



Département d'Orthophonie
Gabriel DECROIX

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
présenté par :

Capucine DUBOIS

soutenu publiquement en juin 2018 :

L'intégration sensorielle Revue de littérature

MEMOIRE dirigé par :

Marie ARNOLDI, Orthophoniste, CHR Hôpital Huriez - service ORL et CCF, Lille

Sophie NIEDZWIEDZ-THEVENON, Orthophoniste libérale, Carvin

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont pu, d'une manière ou d'une autre, contribuer à l'élaboration de ce mémoire qui fut un projet changeant mais finalement très instructif et passionnant.

Je remercie particulièrement Mme NIEDZWIEDZ-THEVENON qui a été à l'origine de ce mémoire, qui a cru en moi et qui a apporté son point de vue clinique à ce projet. Je remercie également, et tout autant, Mme ARNOLDI, qui m'a soutenue après de nombreux changements et qui a bien voulu m'encadrer jusqu'à la fin.

Je suis très reconnaissante envers Mme KELLER, présente du début à la fin et qui, par son intérêt pour ce mémoire, m'a apporté motivation et persévérance.

Je remercie mes amis, étudiants en orthophonie, qui m'ont permis de clarifier mon projet autour de longues et enrichissantes discussions.

Enfin, j'adresse un grand merci à mon conjoint, Vincent, qui m'a soutenue par ses mots et par sa présence pendant cinq ans d'études mais aussi à mon père pour ses mots remplis de conseils lors de nos longs appels téléphoniques. Je ne remercierai jamais assez ma mère, ma sœur et mon frère pour leur présence au fond de mon cœur et pour leur soutien ensoleillé.

Résumé :

L'intégration sensorielle (IS) est un processus neurologique qui permet à l'individu, après qu'il a perçu les stimuli sensoriels de l'environnement et de son propre corps, d'en moduler les informations, de les traiter et de les interpréter dans le but d'adapter son comportement. Cette définition retrouvée dans la littérature scientifique est sujette à controverses car elle est principalement abordée selon une interprétation des mécanismes neurophysiologiques associés à des comportements. Afin de recenser les différents points de vue et de connaître les mécanismes impliqués dans l'IS, cette revue de littérature répertorie les récentes études abordant la notion d'IS, les troubles s'y rapportant et les outils d'évaluation adaptés à la population française. Les résultats suggèrent que l'IS est une notion qui comprend des processus complexes peu connus et que le lien entre troubles d'IS et comportement peut prêter à une interprétation subjective. Cependant l'utilisation d'outils technologiques objectifs (EEG, DTI, ECG) et les analyses statistiques significatives permettent de confirmer l'existence des troubles d'IS. Nous pouvons conclure que s'il est nécessaire d'en connaître davantage au sujet de la neurophysiologie de l'IS, les données actuelles sont à prendre en compte dans la pratique clinique des professionnels de santé car le repérage précoce des troubles d'IS permet de mieux comprendre la performance générale des enfants et donc de mieux adapter notre approche thérapeutique.

Mots-clés :

Enfants, évaluation, intégration sensorielle, troubles d'intégration sensorielle.

Abstract :

The sensory integration (SI) is a neurological process that modulate and process sensations from one's own body and from the environment, and makes it possible for him to adapt his behavior effectively with his environment. This is the mostly found definition in scientific literature, but it is controversial as it mainly discusses the interpretation of neurophysiological mechanisms associated with behavior. In order to do an inventory of the different points of view and to know the mechanisms involved in the SI, this review lists the recent studies talking about the notion of SI, the disorders associated, and the evaluation tools adapted to the French population. The results suggests that the SI is a notion that include complex and unknown processes, and that the link between SI disorders and the behavior tends to make subjective interpretations. However, the use of objectives technological tools (EEG, DTI, ECG), and significant statistical analysis helps to confirm that SI disorders exists. We can conclude that there is a lack of knowledge about SI neurophysiology, and that the present data have to be taken into account in the clinical practice of health professionals, as the early identification of SI disorders helps to know children general performance, so we can adapt our therapeutic approach.

