélérer. En effet, lorsque l'ISI entendu est proche du tempo interne, la synchronisation sera meilleure sur ce rythme externe. Toutefois, à l'instar de nos observations pour la tâche de TMS, les participants DIL ont toujours tendance à être plus rapides que les TV, ce qui signifie qu'ils ont plus de difficulté à ralentir leurs frappes comparativement aux TV. La synchronisation sur les ISI lents requiert donc de ralentir son propre tempo et de faire preuve d'inhibition motrice et de flexibilité. Or, le tempo interne des DIL étant de base très rapide, cette synchronisation est d'autant plus difficile pour eux lorsque l'ISI de la

séquence entendue est lent, c'est-à-dire lorsqu'ils doivent ralentir de 20 à 40 % le rythme de leur frappe. Les études sur le développement typique montrent que cette capacité à inhiber le comportement moteur augmente avec l'âge : plus le sujet vieillit, plus il peut ralentir son tempo moteur (Drake et al., 2000 ; Monier & Droit-Volet, 2019 ; Provasi, Anderson, et al., 2014 ; Provasi & Bobin-Bègue, 2003 ; Bobin-Bègue et Provasi 2008).

Un résultat surprenant mais néanmoins intéressant est que les participants DIL et TV âgés entre 11 et 13 ans sont significativement plus variables et irréguliers dans leurs frappes, i.e., moins ajustés au son, que les autres groupes d'âge. Quelle que soit la modulation, tous les participants -DIL comme TV- de cette tranche d'âge sont irréguliers, cependant l'irrégularité des frappes est plus grande chez les DIL et ce quel que soit l'ISI entendu. Cette différence entre les 11 et 13 ans et les autres tranches d'âge, qu'ils soient DIL ou TV, peut s'expliquer par un palier développemental dans lequel l'individu deviendrait plus régulier et précis dans la production de son tempo interne. Ce qui est cohérent avec l'étude de Drake et al. (2000), Provasi & Bobin-Bègue (2003) et Bobin-Bègue et Provasi (2008) : plus l'individu grandit, plus ses frappes deviennent régulières et ajustées au son.

La seconde hypothèse formulée concernait la condition (tapping, voix, double) : « *Tous les participants se synchroniseront plus efficacement au stimulus auditif sur la modalité vocale que sur la modalité tactile, et de manière moins précise en condition de double modalité.* »

Pour répondre à cette hypothèse, nous avons observé chez les deux groupes que la médiane de l'IRI rapportée sur le TMS dans la condition voix se distingue significativement des autres. En l'occurrence elle est plus élevée, les IRI sont donc plus longs, que la médiane des conditions en tapping et condition double. En revanche, on observe que la variabilité entre les vocalisations « *pa* » est plus grande que la variabilité entre les frappes dans les conditions double et tapping. Pour autant, les participants ne présentent pas une plus grande irrégularité, soit un moins bon ajustement de la vocalisation au son, dans la condition voix que dans les autres conditions (double, tapping). En comparaison aux autres conditions, nous avons également émis l'hypothèse que la double modalité serait plus difficile pour les participants en raison d'une surcharge mentale due à la programmation de la séquence motrice du tapping digital et la programmation langagière. Nous pensions ainsi que l'irrégularité et la variabilité entre les frappes y seraient plus élevées, or nos résultats ne vont pas dans ce sens. Pour toutes ces raisons, nous ne pouvons donc pas valider notre hypothèse.

Mais un résultat attire notre attention : dans la condition voix, les IRI des participants TV comme DIL sont plus lents que dans les autres conditions (i.e., tapping et double). Ce résultat est particulièrement intéressant concernant les participants DIL qui ont tendance à produire des rythmes rapides en tapping digital et en double mais pas en voix. On peut alors se questionner sur ce ralentissement présent chez les DIL comme chez les TV en proposant plusieurs pistes de réflexion. Premièrement, ce

ralentissement peut s'expliquer par le retour auditif que permet la vocalisation : ainsi les participants DIL inhiberaient plus facilement leur comportement moteur en vocalisant qu'en tapant avec le doigt, le contrôle moteur serait meilleur sur le versant langagier que moteur. Pour autant, la vocalisation ne permet pas aux participants d'être plus réguliers et moins variables dans leurs IRI. Au contraire, la variabilité y est plus élevée. En fin de compte, nous avons choisi la condition vocale pour plusieurs raisons. D'une part, cette synchronisation audio-vocale n'a pas été testée auprès de notre population à notre connaissance. D'autre part, cette modalité présente l'avantage d'éviter au participant de se concentrer sur la coordination du doigt avec le son et les réponses verbales sollicitent moins d'activations dans les régions prémotrices que les réponses manuelles (Xue et al., 2008). De plus, l'étude de Castro-Meneses et Sowman (2018) montre que la synchronisation est meilleure en audio-vocale qu'en audio-tactile chez les adultes. Or dans le cadre de notre étude la réponse verbale ne permet pas aux participants DIL d'être plus précis qu'en condition tapping ou double. Pour autant, ce résultat rejoint l'étude de Lê et al. (2021) avec des enfants porteurs d'un trouble déficitaire de la coordination. Nous pouvons expliquer cette variabilité dans les réponses verbales par la coordination pneumo-phonique, la contrainte physique, que nécessite cette tâche en plus de la synchronisation. En effet sur un plan qualitatif, la majorité des participants nous ont fait le retour que cette condition était la plus difficile pour eux. De plus, nous avons également noté que les participants DIL étaient le plus en demande de pauses lors de cette tâche ce qui suggère que celle-ci tâche était plus coûteuse. Nous avons noté également que lors de cette condition, les participants DIL, comme TV, avaient tendance à accompagner leurs vocalisations de mouvements annexes (e.g., tapotement du pied, doigt, main). Cette observation fait sens avec la littérature qui décrit qu'il n'y a pas de rythme sans mouvement et que ce comportement moteur annexe permet d'améliorer la perception rythmique et de structurer la production vocale (Manning & Schutz, 2013). Un exemple parlant pour illustrer nos propos sont les enfants qui chantent une comptine, ils s'aident du mouvement pour assimiler la rythmique et les paroles de celle-ci (Bolduc & Rondeau, 2015).

Enfin, notre dernière hypothèse concernait la phase :

« Les performances à la tâche de continuation seront inférieures chez les participants DIL à celles des participants TV car la charge cognitive est plus importante. »

Pour rappel, les indicateurs de performances choisis pour répondre à cette hypothèse étaient 1) la vitesse des IRI 2) la variabilité entre les frappes 3) l'ajustement de la frappe au son.

Tout d'abord, les résultats ne montrent pas que la médiane de l'IRI varie significativement entre la phase de synchronisation et de continuation pour les deux groupes. Ensuite, nous observons que la variabilité entre les frappes est plus importante en phase de continuation qu'en phase de synchronisation pour les 2 groupes. Enfin, les participants TV ont des frappes mieux ajustées au son

en synchronisation et sur les ISI rapides qu'en continuation et sur les ISI lents. Un résultat intéressant ici est qu'en phase de continuation, le groupe TV se retrouve bien plus en difficulté pour être précis dans ses frappes lorsque le son n'est plus là. Ceci prouve que les TV savent très bien se synchroniser sur un son mais éprouvent plus de difficulté à rester ajusté à cet intervalle lorsque le son n'est plus là. On peut se demander si cet intervalle est mémorisé. De plus, les TV sont plus irréguliers, c'est-à-dire moins ajustés au son, sur les ISI lents (+40 %, +20 %, 600 ms) que les ISI rapides (-40 %, -20 %, 400 ms). Concernant les participants DIL, on observe déjà des difficultés dans l'ajustement de la frappe au son en synchronisation mais ces difficultés s'amplifient en phase de continuation : ils sont bien plus irréguliers que les TV en phase de continuation.

Concernant les conditions, on ne retrouve pas de différence significative entre les 2 groupes dans la condition voix en continuation, indiquant que les TV sont tout autant irréguliers que les DIL dans cette modalité voix et dans cette phase. En revanche ce n'est pas le cas pour les conditions tapping et double puisque les DIL sont plus irréguliers que les TV tant en synchronisation qu'en continuation. Ce résultat indique que les TV et les DIL réagissent de la même façon sur la condition voix en continuation : les deux groupes présentent une grande variabilité dans leurs frappes. Cette variabilité peut s'expliquer comme nous l'avons dit précédemment par l'absence du tapping, le comportement moteur, sur lequel le participant peut prendre appui pour structurer son rythme.

Finalement, on constate que les DIL et les TV ont des performances diminuées en phase de continuation par rapport à la phase de synchronisation. Néanmoins le groupe DIL présente toujours une plus grande variabilité entre les frappes en phase de continuation. De ce fait, nous pouvons valider notre hypothèse.

Plusieurs facteurs explicatifs peuvent étayer nos résultats. Premièrement, l'implication des capacités cognitives dans la tâche de continuation a clairement été démontrée (Lorås et al., 2013; Monier & Droit-Volet, 2019; Tierney & Kraus, 2013). En effet, cette tâche requiert d'intégrer l'information rythmique, de mémoriser l'intervalle de temps pour ensuite le reproduire dans une séquence motrice. Ces multiples étapes sollicitent donc les capacités mnésiques (Monier & Droit-Volet, 2019) et attentionnelles (Lorås et al., 2013; Tierney & Kraus, 2013). Or, ces composantes cognitives ne sont pas encore matures chez les DIL ce qui explique en partie nos résultats. Deuxièmement, la phase de continuation se définit par une charge mentale élevée puisqu'il s'agit de solliciter plusieurs processus cognitifs momentanément. Or, les individus avec DIL gèrent difficilement cette charge mentale et arrivent rapidement à saturation (Hessels & Gassner, 2010).

Finalement, que ce soit en phase de synchronisation ou de continuation, les participants DIL sont moins performants que les participants TV, ils sont plus variables et moins précis dans leurs frappes. On peut donc se questionner également sur les mécanismes sous-jacents à cette capacité à se

synchroniser à une séquence rythmique isochrone. Plusieurs études ont tenté de répondre à cette question.

Premièrement, il a notamment été montré que la tâche de synchronisation implique une composante motrice (Loràs et al., 2013 ; Monier & Droit-Volet, 2019). Dans les résultats de l'étude de Monier et Droit-Volet (2019), des corrélations significatives entre les scores des capacités motrices et la variabilité du tempo spontané ont été mises en évidence chez des enfants âgés entre 5 et 8 ans. Ces corrélations s'expliquent par les aptitudes motrices qui sont en cours de développement chez les plus jeunes enfants puisque le contrôle moteur des mouvements fins n'est pas totalement développé avant l'adolescence (de Castelnau et al., 2007). Par ailleurs, ces corrélations font sens puisque nous savons que les aires motrices sont sollicitées dans la tâche de perception mais aussi dans celle de synchronisation / continuation. En outre, des difficultés motrices ont été observées chez les enfants porteurs de DIL notamment au niveau de la motricité fine qui est sollicitée lors de cette tâche (Vuijk et al., 2010). Néanmoins, nous ne disposons pas de cette information pour réellement interpréter nos données puisque nous n'avons pas évalué les aptitudes motrices des jeunes DIL qui ont participé à notre étude, ce qui pourrait faire l'objet d'une étude ultérieure.

Concernant la dimension cognitive, Monier et Droit-Volet (2019) expliquent que la synchronisation relève d'un processus automatique indépendant des ressources cognitives individuelles. A contrario, les résultats des études de Loràs et al (2013) et de Tierney et Kraus (2013) montrent qu'une composante cognitive, notamment attentionnelle, est clairement impliquée dans cette tâche de synchronisation. Bien que les auteurs ne s'accordent pas sur ce point, nous pouvons avancer que cette tâche nécessite une bonne intégration sensori-motrice pour traiter l'information. Or, nous savons que cette capacité n'est pas performante chez les DIL (Wuang et al., 2008).

Enfin, dans le cadre d'une hypothèse exploratoire, nous cherchions à vérifier l'existence d'un phénomène d'appropriation de l'intervalle métrique qui se traduirait par une restructuration du tempo lors du tapping digital et serait détectable via les données de pression digitale. L'objectif était de voir via le capteur de pression intégré au boîtier si les participants mettaient en place un rythme de pression avec des temps forts et des temps faibles, détectable par la pression, pour maintenir le rythme externe entendu. Ce phénomène de restructuration de la séquence rythmique en cours de production serait visible surtout en phase de continuation. Les premières analyses effectuées sur cette variable ne sont pas concluantes (Cf Annexe 7 et 8). Toutefois nous n'avons pas analysé plus en profondeur cette variable par manque de temps. Par conséquent, cette hypothèse ne peut être validée ou invalidée dans le cadre de notre travail mais mérite d'être étudiée plus en profondeur ultérieurement.

5. Limites et perspectives

5.1 Limites

Cette étude présente quelques limites qui pourraient motiver de futurs travaux.

Les premières limites concernent les tâches expérimentales. Nous avons fait le choix d'évaluer la synchronisation en condition tapping puisque cette modalité est classiquement utilisée dans les études sur le rythme, mais aussi en condition voix. A notre connaissance, ce type de tâche en condition voix apparaît peu dans la littérature ((Castro-Meneses & Sowman, 2018) ; Lê et al., 2021). Une limite méthodologique concernant la condition voix est la suivante : avant la tâche de synchronisation / continuation, le TMS moyen de chaque participant était enregistré en modalité tapping. Ensuite, la moyenne de ce TMS variait soit plus rapidement, soit plus lentement. Néanmoins, nous relevons ici une limite méthodologique puisque le TMS enregistré est uniquement dans la modalité tapping. Nous ne disposons pas de ligne de base pour le vocal. Il aurait été intéressant d'enregistrer également le TMS en condition vocale des participants afin que ce soit le TMS vocal moyen du participant qui soit varié en condition vocale. Ce TMS vocal aurait également été mesuré en post-test. Cependant ce type de mesure n'existe pas à notre connaissance.

Toujours concernant le TMS, pour s'assurer de la bonne compréhension de la consigne du TMS il aurait été intéressant de demander à tous les participants 3 essais de 30 frappes produites le plus régulièrement possible et ne retenir que l'essai qui avait la variabilité entre les frappes la moins élevée, comme l'ont fait Monier et Droit-Volet (2019).

Une autre limite à notre étude concerne l'absence d'évaluation cognitive et motrice. Ce point avait également été soulevé par Guyot (2020). Effectivement, nous avons précédemment évoqué que des fonctions cognitives et motrices (i.e., inhibition motrice, mémoire de travail, mémoire à court-terme, dextérité motrice) sont impliquées dans les tâches proposées. Une évaluation à l'aide de tests neuropsychologiques et moteurs auraient permis d'établir des corrélations et d'éclairer ainsi certains résultats (Monier & Droit-Volet, 2019 ; Provasi et al., 2014b). Néanmoins, la passation de ces tests supplémentaires aurait allongé considérablement la durée de notre protocole. Le public DIL étant fatigable et déjà sujet à des évaluations fréquemment, la réalisation de ces épreuves supplémentaires n'aurait pas été possible en une seule séance. Néanmoins des travaux sont en cours pour éclairer la question de l'implication des fonctions exécutives chez les adolescents DIL dans l'estimation temporelle, notamment le rôle du contrôle inhibiteur dans la tâche de discrimination des durées (Margouti, en cours).

Enfin, nos effectifs entre les groupes d'âge sont inégaux et plus particulièrement chez les participants DIL. De ce fait, l'appariement sur l'AC avec le groupe des TV n'est pas suffisamment puissant pour tirer des conclusions satisfaisantes.

5.2 Perspectives en recherche et d'un point de vue plus clinique

5.2.1 Recherche

Selon les recommandations de recherche de l'INSERM (2016), il est nécessaire de poursuivre les travaux de recherche dans le champ de la DI afin de mieux comprendre le développement des compétences de cette population et d'évaluer les forces et limites des interventions auprès de ces personnes. Cette recommandation rejoint le discours des acteurs de terrain qui ont participé à cette étude qui décrivent un besoin réel d'éclairer la clinique auprès de cette population. En outre, ce travail est le fruit d'une collaboration étroite entre des orthophonistes et des enseignants-chercheurs dans le domaine de la psychologie et de la linguistique. Comme nous l'avons précédemment écrit, la littérature scientifique tant sur le plan neurologique que développemental est très développée concernant les syndromes génétiques (e.g., Trisomie 21), ou bien les troubles du spectre de l'autisme (TSA), mais est bien moins fournie concernant la DIL idiopathique. Pour autant, il nous est nécessaire en tant que clinicien de connaître « les différents moyens d'accès au développement » de cette population (Guidetti & Tourette, 2018, p. 232) pour faire des propositions thérapeutiques les plus adaptées possibles.

Nous allons maintenant proposer des pistes de recherches qui pourraient être menées à la suite de cette étude.

Premièrement, afin d'alimenter nos hypothèses développementales il serait intéressant d'élargir nos tranches d'âge en incluant également les jeunes adultes avec DIL âgés de plus de 20 ans. Ceci permettrait de répondre à la question de la stagnation ou bien de l'amélioration des capacités rythmiques avec l'âge.

Il pourrait également être envisagé de tester des stimuli de natures différentes, autres qu'auditifs, comme suggéré dans l'étude de Sowiński et Dalla Bella (2013). En effet, nous avons précédemment expliqué qu'un mauvais couplage sensori-moteur, i.e., des perturbations auditivo-motrices, serait à l'origine des déficits rythmiques. D'où l'intérêt d'évaluer si cette synchronisation sensori-motrice est également déficitaire en modifiant la nature du stimuli, par exemple en utiliser des stimuli kinesthésiques et/ou vestibulaires comme la danse.

Enfin, nous avons plusieurs fois évoqué le lien étroit entre les capacités rythmiques et le langage ainsi que la parole. Pour expliquer le lien entre les capacités rythmiques et les compétences langagières (e.g., conscience phonologique), la perception et la production de la parole chez les jeunes avec DIL, il serait intéressant de réaliser un appariement selon des résultats à des tâches de conscience phonologique. Dans la même idée, nous pourrions inclure des épreuves orientées sur la prosodie -qui joue un rôle clé dans les habiletés sociales et communicationnelles- pour mettre en évidence les forces et les faiblesses du traitement acoustique du langage chez les jeunes avec DIL.

5.2.2 Clinique

L'objectif à moyen long terme est d'alimenter la littérature sur la DIL pour donner des éléments théoriques et empiriques permettant aux professionnels de terrain de faire évoluer leur pratique clinique.

Les connaissances sur le développement des notions de durée et de rythme permettront de donner des éléments sur les compétences temporelles des jeunes avec DIL et d'améliorer ainsi l'évaluation et le suivi par les différents professionnels qui gravitent autour de ces jeunes. La notion du temps, essentielle pour l'autonomie individuelle, recouvre différentes facettes et concerne donc plusieurs professionnels (e.g., orthophoniste, ergothérapeute, psychomotricien, éducateur spécialisé). C'est pourquoi il pourrait être conçu un outil d'évaluation interdisciplinaire sur l'ensemble des facettes temporelles afin de dégager un profil temporel complet du jeune. Par ailleurs, sur le versant thérapeutique, la notion de durée devrait être intégrée dans la prise en charge des individus porteurs de DI -comme souligné précédemment par Adda Joint (2019) et Lambert (2018)-, mais également la notion de rythme. En effet, nous savons que le rythme joue un rôle capital dans le développement langagier, les apprentissages fondamentaux (lecture, écriture) et dans les domaines socio-cognitifs (i.e., interactions sociales, habiletés sociales et communicationnelles, attention conjointe).

Il est établi que la DI impacte le développement langagier (INSERM, 2016). Grâce aux résultats de cette étude, nous pouvons nous demander si des entraînements rythmiques permettraient d'obtenir des bénéfices thérapeutiques sur le plan langagier et interactionnel. Cette question a déjà fait l'objet d'études auprès d'enfants présentant des troubles du développement du langage oral, de troubles du langage écrit, de trouble du spectre de l'autisme (Bhide et al., 2013; Corriveau & Goswami, 2009; LaGasse & Hardy, 2013; Lloret, 2019). Ajoutons que le rythme est présent dans la prise en charge orthophonique à travers différentes techniques de rééducation (e.g., Dynamique Naturelle de la Parole, Méthode Verbo Tonale, Thérapie Mélodie et Rythmée), mais pour autant il n'existe pas encore de protocoles purement dédiés aux capacités rythmiques et scientifiquement validés. Certaines études récentes proposent des protocoles, sous la forme de jeux ou même à travers la danse, visant à développer ces capacités rythmiques et les résultats sont encourageants même si ces travaux demandent à être poursuivis pour être validés scientifiquement (Bégel et al., 2018; Cherriere et al., 2020; Lloret, 2019).

6. Conclusion

L'objectif de notre recherche était d'évaluer le développement des capacités rythmiques chez les adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère (DIL) idiopathique à travers des tâches de perception et de production rythmiques. Pour répondre à cette question nous avons analysé les données de 106 participants avec DIL et des tout-venant de même âge chronologique, soit de 11 à 21 ans. La première tâche de notre protocole consistait à discriminer des rythmes et la seconde à produire du rythme de façon spontanée puis enfin à se synchroniser à un métronome que le participant devait ensuite garder en mémoire pour continuer à le reproduire (Guyot, 2020). L'originalité de ce protocole est que le participant devait se synchroniser en modalité audio-tactile, audio-vocale puis double. De plus, lors de la tâche de synchronisation/continuation, le participant devait faire varier son tempo interne en le ralentissant ou l'accéléralant.