Keywords :

Assessment, children, sensory processing disorders, sensory integration.

Table des matières

Introduction	1
Méthode	2
Résultats	3
1. L'intégration sensorielle	4
1.1. Les définitions	4
1.2. Les systèmes sensoriels et les mécanismes mis en œuvre	6
1.2.1. Les systèmes sensoriels	6
1.2.2. Les mécanismes mis en œuvre	6
1.3. Le système nerveux	8
1.4. Le principe de maturation	9
1.5. Les implications	10
1.6. L'intégration multisensorielle	11
2. Les troubles d'intégration sensorielle	11
2.1. Les définitions et classifications des troubles d'IS	12
2.2. Prévalence et objectivation des troubles	14
2.2.1. Prévalence	14
2.2.2. Objectivation	15
2.3. Les mécanismes neurophysiologiques	17
2.4. L'impact	17
3. Les outils d'évaluation adaptés en français	19
3.1. Profil sensoriel. Dunn, 2010	19
3.2. Profil sensoriel, forme abrégée. Dunn, 2010	20
3.3. Profil sensoriel, adolescent/adulte. Dunn, 2006	21
3.4. Profil sensoriel, compagnon scolaire. Dunn, 2006	21
3.5. Profil sensoriel 2. Dunn, 2014	22
3.6. Profil sensoriel et perspectif, révisé (PSP-R). Bogdashina, 2012	22
3.7. Bilan sensori-moteur. Bullinger, 1996	23
3.8. Évaluation Sensorielle de l'adulte avec autisme (ESAA). Degenne, 2014	23
Discussion	24
1. Critique de la méthodologie	24
2. Synthèse critique des résultats	25
3. Apports de la revue de littérature dans la pratique clinique	26
4. L'intégration sensorielle et l'orthophonie	27
Conclusion	28
Bibliographie	30

Introduction

La notion d'intégration sensorielle (IS) sous-tend différentes définitions selon le point de vue adopté par le chercheur. La première description de ce processus a été élaborée, dès 1972, par Anna Jean Ayres, ergothérapeute et psychologue scolaire. Elle le définit comme un processus neurophysiologique qui permet le traitement, la connexion et l'organisation d'informations sensorielles provenant de son environnement et de son corps afin d'utiliser ce dernier de façon efficace dans son milieu (Ayres, 1972). Elle a édifié sa théorie et en a fait une marque déposée (*Sensory Integration*®) qui comprend un plan spécifique de remédiation des troubles d'IS.

Après avoir complété la théorie d'Ayres par divers articles abordant la définition et provenant de la littérature actuelle nous retiendrons que l'IS est un processus neurologique qui permet à l'individu, après qu'il a perçu les stimuli sensoriels de l'environnement et de son propre corps, d'en moduler les informations, de les traiter et de les interpréter dans le but d'adapter son comportement. Cela implique les mécanismes neurobiologiques de réception, de perception, de modulation, de discrimination et d'intégration des informations sensorielles (Bar-Shalita, Vatine, & Parush, 2008; Davies, Chang, & Gavin, 2009; DiMatties & Sammons, 2003; Dunn, 2001; Eeles et al., 2013; Miller & Hanft, 2000; Miller et al., 2007; Schoen et al., 2009). Ce traitement sensoriel est au cœur des processus cognitifs tels que l'attention, la mémoire et les fonctions exécutives (Adams et al., 2015; Critz, Blake, & Nogueira, 2015) mais aussi des compétences sociales et de la régulation émotionnelle (Summers et al., 2015).

Néanmoins, cette définition de l'IS servant de base aux ergothérapeutes pour en traiter les troubles, est fondée sur des méthodes empiriques. Or, elle est de plus en plus controversée par la communauté scientifique car elle ne s'appuierait pas sur des preuves objectivées. Cependant, avec les avancées en matière technique dans le milieu scientifique et médical (EEG, ERP, etc), de nouvelles recherches ont été effectuées dans le champ de l'IS et des troubles s'y rapportant. Ces études permettent d'objectiver les différences de traitement d'un même stimulus sensoriel et nous apportent des informations complémentaires aux comportements associés.