Nos résultats ont révélé des performances moindres chez les adolescents avec DIL en discrimination et en synchronisation / continuation. Nous n'avons pas observé d'amélioration de ces performances avec l'âge. Pour autant nous retenons plusieurs résultats intéressants. D'une part, cette étude a permis de mettre en avant que les adolescents avec DIL ont des difficultés pour discriminer des rythmes qui s'ajoutent à leurs difficultés pour discriminer des durées (Rattat & Collié, 2020). Ceci permet ainsi de mieux caractériser les difficultés temporelles de cette population. De plus, nous avons noté une très grande rapidité du tempo interne chez les adolescents DIL et ce quel que soit l'âge. En comparant aux études développementales, ce tempo interne rapide se rapproche de celui des jeunes enfants. Un autre résultat à retenir est que, malgré leur rapidité, les DIL peuvent modifier leur rythme interne pour s'adapter à un rythme externe. Pour autant, ils demeurent très variables et irréguliers dans leur production et présentent plus de difficulté à ralentir leur tempo qu'à l'accéléraler.

En fin de compte, ces résultats nous ont questionné quant aux composantes cognitives (i.e., niveau exécutif, mnésique) et motrices (i.e., dextérité fine) impliquées dans ces tâches, notamment l'inhibition motrice qui ne semble pas encore mature chez la population DIL. Des études ultérieures pourraient prendre en compte ces paramètres pour les intégrer dans l'analyse des difficultés temporelles des personnes porteuses d'une DIL.

Enfin, cette étude menée depuis deux ans (cf Guyot, 2020) met en lumière le rôle majeur du rythme au sein de nos activités motrices, langagières, cognitives et interactionnelles. Du fait de sa transversalité dans la cognition humaine, le rythme pourrait devenir un outil thérapeutique transdisciplinaire. C'est pourquoi mener des recherches en impliquant les différentes professions qui gravitent autour de ces adolescents sur les approches thérapeutiques s'appuyant sur le rythme semble être un élément majeur pour l'amélioration de la qualité de nos soins, c'est tout l'enjeu qui réside dans le pont entre clinique et recherche.

7. Bibliographie

- Adda Joint, M. (2019). *Développement de l'estimation des durées chez les jeunes porteurs de déficience intellectuelle légère idiopathique* [Mémoire d'orthophonie]. Toulouse.
- Astésano, C. (2001), *Rythme et accentuation en Français : invariance et variabilité stylistique* , Paris : L'Harmattan.
- Bégel, V., Seilles, A., & Dalla Bella, S. (2018). Rhythm Workers : A music-based serious game for training rhythm skills. *Music & Science, 1*, <https://doi.org/10.1177/2059204318794369>
- Bertelli, M. O., Munir, K., Harris, J., & Salvador-Carulla, L. (2016). "Intellectual developmental disorders": Reflections on the international consensus document for redefining "mental retardation-intellectual disability" in ICD-11. *Advances in mental health and intellectual disabilities, 10*(1), 36-58. <https://doi.org/10.1108/AMHID-10-2015-0050>
- Bhida, A., Power, A., & Goswami, U. (2013). A Rhythmic Musical Intervention for Poor Readers : A Comparison of Efficacy With a Letter-Based Intervention. *Mind, Brain, and Education, 7*(2), 113-123. <https://doi.org/10.1111/mbe.12016>
- Billières, M. (2005). Les pratiques du verbo-tonal : Retour aux sources. In *Linguistique de la parole et apprentissage des langues. Questions autour de la méthode verbo-tonale de P.Guberina*. (In BERRE, p. 67-87).
- Bobin-Bègue, A. (2019). Rhythm in early development. In *Early interaction and developmental psychopathology: Vol. 1 : infancy* (p. 55-86).
- Bobin-Bègue, A. (2020). Le tempo, fondement des compétences musicales et support du développement sociocognitif. *Enfance, N°5*(1), 109. <https://doi.org/10.3917/enf2.201.0109>
- Bolduc, J., & Rondeau, J. (2015). Rythmons les apprentissages ! *Langage et pratiques, 56*, 15-22.
- Bonacina, S., Krizman, J., White-Schwoch, T., Nicol, T., & Kraus, N. (2019). How Rhythmic Skills Relate and Develop in School-Age Children. *Global Pediatric Health, 6*. <https://doi.org/10.1177/2333794X19852045>
- Bonacina, S., Krizman, J., White-Schwoch, T., Nicol, T., & Kraus, N. (2020). Distinct rhythmic abilities align with phonological awareness and rapid naming in school-age children. *Cognitive Processing*. <https://doi.org/10.1007/s10339-020-00984-6>
- Boysson-Bardiès, B. (1996). *Comment la parole vient aux enfants ?* Odile Jacob Editions.
- Brown, S., Pfordresher, P. Q., & Chow, I. (2017). A musical model of speech rhythm. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain, 27*(2), 95-112. <https://doi.org/10.1037/pmu0000175>
- Büchel, F., & Hessels-Schlatter, C. (2001). Apprentissages cognitifs. In *Manuel de psychologie des handicaps : Sémiologie et principes de remédiation* (p. 49-80).

- Bussy, G. (2014). Déficients intellectuels : Comment les aider au quotidien ? *Bulletin d'information du CREAI Bourgogne*, 338.
- Carroll Chapman, S. L., & Wu, L.-T. (2012). Substance abuse among individuals with intellectual disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 33(4), 1147-1156. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.02.009>
- Carulla, L. S., Reed, G. M., Vaez-Azizi, L. M., Cooper, S.-A., Leal, R. M., Bertelli, M., Adnams, C., Cooray, S., Deb, S., Dirani, L. A., Girimaji, S. C., Katz, G., Kwok, H., Luckasson, R., Simeonsson, R., Walsh, C., Munir, K., & Saxena, S. (2011). Intellectual developmental disorders : Towards a new name, definition and framework for “mental retardation/intellectual disability” in ICD-11. *World Psychiatry*, 10(3), 175-180. <https://doi.org/10.1002/j.2051-5545.2011.tb00045.x>
- Castro-Meneses, L. J., & Sowman, P. F. (2018). Stop signals delay synchrony more for finger tapping than vocalization : A dual modality study of rhythmic synchronization in the stop signal task. *PeerJ*, 6, e5242. <https://doi.org/10.7717/peerj.5242>
- Charpentier, L. (2013). *Création d'un matériel rythmique pour améliorer l'intelligibilité de la parole chez l'enfant déficient auditif. Un complément au rythme musical de la méthode verbo-tonale.* Université Lille 2.
- Cherriere, C., Martel, M., Sarrasin, A., Ballaz, L., Tallet, J., & Lemay, M. (2020). Benefits of a Dance Intervention on Balance in Adolescents with Cerebral Palsy. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, 40(5), 518-533. <https://doi.org/10.1080/01942638.2020.1720053>
- Ciccone, A. (2015). Rôle de la rythmicité dans le développement du bébé. *L'Encéphale*, 41(4), S15-S21. [https://doi.org/10.1016/S0013-7006\(15\)30002-6](https://doi.org/10.1016/S0013-7006(15)30002-6)
- Cochen De Cock, V., de Verbizier, D., Picot, M. C., Damm, L., Abril, B., Galtier, F., Driss, V., Lebrun, C., Pageot, N., Giordano, A., Gonzalez, C., Homeyer, P., Carlander, B., Castelnovo, G., Geny, C., Bardy, B., & Dalla Bella, S. (2020). Rhythm disturbances as a potential early marker of Parkinson's disease in idiopathic REM sleep behavior disorder. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, 7(3), 280-287. <https://doi.org/10.1002/acn3.50982>
- Coppens-Hofman, M. C., Terband, H., Snik, A. F. M., & Maassen, B. A. M. (2016). Speech Characteristics and Intelligibility in Adults with Mild and Moderate Intellectual Disabilities. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 68(4), 175-182. <https://doi.org/10.1159/000450548>
- Corriveau, K. H., & Goswami, U. (2009). Rhythmic motor entrainment in children with speech and language impairments : Tapping to the beat. *Cortex*, 45(1), 119-130.
- Côté, V., Couture, C., & Lippé, S. (2017). Fonctionnement de l'enfant qui présente une déficience intellectuelle et pistes d'intervention. *Revue québécoise de psychologie*, 37(2), 121-140. <https://doi.org/10.7202/1040040ar>

- Dalla Bella, S., Farrugia, N., Benoit, C.-E., Begel, V., Verga, L., Harding, E., & Kotz, S. A. (2017). BAASTA : Battery for the Assessment of Auditory Sensorimotor and Timing Abilities. *Behavior Research Methods*, 49(3), 1128-1145. <https://doi.org/10.3758/s13428-016-0773-6>
- David, D., Wade-Woodley, L., R. Kirby, J., & Smithrim, K. (2007). Rhythm and reading development in school-age children : A longitudinal study. *Journal of Research in Reading, ISSN 0141-042, Volume 30, Issue 2*, pp 169-183. <https://doi.org/DOI: 10.1111/j.1467-9817.2006.00323.x>
- David, M., Billette de Villemeur, A., Devillard, F., Dieterich, K., Jouk, P.-S., Prado, C., Descotes, A., Guillon, J.-L., Counillon, J., Bloch, J., & Cans, C. (2015). Parcours scolaire et prise en charge médico-éducative des enfants avec déficience intellectuelle légère. *Archives de Pédiatrie*, 22(3), 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2014.12.006>
- David, M., Dieterich, K., Billette de Villemeur, A., Jouk, P.-S., Counillon, J., Larroque, B., Bloch, J., & Cans, C. (2014). Prevalence and characteristics of children with mild intellectual disability in a French county : Prevalence of child mild intellectual disability. *Journal of Intellectual Disability Research*, 58(7), 591-602. <https://doi.org/10.1111/jir.12057>
- de Castelnau, P., Albaret, J.-M., Chaix, Y., & Zanone, P.-G. (2007). Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Human Movement Science*, 26(3), 477-490. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2007.03.001>
- Di Cristo, A. (2003). De la métrique et du rythme de la parole ordinaire : L'exemple du français. *Semen. Revue de sémio-linguistique des textes et discours*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.4000/semen.2944>
- Drake, C., & Baruch, C. (1995). De la mesure de la sensibilité temporelle aux modèles d'organisation temporelle : Hypothèses et données sur l'acquisition des capacités temporelles auditives. *L'année psychologique*, 95(4), 555-569. <https://doi.org/10.3406/psy.1995.28855>
- Drake, C., Jones, M. R., & Baruch, C. (2000). The development of rhythmic attending in auditory sequences : Attunement, referent period, focal attending. *Cognition*, 77(3), 251-288. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(00\)00106-2](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(00)00106-2)
- Droit-Volet, S. (2001). Les différentes facettes du temps. *Enfances Psy*, no13(1), 26-40.
- Droit-Volet, S. (2019). L'ère des temps psychologiques. *Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science, Journal of Interdisciplinary Methodologies and Issues in Science, 2019, Actes du colloque interdisciplinaire l'Ere du Temps, The Time Era*, 7, pp.9-16. <https://doi.org/10.18713/JIMIS-160419-7-8>
- Eeckhout, P. V. (2010). *Thérapie Mélodique et Rhythmée. Aphasie et domaines associés*, pp81-87

- Emerson, E. (2012). Deprivation, ethnicity and the prevalence of intellectual and developmental disabilities. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 66(3), 218-224. <https://doi.org/10.1136/jech.2010.111773>
- Fraisse, P. (1948). Rythmes auditifs et rythmes visuels. *L'Année psychologique*, 49(1), 21-42. <https://doi.org/10.3406/psy.1948.8352>
- Fraisse, P. (1974). *Psychologie du rythme*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Fraisse, P., Pichot, P., & Clairouin, G. (1949). Les aptitudes rythmiques : Étude comparée des oligophrènes et des enfants normaux. *Journal de psychologie normale et pathologie*, 42, 309-330.
- Fumex, G., & Ferte, C. (2011). Dynamique Naturelle de la Parole (DNP) et rythme du langage. *Dynamique Naturelle de la Parole (DNP) et rythme du langage*, 49(246), 219-234.
- Gérard, C., & Rosenfeld, M. (1995). Pratique musicale et régulations temporelles. *L'Année psychologique*, 95(4), 571-591. <https://doi.org/10.3406/psy.1995.28856>
- Giesbers, S. A. H., Hendriks, L., Jahoda, A., Hastings, R. P., & Embregts, P. J. C. M. (2019). Living with support : Experiences of people with mild intellectual disability. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 32(2), 446-456. <https://doi.org/10.1111/jar.12542>
- Giraud, A.-L. (2008). Rythmes corticaux endogènes et spécialisation fonctionnelle du langage. *médecine/sciences*, 24(12), 1061-1064. <https://doi.org/10.1051/medsci/200824121061>
- Goswami, U. (2016). *Rhythmic perception, music and language in children with SLI*. The Nuffield Foundation — Centre for Neuroscience in Education [Specialty]. <https://www.cne.psychol.cam.ac.uk/people/themes/nuffield>
- Grinblat, N., & Rosenblum, S. (2016). Why are they late? Timing abilities and executive control among students with learning disabilities. *Research in Developmental Disabilities*, 59, 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.07.012>
- Guidetti, M., & Tourette, C. (2018). *Handicaps et développement psychologique de l'enfant* (4ème édition entièrement revue et argumentée). Malakoff : Dunod.
- Guyot, L. (2020). *Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficiences intellectuelle légère*. Université Paul Sabatier. Faculté des sciences médicales Rangueil.
- Hessels, M., & Gassner, M. (2010). L'étude des processus cognitifs chez les personnes avec déficience intellectuelle : La remise en question de la validité de l'appariement de groupes selon l'âge mental. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 16, 37-42.
- Holzer, L., Halfon, O., & Thoua, V. (2011). Adolescent brain maturation. *Archives de Pédiatrie*, 18(5), 579-588.

- Hronis, A., Roberts, L., & Kneebone, I. I. (2017). A review of cognitive impairments in children with intellectual disabilities: Implications for cognitive behaviour therapy. *British Journal of Clinical Psychology*, 56(2), 189-207. <https://doi.org/10.1111/bjc.12133>
- INSERM. (2016). *Déficiences intellectuelles*. 1145.
- Ke, X., & Liu, J. (2012). Intellectual disability. . . In Rey JM (ed), *IACAPAP e-Textbook of Child and Adolescent Mental Health*. (édition en français; Cohen D, ed.) Geneva: International Association for Child and Adolescent Psychiatry and Allied Profession, 28.
- Kotz, S., Ravignani, A., & Fitch, W. T. (2018). The Evolution of Rhythm Processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(10), 896-910. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.08.002>
- LaGasse, A. B., & Hardy, M. W. (2013). Rhythm, movement, and autism: Using rhythmic rehabilitation research as a model for autism. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnint.2013.00019>
- Lambert, T. (2018). *Evaluation de la notion de durée chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère* [Mémoire d'orthophonie]. Toulouse.
- Lecanuet, J.-P., & Schaal, B. (2002). Sensory performances in the human foetus: A brief summary of research. *Intellectica. Revue de l'Association Pour La Recherche Cognitive*, 34(1), 29-56. <https://doi.org/10.3406/intel.2002.1072>
- Léger, A. (2016). *Perception et appropriation du temps dans la déficience intellectuelle: Proposition d'un outil d'évaluation* [Mémoire d'orthophonie]. Paris.
- Leonard, H., Glasson, E., Nassar, N., Whitehouse, A., Bebbington, A., Bourke, J., Jacoby, P., Dixon, G., Malacova, E., Bower, C., & Stanley, F. (2011). Autism and Intellectual Disability Are Differentially Related to Sociodemographic Background at Birth. *PLoS ONE*, 6(3), e17875. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017875>
- Lloret, E. (2019). *Effet d'un entraînement rythmique auditivo-moteur sur le trouble phonologique d'enfants porteurs d'un Trouble Développementale du Langage*. Claude Bernard, Lyon 1.
- Lorås, H., Stensdotter, A.-K., Öhberg, F., & Sigmundsson, H. (2013). Individual Differences in Motor Timing and Its Relation to Cognitive and Fine Motor Skills. *PLoS ONE*, 8(7), e69353. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069353>
- Makdessi, Y. (2013). *L'accueil des enfants handicapés dans les établissements et services médico-sociaux en 2010*.
- Manning, F., & Schutz, M. (2013). "Moving to the beat" improves timing perception. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6), 1133-1139. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0439-7>
- Marrus, N., & Hall, L. (2017). Intellectual Disability and Language Disorder. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 26(3), 539-554. <https://doi.org/10.1016/j.chc.2017.03.001>

- Martin, E., Blais, M., Albaret, J.-M., Pariente, J., & Tallet, J. (2017). Alteration of rhythmic unimanual tapping and anti-phase bimanual coordination in Alzheimer's disease : A sign of inter-hemispheric disconnection? *Human Movement Science*, *55*, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.07.007>
- Minguez, A., & Milh, M. (2018). Étude du fonctionnement adaptatif d'adultes présentant une déficience intellectuelle : Rôles des apprentissages réalisés dans l'enfance, de l'âge et du quotient intellectuel ; étude préliminaire observationnelle de 16 adultes. *Archives de Pédiatrie*, *25*(3), 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2018.02.002>
- Monier, F., & Droit-Volet, S. (2019). Development of sensorimotor synchronization abilities : Motor and cognitive components. *Child Neuropsychology*, *25*(8), 1043-1062. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1569607>
- Owen, A. L., & Wilson, R. R. (2006). Unlocking the riddle of time in learning disability. *Journal of Intellectual Disabilities*, *10*(1), 9-17. <https://doi.org/10.1177/1744629506062269>
- Patel, D. R., Apple, R., Kanungo, S., & Akkal, A. (2018). Intellectual disability : Definitions, evaluation and principles of treatment. *Pediatric Medicine*, *1*(0), Article 0. <https://doi.org/10.21037/pm.2018.12.02>
- Patel, D. R., Cabral, M. D., Ho, A., & Merrick, J. (2020). A clinical primer on intellectual disability. *Translational Pediatrics*, *9*(Suppl 1), S23-S35. <https://doi.org/10.21037/tp.2020.02.02>
- Penney, T. B., & Tourret, S. (2005). Les effets de la modalité sensorielle sur la perception du temps. *Psychologie Française*, *50*(1), 131-143. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2004.10.011>
- Provasi, J. (2015). Comment le rythme vient aux bébés? *Spirale*, *N° 76*(4), 50. <https://doi.org/10.3917/spi.076.0050>
- Provasi, J., Anderson, D. I., & Barbu-Roth, M. (2014). Rhythm perception, production, and synchronization during the perinatal period. *Frontiers in Psychology*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01048>
- Provasi, J., & Bobin-Bègue, A. (2003). Spontaneous motor tempo and rhythmical synchronisation in 2½- and 4-year-old children. *International Journal of Behavioral Development*, *27*(3), 220-231. <https://doi.org/10.1080/01650250244000290>
- Provasi, J., & Bobin-Bègue, A. (2008). Régulation rythmique avant 4 ans : Effet d'un tempo auditif sur le tempo moteur. *L'Année psychologique*, *108*(4), 631-658.
- Provasi, J., Doyère, V., Zélanti, P. S., Kieffer, V., Perdry, H., El Massioui, N., Brown, B. L., Dellatolas, G., Grill, J., & Droit-Volet, S. (2014). Disrupted sensorimotor synchronization, but intact rhythm discrimination, in children treated for a cerebellar medulloblastoma. *Research in Developmental Disabilities*, *35*(9), 2053-2068. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.04.024>

- Puyjarinet, F., Bégel, V., & Dalla Bella, S. (2017). *Déficits temporels et rythmiques dans le TDA/H*.
- Ramus, F. (1999). *La discrimination des langues par la prosodie : Modélisation linguistique et études comportementales*. In F. Pellegrino (Ed.), *De la caractérisation à l'identification des langues, Actes de la 1ère journée d'étude sur l'identification automatique des langues*, Lyon, 19/01/1999 (pp. 186-201). Lyon : Editions de l'Institut des Sciences de l'Homme
- Rattat, A.-C., & Collié, I. (2020). Duration judgments in children and adolescents with and without mild intellectual disability. *Heliyon*, *6*(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05514>
- Repp, B. H., & Su, Y.-H. (2013). Sensorimotor synchronization : A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin & Review*, *20*(3), 403–452. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0371-2>
- Salbreux, R., & Misès, R. (2005). La notion de déficience intellectuelle et ses applications pratiques. *Contraste*, *22-23*(1), 23. <https://doi.org/10.3917/cont.022.0023>
- Sowiński, J., & Dalla Bella, S. (2013). Poor synchronization to the beat may result from deficient auditory-motor mapping. *Neuropsychologia*, *51*(10), 1952–1963. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.027>
- Stambak, M. (1951). Le problème du rythme dans le développement de l'enfant et dans les dyslexies d'évolution. *Enfance*, *4*(5), 480–502. <https://doi.org/10.3406/enfan.1951.1202>
- Tartas, V. (2010). Le développement de notions temporelles par l'enfant. *Developpements*, *n° 4*(1), 17–26.
- Tierney, A., & Kraus, N. (2015). Evidence for Multiple Rhythmic Skills. *PloS One*, *10*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136645>
- Tierney, A. T., & Kraus, N. (2013). The ability to tap to a beat relates to cognitive, linguistic, and perceptual skills. *Brain and Language*, *124*(3), 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.12.014>
- Tordjman, S. (2015). Représentations et perceptions du temps. *L'Encéphale*, *41*(4), S1–S14. [https://doi.org/10.1016/S0013-7006\(15\)30001-4](https://doi.org/10.1016/S0013-7006(15)30001-4)
- Woodruff Carr, K., White-Schwoch, T., Tierney, A. T., Strait, D. L., & Kraus, N. (2014). Beat synchronization predicts neural speech encoding and reading readiness in preschoolers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(40), 14559–14564. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406219111>
- Xue, G., Aron, A. R., & Poldrack, R. A. (2008). Common Neural Substrates for Inhibition of Spoken and Manual Responses. *Cerebral Cortex*, *18*(8), 1923–1932. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm220>

Zagaria, T., Antonucci, G., Buono, S., Recupero, M., & Zoccolotti, P. (2021). Executive Functions and Attention Processes in Adolescents and Young Adults with Intellectual Disability. *Brain Sciences*, *11*(1). <https://doi.org/10.3390/brainsci11010042>

Annexe 1 : Demande d'autorisation de réalisation d'une étude direction ESMS



Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de mémoires d'étudiants en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Les étudiantes concernées par le projet sont Émilie Trayssac (étudiante en 5ème année) et Julie Garcès (étudiante en 4ème année).