Ces différentes études sont réalisées dans le but d'expliquer les troubles de l'IS nommés le plus souvent Sensory Processing Disorders (SPD) dans la littérature anglophone, soit en français, troubles du traitement sensoriel. Ces troubles sont aujourd'hui inscrits dans le DSM-V comme un des sous-critères diagnostiques des troubles du spectre autistique. Ils sont évoqués dans le critère B (Comportements, intérêts ou activités à caractère restreint ou répétitif) en termes « d'hypo- ou hyperréactivité à certaines stimulations sensorielles ou intérêts pour la nature sensorielle de l'environnement ». Nous les trouvons également dans le Diagnostic Manual for Infancy and early Childhood (DMIC), dans le Diagnostic Classification of mental health and developmental disorders of infancy and early childhood (DC : 0-3 R) et dans le Chronic Disorders in Children and Adolescents. Communément, les troubles d'intégration sensorielle sont décrits dans le cadre d'autres pathologies telles que l'autisme (Stanciu & Delvenne, 2016; Tomchek & Dunn, 2007) ou le TDA/H. Cependant, de récentes études exposent que les difficultés d'IS sont des troubles à part entière, ils peuvent ainsi se manifester de façon isolée ou en co-morbidité (Miller, Nielsen, & Schoen, 2012; Schoen, 2009; Van Hulle, Schmidt, & Goldsmith, 2012) et auraient des répercussions

importantes sur les activités de la vie quotidienne, sur les comportements mais aussi sur les apprentissages chez l'enfant (Baranek et al., 2007; Dunn, 2001; Lőrincz & Adamantidis, 2016; Miller et al., 2007). Les dernières études en matière de prévalence révèlent un pourcentage non négligeable d'enfants atteints de ces troubles de façon isolée, soit des résultats entre 5,3 % et 13,7 % (Ahn et al., 2004; Ben-Sasson, Carter, & Briggs-Gowan, 2009).

L'orthophonie se situant entre « sciences dures » et « sciences molles », c'est-à-dire entre méthodologie rigoureuse basée sur l'Evidence-Based Practice et sciences humaines et sociales (Klein, 2011), il est essentiel de s'informer et de connaître les avancées des recherches actuelles sur l'IS dont la théorie semble dans la même position que notre métier. L'objectif de cette quête de connaissances sera de pouvoir adapter notre regard sur l'image globale qu'est notre patient en développement mais aussi de changer, si besoin, notre point de vue quant à notre pratique face à un enfant atteint de troubles de l'IS.

Cette revue de littérature cherchera à répondre à la problématique suivante : les recherches actuelles apportent-elle des éléments significatifs qui nous permettent de comprendre les mécanismes et les implications mis en jeu lors du développement de l'enfant atteint de troubles de l'IS ? L'objectif de ce mémoire est d'explorer l'IS selon les différents points de vue qui l'abordent, les troubles s'y rapportant mais aussi les évaluations disponibles et adaptées en français.

Dans un premier temps, nous présenterons la méthodologie employée pour réaliser cette revue de littérature puis nous exposerons les résultats de notre sélection d'articles. Enfin, nous discuterons les recherches actuelles pour ouvrir sur une problématique orthophonique.

Méthode

Cette revue de littérature vise à recenser les écrits scientifiques abordant l'IS, les troubles s'y rapportant mais également les moyens d'évaluation disponibles en français. Pour la réaliser, nous avons consulté, entre mai 2017 et décembre 2017, les bases de données suivantes : Pub-Med, Google Scholar, ERIC : Institut of Education Sciences, Scencedirect.com

Les mots clefs utilisés pour cette recherche étaient des termes anglais et français et sont les suivants : Intégration sensorielle - Modulation sensorielle - Traitement sensoriel - Troubles de l'intégration sensorielle - Évaluation – Assessment - Sensory integration - Sensory processing - Sensory processing disorders - Sensory disabilities- Sensory integration disorders.