Titre du projet : Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Anne-Claire RATTAT (Maître de conférences)

- Mail : anne-claire.rattat@univ-jfc.fr
- Téléphone : 05.63.48.17.05

Affiliation : Laboratoire Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, ALBI, France

Lieu de recherche :

Partenariat : Le centre de formation en orthophonie de l'Université de Toulouse Paul Sabatier.

Contexte et but du projet de recherche : Percevoir et produire du rythme est essentiel pour s'adapter à son environnement et interagir avec autrui. Si l'on dispose désormais de connaissances sur le développement de la compétence rythmique chez l'enfant « typique », on ne connaît que très peu la manière dont celle-ci se développe chez les enfants porteurs de déficience intellectuelle (sans autre trouble associé). Or, sur le terrain, un constat s'impose : les personnes porteuses de déficience intellectuelle présentent des difficultés au niveau temporel, notamment rythmique, et les équipes de soin se disent bien souvent démunies face à cela, autant dans la manière de le prendre en charge que dans l'accompagnement de cette difficulté sur le plan de l'équipe pluridisciplinaire, du soutien à apporter à la famille et de l'information à véhiculer aux enseignants sur les possibles impacts d'un tel trouble.

C'est pourquoi l'objectif de notre recherche est de spécifier les difficultés temporelles, et plus spécifiquement celles liées au rythme, rencontrées par les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, ceci en comparaison à des enfants et adolescents tout-venant appariés sur l'âge chronologique.

Ce qui va se passer au sein de votre établissement (méthodologie) : Dans un premier temps, nous sélectionnerons les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, sur la base de leur performance à un test d'efficacité intellectuelle (la version courte du Wechsler Non Verbal – WNV). Parmi ces enfants, nous intégrerons à notre étude uniquement ceux âgés de 10 à 20 ans, ne présentant aucun trouble associé diagnostiqué de type TSA, T21, trouble psycho-comportementaux, etc.

Ensuite, ceux dont les parents auront préalablement donné leur autorisation seront pris individuellement dans un endroit calme, pendant une période qui ne dérangera pas le bon fonctionnement de l'institut, pour effectuer 2 tâches de perception et production de rythmes. La session expérimentale durera environ 30 mn par enfant. A titre d'exemple, il devra comparer des rythmes entendus et dire s'ils sont identiques ou différents, puis frapper sur un clavier simultanément aux sons entendus.

Deux étudiantes de 4e et 5e année d'orthophonie à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Julie Garcès et Émilie Trayssac) seront en charge des passations des tâches rythmiques.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps : Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pourrez vous en retirer à n'importe quel moment de son déroulement, quel qu'en soit le motif, et demander que vos données soient détruites. Votre refus de participer ou de vous retirer de l'étude, en aucun cas, ne vous sera préjudiciable.

Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée : Cette recherche va générer un certain nombre de données à propos des enfants/adolescents fréquentant votre établissement. Les données obtenues seront traitées avec la plus grande confidentialité. Les résultats au test de calcul du QI non-verbal (format papier) seront stockés uniquement au sein de votre IME dans les dossiers personnels de chacun. Ensuite, une fois les groupes constitués, il n'y aura pas de moyen de reconnaître l'identité d'un participant lors de la présentation des résultats dans un colloque ou dans des revues scientifiques. Les résultats de chacun resteront anonymes et les traitements statistiques seront réalisés sur des données de groupe. De plus, les données concernant les épreuves temporelles seront gardées dans un endroit sécurisé au laboratoire SCoTE de l'INU Champollion d'Albi et seuls le responsable scientifique et les partenaires du projet y auront accès.

Bénéfices : Cette étude va permettre d'avoir une meilleure connaissance des difficultés rencontrées par les personnes porteuses de déficience intellectuelle légère en ce qui concerne la perception et la production du rythme. Cela devrait avoir une incidence sur leur prise en charge, leur accompagnement, au sein de structures tels que les Instituts Médico-Educatifs (IME). En effet, approfondir les connaissances sur le développement des notions temporelles (ici le rythme) chez les personnes porteuses de déficience intellectuelle constitue un préalable pour permettre à terme de mieux adapter le dépistage, l'évaluation et la prise en charge de ces personnes.

Risques possibles : A notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque tant sur le plan physiologique, psychologique, social, ou légal.

Diffusion : Les résultats de cette étude seront rendus publics dans le mémoire mentionné précédemment en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. De plus, ces résultats pourront également être diffusés dans des colloques et/ou publications dans des revues scientifiques. Aucune donnée individuelle ou permettant de connaître l'identité d'un participant ne sera présentée.

Vos droits de poser des questions en tout temps : Vous pouvez poser des questions au sujet de l'étude à tout moment en contactant la responsable scientifique du projet par mail (anne-claire.rattat@univ-jfc.fr) ou l'étudiante en charge des passations, Emilie Trayssac, par mail (emilie.trayssac@gmail.com) ou téléphone (06.81.94.51.68).

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus ; j'accepte de plein gré que mon établissement participe à cette recherche.

Nom de l'établissement :

Nom - Prénom :

Date :

Signature :

Cachet de l'établissement :

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

Annexe 2 : Formulaire de consentement éclairé (parents d'enfants pris en charge en ESMS)



Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de mémoires d'étudiants en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Les étudiantes concernées par le projet sont Émilie Trayssac (étudiante en 5ème année) et Julie Garcès (étudiante en 4ème année).

Titre du projet : Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Anne-Claire RATTAT (Maître de conférences)

- Mail : anne-claire.rattat@univ-jfc.fr
- Téléphone : 05.63.48.17.05

Affiliation : Laboratoire Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, ALBI, France

Lieu de recherche :

Partenariat : Le centre de formation en orthophonie de l'Université de Toulouse Paul Sabatier.

Contexte et but du projet de recherche : Percevoir et produire du rythme est essentiel pour s'adapter à son environnement et interagir avec autrui. Si l'on dispose désormais de connaissances sur le développement de la compétence rythmique chez l'enfant « typique », on ne connaît que très peu la manière dont celle-ci se développe chez les enfants porteurs de déficience intellectuelle (sans autre trouble associé). Or, sur le terrain, un constat s'impose : les personnes porteuses de déficience intellectuelle présentent des difficultés au niveau temporel, notamment rythmique, et les équipes de soin se disent bien souvent démunies face à cela, autant dans la manière de le prendre en charge que dans l'accompagnement de cette difficulté sur le plan de l'équipe pluridisciplinaire, du soutien à apporter à la famille et de l'information à véhiculer aux enseignants sur les possibles impacts d'un tel trouble.

C'est pourquoi l'objectif de notre recherche est de spécifier les difficultés temporelles, et plus spécifiquement celles liées au rythme, rencontrées par les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, ceci en comparaison à des enfants et adolescents tout-venant appariés sur l'âge chronologique.

Ce qui va se passer pour votre enfant (méthodologie) : Si vous acceptez que votre enfant participe à notre recherche, il sera pris individuellement dans un endroit calme de la structure, pendant une période qui ne dérangera pas le bon fonctionnement de son emploi du temps, pour effectuer 2 tâches de perception et production de rythmes sur ordinateur. La session durera environ 30 mn. A titre d'exemple, il devra comparer des rythmes entendus et dire s'ils sont identiques ou différents, puis frapper sur un clavier simultanément aux sons entendus.

Deux étudiantes de 4e et 5e année d'orthophonie à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Julie Garcès et Émilie Trayssac) seront en charge des passations des tâches rythmiques.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps : Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pourrez vous en retirer à n'importe quel moment de son déroulement, quel qu'en soit le motif, et

demander que vos données soient détruites. Votre refus de participer ou de vous retirer de l'étude, en aucun cas, ne vous sera préjudiciable.

Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée : Les données obtenues seront traitées avec la plus entière confidentialité. Les résultats de votre enfant resteront anonymes. Néanmoins, afin de sélectionner au sein de l'IME des enfants et adolescents porteurs d'une déficience légère, le responsable scientifique et les partenaires du projet auront nécessairement accès à une information personnelle concernant votre enfant, à savoir son niveau intellectuel. Par ailleurs, les traitements statistiques seront réalisés sur des données de groupe. Et enfin, les données seront gardées dans un endroit sécurisé au laboratoire SCoTE de l'INU Champollion d'Albi et seuls le responsable scientifique et les partenaires du projet y auront accès.

Bénéfices : Cette étude va permettre d'avoir une meilleure connaissance des difficultés rencontrées par les personnes porteuses de déficience intellectuelle légère en ce qui concerne la perception et la production du rythme. Cela devrait avoir une incidence sur leur prise en charge, leur accompagnement, au sein de structures tels que les Instituts Médico-Educatifs (IME). En effet, approfondir les connaissances sur le développement des notions temporelles (ici le rythme) chez les personnes porteuses de déficience intellectuelle constitue un préalable pour permettre à terme de mieux adapter le dépistage, l'évaluation et la prise en charge de ces personnes.

Risques possibles : A notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque tant sur le plan physiologique, psychologique, social, ou légal.

Diffusion : Les résultats de cette étude seront rendus publics dans le mémoire mentionné précédemment en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. De plus, ces résultats pourront également être diffusés dans des colloques et/ou publications dans des revues scientifiques. Aucune donnée individuelle ou permettant de connaître l'identité d'un participant ne sera présentée.

Vos droits de poser des questions en tout temps : Vous pouvez poser des questions au sujet de l'étude à tout moment en contactant la responsable scientifique du projet par mail (anne-claire.rattat@univ-jfc.fr) ou l'étudiante en charge des passations, Emilie Trayssac, par mail (emilie.trayssac@gmail.com) ou téléphone (06.81.94.51.68).

Afin de garantir la qualité scientifique de l'étude, je consens à ce que son responsable scientifique et ses partenaires aient accès à une information personnelle concernant mon enfant, à savoir son niveau d'effcience intellectuelle.

Nom - Prénom du parent :

Nom - Prénom de l'enfant :

Date :

Signature du parent :

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré que mon enfant participe à cette recherche.

Nom – Prénom du parent :

Nom – Prénom de l'enfant :

Date :

Signature du parent :

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

Annexe 3 : Formulaire de consentement éclairé (participants majeurs pris en charge en ESMS)



Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de mémoires d'étudiants en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Les étudiantes concernées par le projet sont Émilie Trayssac (étudiante en 5ème année) et Julie Garcès (étudiante en 4ème année).

Titre du projet : Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Anne-Claire RATTAT (Maître de conférences)

- Mail : anne-claire.rattat@univ-jfc.fr
- Téléphone : 05.63.48.17.05

Affiliation : Laboratoire Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, ALBI, France

Lieu de recherche :

Partenariat : Le centre de formation en orthophonie de l'Université de Toulouse Paul Sabatier.

Contexte et but du projet de recherche : Percevoir et produire du rythme est essentiel pour s'adapter à son environnement et interagir avec autrui. Si l'on dispose désormais de connaissances sur le développement de la compétence rythmique chez l'enfant « typique », on ne connaît que très peu la manière dont celle-ci se développe chez les enfants porteurs de déficience intellectuelle (sans autre trouble associé). Or, sur le terrain, un constat s'impose : les personnes porteuses de déficience intellectuelle présentent des difficultés au niveau temporel, notamment rythmique, et les équipes de soin se disent bien souvent démunies face à cela, autant dans la manière de le prendre en charge que dans l'accompagnement de cette difficulté sur le plan de l'équipe pluridisciplinaire, du soutien à apporter à la famille et de l'information à véhiculer aux enseignants sur les possibles impacts d'un tel trouble.

C'est pourquoi l'objectif de notre recherche est de spécifier les difficultés temporelles, et plus spécifiquement celles liées au rythme, rencontrées par les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, ceci en comparaison à des enfants et adolescents tout-venant appariés sur l'âge chronologique.

Ce qui va se passer pour vous en tant que participant : Si vous acceptez de participer à notre recherche, nous vous demanderons de venir individuellement dans un endroit calme, pendant une période qui ne dérangera pas le bon fonctionnement de l'institut, pour effectuer 2 tâches de perception et production de rythmes sur ordinateur. La session durera entre 30 et 40 mn. A titre d'exemple, vous devrez comparer des rythmes entendus et dire s'ils sont identiques ou différents, puis frapper sur un clavier simultanément aux sons entendus.

Deux étudiantes de 4e et 5e année d'orthophonie à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Julie Garcès et Émilie Trayssac) seront en charge des passations des tâches rythmiques.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps : Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pourrez vous en retirer à n'importe quel moment de son déroulement, quel qu'en soit le motif, et demander que vos données soient détruites. Votre refus de participer ou de vous retirer de l'étude, en aucun cas, ne vous sera préjudiciable.

Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée : Les données obtenues seront traitées avec la plus entière confidentialité. Vos résultats resteront anonymes. Néanmoins, afin de sélectionner au sein de l'IME des

enfants et adolescents porteurs d'une déficience légère, le responsable scientifique et les partenaires du projet auront nécessairement accès à une information personnelle vous concernant, à savoir votre niveau intellectuel. Par ailleurs, les traitements statistiques seront réalisés sur des données de groupe. Et enfin, les données seront gardées dans un endroit sécurisé au laboratoire SCoTE de l'INU Champollion d'Albi et seuls le responsable scientifique et les partenaires du projet y auront accès.

Bénéfices : Cette étude va permettre d'avoir une meilleure connaissance des difficultés rencontrées par les personnes porteuses de déficience intellectuelle légère en ce qui concerne la perception et la production du rythme. Cela devrait avoir une incidence sur leur prise en charge, leur accompagnement, au sein de structures tels que les Instituts Médico-Educatifs (IME). En effet, approfondir les connaissances sur le développement des notions temporelles (ici le rythme) chez les personnes porteuses de déficience intellectuelle constitue un préalable pour permettre à terme de mieux adapter le dépistage, l'évaluation et la prise en charge de ces personnes.

Risques possibles : A notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque tant sur le plan physiologique, psychologique, social, ou légal.

Diffusion : Les résultats de cette étude seront rendus publics dans le mémoire mentionné précédemment en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. De plus, ces résultats pourront également être diffusés dans des colloques et/ou publications dans des revues scientifiques. Aucune donnée individuelle ou permettant de connaître l'identité d'un participant ne sera présentée.

Vos droits de poser des questions en tout temps : Vous pouvez poser des questions au sujet de l'étude en tout moment en communiquant avec le représentant du responsable scientifique du projet par courrier électronique (anne-claire.rattat@univ-jfc.fr) ou l'étudiante en charge des passations, Emilie Trayssac, par mail (emilie.trayssac@gmail.com) ou téléphone (06.81.94.51.68).

Afin de garantir la qualité scientifique de l'étude, je consens à ce que son responsable scientifique et ses partenaires aient accès à une information personnelle me concernant, à savoir mon niveau d'effcience intellectuelle.

Nom - Prénom :

Date :

Signature :

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré de participer à cette recherche.

Nom – Prénom :

Date :

Signature :

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

Annexe 4 : Demande d'autorisation de réalisation d'une étude (direction établissement scolaire)



Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de mémoires d'étudiants en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Les étudiantes concernées par le projet sont Émilie Trayssac (étudiante en 5ème année) et Julie Garcès (étudiante en 4ème année).

Titre du projet : Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Anne-Claire RATTAT (Maître de conférences)

- Mail : anne-claire.rattat@univ-jfc.fr
- Téléphone : 05.63.48.17.05

Affiliation : Laboratoire Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, ALBI, France

Lieu de recherche : Lycée Saint Étienne, Cahors

Partenariat : Le centre de formation en orthophonie de l'Université de Toulouse Paul Sabatier.

Contexte et but du projet de recherche : Percevoir et produire du rythme est essentiel pour s'adapter à son environnement et interagir avec autrui. Si l'on dispose désormais de connaissances sur le développement de la compétence rythmique chez l'enfant « typique », on ne connaît que très peu la manière dont celle-ci se développe chez les enfants porteurs de déficience intellectuelle (sans autre trouble associé). Or, sur le terrain, un constat s'impose : les personnes porteuses de déficience intellectuelle présentent des difficultés au niveau temporel, notamment rythmique, et les équipes de soin se disent bien souvent démunies face à cela, autant dans la manière de le prendre en charge que dans l'accompagnement de cette difficulté sur le plan de l'équipe pluridisciplinaire, du soutien à apporter à la famille et de l'information à véhiculer aux enseignants sur les possibles impacts d'un tel trouble.

C'est pourquoi l'objectif de notre recherche est de spécifier les difficultés temporelles, et plus spécifiquement celles liées au rythme, rencontrées par les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, ceci en comparaison à des enfants et adolescents tout-venant appariés sur l'âge chronologique.

Ce qui va se passer au sein de votre établissement (méthodologie) : Les élèves volontaires dont les parents auront préalablement donné leur autorisation seront pris individuellement dans un endroit calme, pendant une période qui ne dérangera pas le bon fonctionnement de la classe, pour effectuer 2 tâches rythmiques sur ordinateur d'une durée de 30mn environ. A titre d'exemple, ils devront comparer des rythmes entendus et dire s'ils sont identiques ou différents, puis frapper sur un clavier simultanément aux sons entendus.

Deux étudiantes de 4e et 5e année d'orthophonie à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Julie Garcès et Émilie Trayssac) seront en charge des passations des tâches rythmiques.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps : Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pourrez vous en retirer à n'importe quel moment de son déroulement, quel qu'en soit le motif, et demander que vos données soient détruites. Votre refus de participer ou de vous retirer de l'étude, en aucun cas, ne vous sera préjudiciable.

Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée : Cette recherche va générer un certain nombre de données à propos des enfants/adolescents fréquentant votre établissement. Les données obtenues seront traitées avec la plus grande confidentialité. Les résultats de chacun resteront anonymes. En effet, seul l'âge des élèves sera relevé. De plus, les données concernant les épreuves temporelles seront gardées dans un endroit sécurisé au laboratoire SCoTE de l'INU Champollion d'Albi et seuls le responsable scientifique et les partenaires du projet y auront accès.

Bénéfices : Cette étude va permettre d'avoir une meilleure connaissance des difficultés rencontrées par les personnes porteuses de déficience intellectuelle légère en ce qui concerne la perception et la production du rythme. Cela devrait avoir une incidence sur leur prise en charge, leur accompagnement, au sein de structures tels que les Instituts Médico-Educatifs (IME). En effet, approfondir les connaissances sur le développement des notions temporelles (ici le rythme) chez les personnes porteuses de déficience intellectuelle constitue un préalable pour permettre à terme de mieux adapter le dépistage, l'évaluation et la prise en charge de ces personnes.

Risques possibles : A notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque tant sur le plan physiologique, psychologique, social, ou légal.

Diffusion : Les résultats de cette étude seront rendus publics dans le mémoire mentionné précédemment en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. De plus, ces résultats pourront également être diffusés dans des colloques et/ou publications dans des revues scientifiques. Aucune donnée individuelle ou permettant de connaître l'identité d'un participant ne sera présentée.

Vos droits de poser des questions en tout temps : Vous pouvez poser des questions au sujet de l'étude en tout moment en communiquant avec le représentant du responsable scientifique du projet par courrier électronique (anne-claire.rattat@univ-jfc.fr) ou l'étudiante en charge des passations, Emilie Trayssac, par mail (emilie.trayssac@gmail.com) ou téléphone (06.81.94.51.68).

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré que mon établissement participe à cette recherche.

Nom de l'établissement :

Nom - Prénom :

Date :

Signature :

Cachet de l'établissement :

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

Annexe 5 : Formulaire de consentement éclairé (participants tout-venant majeurs)



Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de mémoires d'étudiants en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Les étudiantes concernées par le projet sont Émilie Trayssac (étudiante en 5ème année) et Julie Garcès (étudiante en 4ème année).

Titre du projet : Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Anne-Claire RATTAT (Maître de conférences)

- Mail : anne-claire.rattat@univ-jfc.fr
- Téléphone : 05.63.48.17.05

Affiliation : Laboratoire Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, ALBI, France

Lieu de recherche :

Partenariat : Le centre de formation en orthophonie de l'Université de Toulouse Paul Sabatier.