Dans le but de répondre à une démarche rigoureuse et actuelle, seuls les articles après l'année 2000 ont été retenus. Des critères d'inclusion et d'exclusion ont été appliqués : l'article sélectionné devait aborder la définition et le fonctionnement de l'IS ainsi que le traitement des stimuli sensoriels. Notre objectif s'élaborant à partir de l'enfant, le traitement sensoriel devait être en lien avec le développement/l'enfance. Nous avons ainsi exclu les articles traitant des troubles d'IS chez l'adulte. Les troubles d'intégration et/ou de traitement sensoriel devaient être abordés de façon isolée chez l'individu, c'est-à-dire sans lien de cause-conséquence avec une autre pathologie (notamment, sans lien direct avec les troubles du spectre autistique). Concernant la partie de l'évaluation des troubles, l'article devait avoir la

particularité de mentionner un moyen d'évaluation adapté à la population française et devait être utilisé de nos jours par les professionnels cliniciens.

Nous n'avons pas traité les documents scientifiques qui abordaient des troubles sensoriels d'un point de vue du traitement primaire (c'est-à-dire les troubles tels que la cécité, les déficiences visuelles, la surdité, etc). Les articles qui abordaient l'IS dans une unique perspective de réalisation motrice ont été exclus car l'objectif est de comprendre comment l'enfant se comporte et d'en connaître les mécanismes sous-jacents. Bien que les travaux de Jean Ayres soient les pionniers dans ce domaine, ils ne font pas partie de notre revue de littérature car, d'une part, ils datent des années antérieures à 2000 et d'autre part, Ayres a fait de sa théorie une marque déposée (*Sensory Integration*®). Cependant, nous faisons parfois mention de ses travaux car ils constituent les premières études abordant l'IS. Le sujet de l'intégration multisensorielle (IMS) n'a pas été abordé dans cette revue car il concerne des processus plus complexes et de plus haut niveau que le processus classique d'IS. En outre, les articles traitant des techniques de remédiations ne sont pas analysés car notre objectif est de connaître, en premier lieu, le processus et son fonctionnement chez l'enfant. Pour finir, dans le but ne pas disperser notre mémoire, nous avons écarté le sujet des troubles de l'oralité alimentaire.

Afin de réaliser une revue de littérature pertinente, notre première sélection comptait 173 écrits scientifiques. Après lecture du résumé et/ou lecture complète de l'article, notre sélection s'est portée sur 79 articles. Certains articles ont cependant été sélectionnés de façon spécifique (références bibliographiques associées aux lectures d'articles).

Pour faciliter le recensement des travaux sélectionnés, nous avons utilisé les grilles ci-dessous. La première permettait d'organiser les articles abordant l'IS et ses troubles. La deuxième, quant à elle, a été utilisée pour structurer les données des travaux évoquant les évaluations des troubles.

Auteur	Date de publication	Référence complète	Discipline	Question de recherche	Thèses avancées	Citations à utiliser	Remarques personnelles
--------	---------------------	--------------------	------------	-----------------------	-----------------	----------------------	------------------------

Grille 1. Analyse des articles sélectionnés pour parties I (L'intégration sensorielle) et II (Les troubles d'intégration sensorielle)

Titre, date et auteur de l'outil	Objectifs de l'outil	Population	Méthode de recensement des troubles (opérateur, durée, modalités de passation)	Apports cliniques	Propriétés psychométriques
----------------------------------	----------------------	------------	--	-------------------	----------------------------

Grille 2. Analyse des articles sélectionnés pour partie III (Tests et questionnaires adaptés en français et visant à évaluer les troubles d'intégration sensorielle)

Résultats

La partie « Résultats » se compose de trois parties. La première expose la notion d'IS, la deuxième développe les recherches concernant les troubles d'IS et la dernière partie présente les différents outils d'évaluation adaptés en français permettant de diagnostiquer lesdits troubles.