Contexte et but du projet de recherche : Percevoir et produire du rythme est essentiel pour s'adapter à son environnement et interagir avec autrui. Si l'on dispose désormais de connaissances sur le développement de la compétence rythmique chez l'enfant « typique », on ne connaît que très peu la manière dont celle-ci se développe chez les enfants porteurs de déficience intellectuelle (sans autre trouble associé). Or, sur le terrain, un constat s'impose : les personnes porteuses de déficience intellectuelle présentent des difficultés au niveau temporel, notamment rythmique, et les équipes de soin se disent bien souvent démunies face à cela, autant dans la manière de le prendre en charge que dans l'accompagnement de cette difficulté sur le plan de l'équipe pluridisciplinaire, du soutien à apporter à la famille et de l'information à véhiculer aux enseignants sur les possibles impacts d'un tel trouble.

C'est pourquoi l'objectif de notre recherche est de spécifier les difficultés temporelles, et plus spécifiquement celles liées au rythme, rencontrées par les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, ceci en comparaison à des enfants et adolescents tout-venant appariés sur l'âge chronologique.

Ce qui va se passer pour votre enfant (méthodologie) : Si vous acceptez de participer à notre recherche, il nous vous demanderons de venir dans un endroit calme pour effectuer 2 tâches de perception et production de rythmes sur ordinateur. La session durera entre 30mn environ. A titre d'exemple, vous devrez comparer des rythmes entendus et dire s'ils sont identiques ou différents, puis frapper sur un clavier simultanément aux sons entendus.

Deux étudiantes de 4e et 5e année d'orthophonie à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Julie Garcès et Émilie Trayssac) seront en charge des passations des tâches rythmiques.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps : Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pourrez vous en retirer à n'importe quel moment de son déroulement, quel qu'en soit le motif, et demander que vos données soient détruites. Votre refus de participer ou de vous retirer de l'étude, en aucun cas, ne vous sera préjudiciable.

Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée : Les données obtenues seront traitées avec la plus entière confidentialité. Les résultats de votre enfant resteront anonymes. En effet, seul son âge sera relevé. Par ailleurs, les traitements statistiques seront réalisés sur des données de groupe. Enfin, les données seront gardées dans un endroit sécurisé au laboratoire SCoTE de l'INU Champollion d'Albi et seuls le responsable scientifique et les partenaires du projet y auront accès.

Bénéfices : La comparaison du développement avec l'âge des mêmes capacités rythmiques chez des enfants tout-venant et chez des enfants porteurs de déficience intellectuelle devrait fournir des informations déterminantes pour notre compréhension des capacités rythmiques et de leur développement. Et par réciprocity, cela devrait également permettre d'accroître nos connaissances sur la déficience intellectuelle et ainsi fournir de précieuses pistes de réflexion aux professionnels, tant au niveau du dépistage et de l'évaluation que de la prise en charge de ces enfants-là.

Risques possibles : A notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque tant sur le plan physiologique, psychologique, social, ou légal.

Diffusion : Les résultats de cette étude seront rendus publics dans le mémoire mentionné précédemment en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. De plus, ces résultats pourront également être diffusés dans des colloques et/ou publications dans des revues scientifiques. Aucune donnée individuelle ou permettant de connaître l'identité d'un participant ne sera présentée.

Vos droits de poser des questions en tout temps : Vous pouvez poser des questions au sujet de l'étude en tout moment en communiquant avec le représentant du responsable scientifique du projet par courrier électronique (anne-claire.rattat@univ-jfc.fr) ou l'étudiante en charge des passations, Emilie Trayssac, par mail (emilie.trayssac@gmail.com) ou téléphone (06.81.94.51.68).

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré de participer à cette recherche.

Nom – Prénom

Date :

Signature :

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

Annexe 6 : Formulaire de consentement éclairé (parents d'élèves – établissement scolaire)



Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre de mémoires d'étudiants en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. Les étudiantes concernées par le projet sont Émilie Trayssac (étudiante en 5ème année) et Julie Garcès (étudiante en 4ème année).

Titre du projet : Le développement du rythme chez les enfants et adolescents porteurs de déficience intellectuelle légère

Chercheur titulaire responsable scientifique du projet : Anne-Claire RATTAT (Maître de conférences)

- Mail : anne-claire.rattat@univ-jfc.fr
- Téléphone : 05.63.48.17.05

Affiliation : Laboratoire Sciences de la Cognition, Technologie, Ergonomie (SCoTE) EA 7420, Université de Toulouse, INU Champollion, ALBI, France

Lieu de recherche : Lycée Saint-Étienne, Cahors

Partenariat : Le centre de formation en orthophonie de l'Université de Toulouse Paul Sabatier.

Contexte et but du projet de recherche : Percevoir et produire du rythme est essentiel pour s'adapter à son environnement et interagir avec autrui. Si l'on dispose désormais de connaissances sur le développement de la compétence rythmique chez l'enfant « typique », on ne connaît que très peu la manière dont celle-ci se développe chez les enfants porteurs de déficience intellectuelle (sans autre trouble associé). Or, sur le terrain, un constat s'impose : les personnes porteuses de déficience intellectuelle présentent des difficultés au niveau temporel, notamment rythmique, et les équipes de soin se disent bien souvent démunies face à cela, autant dans la manière de le prendre en charge que dans l'accompagnement de cette difficulté sur le plan de l'équipe pluridisciplinaire, du soutien à apporter à la famille et de l'information à véhiculer aux enseignants sur les possibles impacts d'un tel trouble.

C'est pourquoi l'objectif de notre recherche est de spécifier les difficultés temporelles, et plus spécifiquement celles liées au rythme, rencontrées par les enfants et adolescents porteurs d'une déficience intellectuelle légère, ceci en comparaison à des enfants et adolescents tout-venant appariés sur l'âge chronologique.

Ce qui va se passer pour votre enfant (méthodologie) : Si vous acceptez que votre enfant participe à notre recherche, il sera pris individuellement dans un endroit calme, pendant une période qui ne dérangera pas le bon fonctionnement de l'institut, pour effectuer 2 tâches de perception et production de rythmes sur ordinateur. La session durera entre 30mn environ. A titre d'exemple, il devra comparer des rythmes entendus et dire s'ils sont identiques ou différents, puis frapper sur un clavier simultanément aux sons entendus.

Deux étudiantes de 4e et 5e année d'orthophonie à l'Université Paul Sabatier de Toulouse (Julie Garcès et Émilie Trayssac) seront en charge des passations des tâches rythmiques.

Vos droits de vous retirer de la recherche en tout temps : Votre participation à cette recherche est volontaire. Vous pourrez vous en retirer à n'importe quel moment de son déroulement, quel qu'en soit le motif, et demander que vos données soient détruites. Votre refus de participer ou de vous retirer de l'étude, en aucun cas, ne vous sera préjudiciable.

Vos droits à la confidentialité et au respect de la vie privée : Les données obtenues seront traitées avec la plus entière confidentialité. Les résultats de votre enfant resteront anonymes. En effet, seul son âge sera relevé. Par ailleurs, les traitements statistiques seront réalisés sur des données de groupe. Enfin, les données seront gardées dans un endroit sécurisé au laboratoire SCoTE de l'INU Champollion d'Albi et seuls le responsable scientifique et les partenaires du projet y auront accès.

Bénéfices : La comparaison du développement avec l'âge des mêmes capacités rythmiques chez des enfants tout-venant et chez des enfants porteurs de déficience intellectuelle devrait fournir des informations déterminantes pour notre compréhension des capacités rythmiques et de leur développement. Et par réciprocity, cela devrait également permettre d'accroître nos connaissances sur la déficience intellectuelle et ainsi fournir de précieuses pistes de réflexion aux professionnels, tant au niveau du dépistage et de l'évaluation que de la prise en charge de ces enfants-là.

Risques possibles : A notre connaissance, cette recherche n'implique aucun risque tant sur le plan physiologique, psychologique, social, ou légal.

Diffusion : Les résultats de cette étude seront rendus publics dans le mémoire mentionné précédemment en vue de l'obtention du Certificat de Capacité d'Orthophoniste. De plus, ces résultats pourront également être diffusés dans des colloques et/ou publications dans des revues scientifiques. Aucune donnée individuelle ou permettant de connaître l'identité d'un participant ne sera présentée.

Vos droits de poser des questions en tout temps : Vous pouvez poser des questions au sujet de l'étude en tout moment en communiquant avec le représentant du responsable scientifique du projet par courrier électronique (anne-claire.rattat@univ-jfc.fr) ou l'étudiante en charge des passations, Emilie Trayssac, par mail (emilie.trayssac@gmail.com) ou téléphone (06.81.94.51.68).

J'ai lu et compris les renseignements ci-dessus et j'accepte de plein gré que mon enfant participe à cette recherche.

Nom – Prénom du parent :

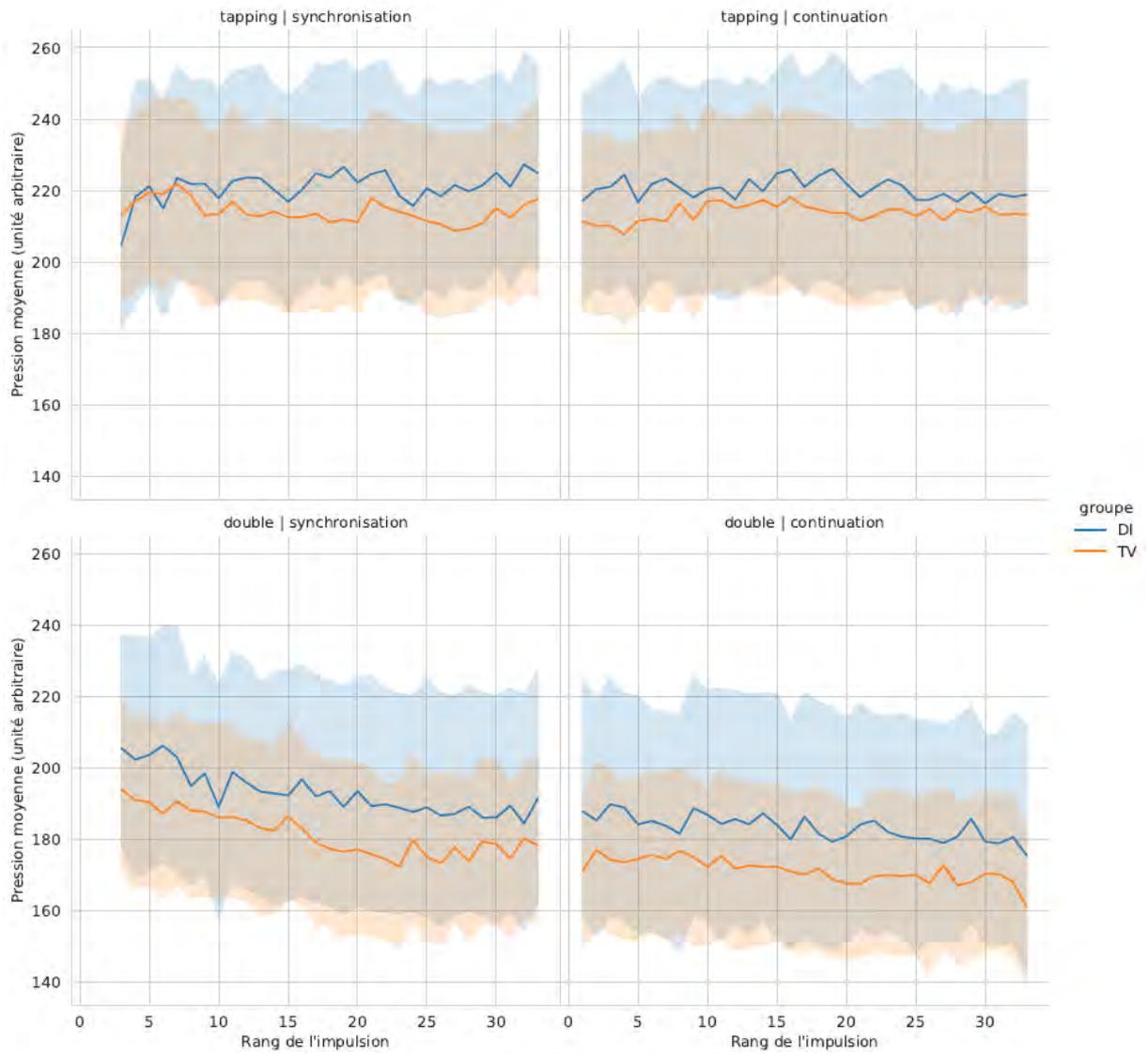
Nom – Prénom de l'enfant :

Date :

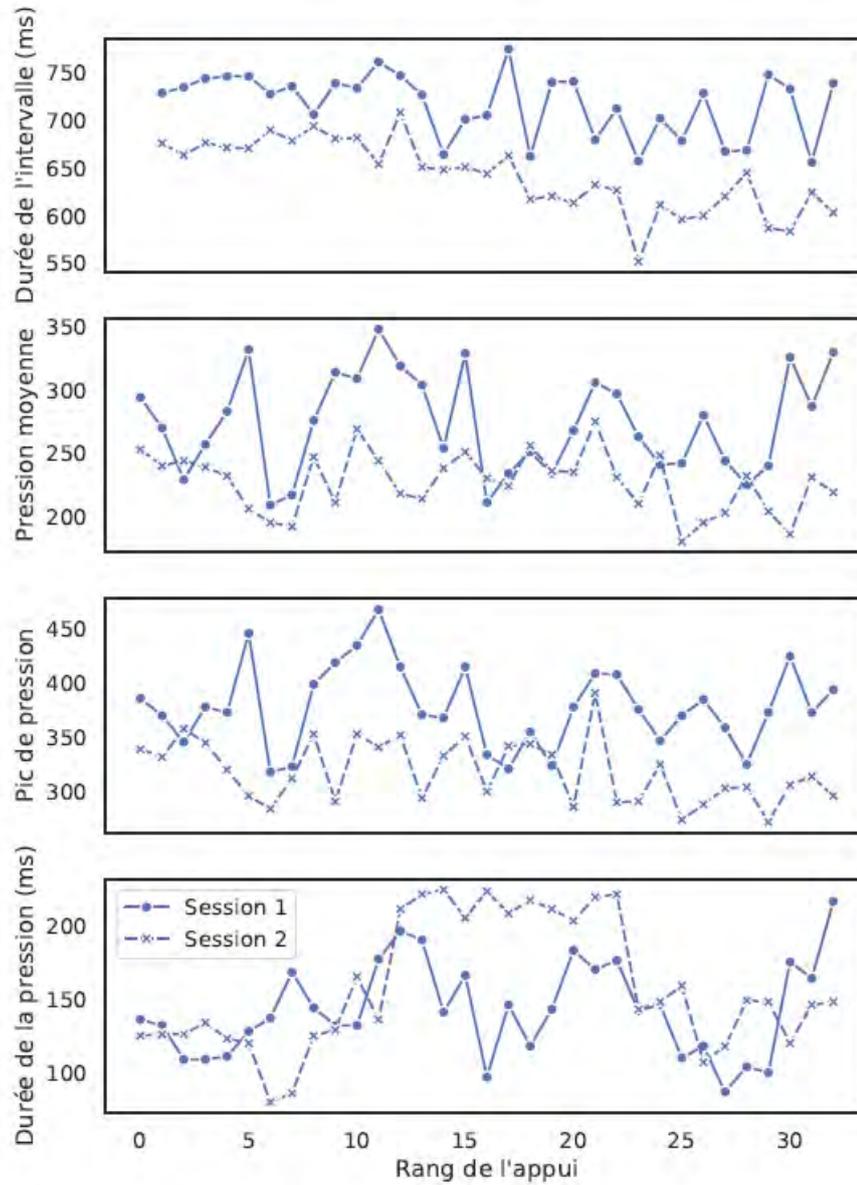
Signature du parent :

Un exemplaire de ce document vous est remis, un autre exemplaire est conservé dans le dossier.

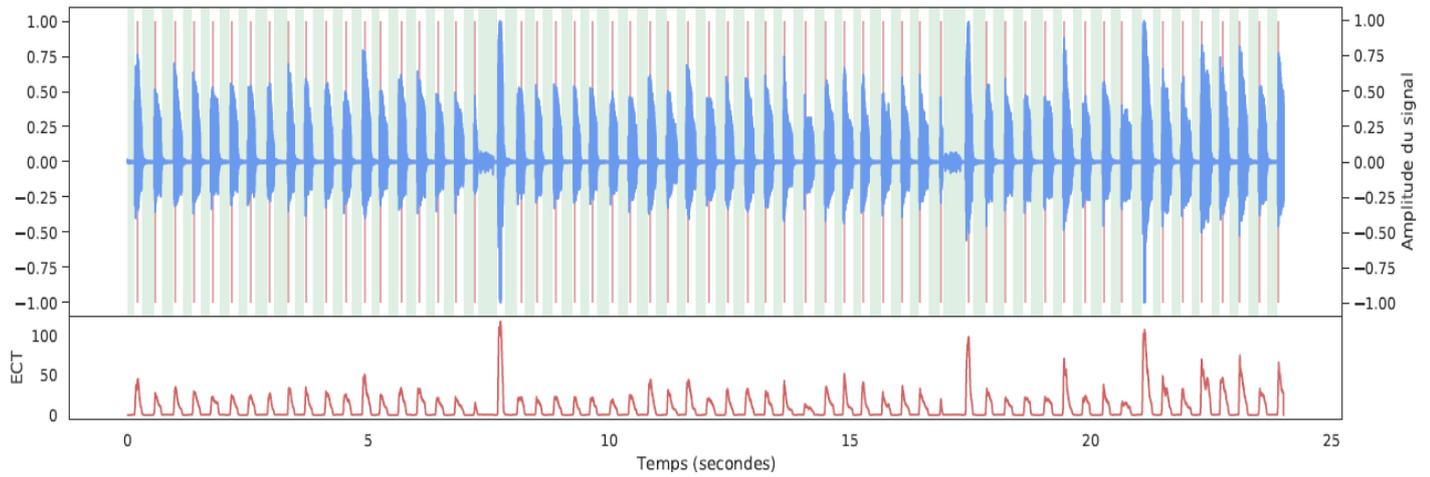
Annexe 7 : Traitement des données de la pression enregistrée en condition tapping et double en phase de synchronisation et de continuation



Annexe 8 : Exemple de traitement de donnée de la pression pour un participant



Annexe 9 : Exemple du traitement des données vocales chez un participant lors d'un essai en condition voix en continuation



Résumé

Il est clairement admis dans la littérature que le rythme joue un rôle clé dans le développement des capacités cognitives, langagières, motrices et interactionnelles. Ces compétences sont fondamentales dans l'autonomie de la personne au quotidien et son adaptation à l'environnement ce qui représentent les enjeux principaux de la prise de l'accompagnement des personnes avec déficience intellectuelle légère (DIL). Or, la littérature s'intéressant aux capacités rythmiques chez les personnes avec DIL idiopathique est datée et rare.

C'est pourquoi dans cette présente étude nous avons évalué les capacités rythmiques, en perception et production, ainsi que leur développement des adolescents en situation de DIL âgés de 11 à 20 ans en les appariant par âge chronologique à des participants tout-venant (TV).

Les participants TV et DIL ont effectué deux tâches rythmiques : 1) une tâche de discrimination de rythme dans laquelle ils devaient comparer deux séquences de rythmes isochrones à une séquence de référence de 400 ms et 600 ms 2) une tâche de tempo moteur spontané dans laquelle le participant tape à la vitesse qu'il préfère suivie d'une tâche de synchronisation / continuation en trois modalités (i.e., audio-tactile, audio-vocale, double).

Les performances rythmiques des participants avec DIL étaient systématiquement inférieures à celles des participants TV. De plus, le tempo interne des adolescents DIL était très rapide, s'approchant de celui du jeune enfant. Ajoutons que ces performances rythmiques ne s'améliorent pas avec l'âge.

Ces résultats suggèrent que les capacités rythmiques des adolescents en situation de DIL, en perception et production, ne se développent pas de la même façon que la population TV. Ainsi, il serait intéressant de proposer des protocoles de soins basés sur le rythme afin d'améliorer les compétences langagières, cognitives, motrices essentielles au développement de l'individu.

Mots clés : Rythme, Déficience intellectuelle légère, Développement, Synchronisation sensori-motrice, Temps

Abstract

The role of rhythm in the development of cognitive, language, motor and interactional skills is well established in the literature. These skills are fundamental to the person's autonomy in daily life and their adaptation to the environment, which are the main issues in the support of people with mild intellectual disabilities (MID). However, the literature on rhythmic abilities in people with idiopathic mild ID is dated and scarce.

Therefore, in the present study we investigated the ability of individuals with mild ID to perceive and produce rhythm and the development of the abilities from 11 to 21 years, in comparison to typically developing (TD) individuals.

Participants with MID and TD, matched on chronological age performed two rhythmic tasks: 1) a rhythm discrimination task in which they had to compare two sequences of isochronous rhythms to a reference sequence of 400 ms and 600 ms 2) a spontaneous motor tempo (SMT) task in which the participant typed at the speed he/she preferred followed by a synchronization/continuation task in three modalities (i.e., audio-tactile, audio-vocal, dual).

The rhythmic performance of participants with DIL was consistently lower than that of TV participants. Moreover, the internal tempo of the DIL adolescents was very fast, approaching that of the young child. Moreover, these rhythmic performances did not improve with age.

These results suggest that the rhythmic capacities of adolescents with DIL, in perception and production, do not develop in the same way as the TV population. Thus, it would be interesting to propose care protocols based on rhythm in order to improve the language, cognitive and motor skills essential to the development of the individual.

Keywords : Rhythm, Mild Intellectual Disability, Development, Sensory-motor synchronisation, Timing