1. L'intégration sensorielle

Dans cette première partie, nous nous attelons à exposer les résultats de nos lectures qui nous ont permis de découvrir la notion d'IS. Nous présentons les différentes définitions que nous trouvons dans la littérature actuelle. Nous cherchons ensuite à connaître les différents systèmes sensoriels mis en œuvre, les mécanismes impliqués et la participation du système nerveux. Nous abordons également le principe de maturation de l'IS. En outre, nos lectures nous ont permis de connaître l'implication de la notion étudiée dans les différentes fonctions cérébrales ou comportementales. Enfin, la notion d'intégration multisensorielle (IMS) est abordée pour expliquer la différence avec l'IS.

1.1. Les définitions

La pionnière dans le domaine de l'IS est Anna Jean Ayres, ergothérapeute et psychologue scolaire. Elle publia un ouvrage dès 1972 dans lequel elle utilise ledit terme pour évoquer l'étude du traitement des stimuli sensoriels provenant de notre environnement en lien avec les réponses comportementales de l'individu (Ayres, 1972). Elle définit l'IS comme le processus neurologique qui organise les sensations provenant de notre propre corps et de l'environnement dans lequel nous évoluons. Ce processus permet d'adopter un comportement adapté et efficace en fonction de notre environnement. Cette définition est la première mais est ancienne, c'est pourquoi nous abordons, par la suite, des définitions plus actuelles.

Dans la lignée d'Ayres mais ajoutant une vision neuroscientifique, Winnie Dunn explique l'IS en utilisant le terme de modulation sensorielle. C'est la capacité du système nerveux central à contrôler, à réguler et à organiser l'information sensorielle dans le but de générer une réponse comportementale appropriée. Elle parle d'interaction entre les seuils neurologiques et les réponses comportementales (Dunn, 2001, 2010). Selon cette auteure, l'individu agit en fonction de la manière dont il perçoit un stimuli sensoriel, c'est-à-dire selon si son seuil neurologique est élevé, bas ou correct. Le seuil neurologique « *fait référence au niveau de stimulation nécessaire pour obtenir une réponse d'un neurone* » (Dunn, 2010, p. 7) et s'élabore selon deux processus : l'habituation et la sensibilisation, processus détaillés ultérieurement. La réponse comportementale, quant à elle, consiste en « *la façon dont les individus agissent en fonction de leur seuil* » (Dunn, 2010, p. 7) , soit en le contrant, soit en accord, le but étant d'atteindre l'homéostasie.

Le psychologue et professeur en sciences de l'éducation André Bullinger aborde l'IS en évoquant l'équilibre sensori-tonique (Bullinger, 2003). Cet équilibre entre la gestion des entrées sensorielles et le tonus corporel cherchant à s'y adapter permet à l'organisme d'entrer en interaction avec son milieu. Cette boucle donne lieu à l'élaboration d'invariants, c'est-à-dire à la construction d'interprétations sensées des stimuli sensoriels dans le but d'adapter son corps à l'environnement afin d'évoluer dans le milieu (Bullinger, 2003; Delion, 2008).

Une autre définition complémentaire a été donnée dans un article de Marie Hendrix où l'auteure définit l'IS comme un processus non conscient de distribution et d'organisation des perceptions sensorielles qui ont du sens pour l'individu. Ce processus permet de construire un système d'alerte efficace ainsi que des comportements en réaction à ces stimuli sensoriels (Hendrix, 2010). L'IS permet de rassembler, synthétiser et stocker des quantités massives d'informations provenant d'expériences quotidiennes.

Olga Bogdashina a élaboré une définition de l'IS en s'inspirant des divers auteurs. Il s'agit du traitement et de l'interprétation d'une information provenant d'un ou plusieurs canaux sensoriels. La modulation sensorielle découle de l'IS et est la capacité à moduler un éveil optimal en fonction du stimulus sensoriel perçu. L'individu génère alors des réponses graduées et appropriées (Bogdashina, 2012).

En plus de ces définitions basées sur des observations empiriques, l'IS est également abordée selon le point de vue du domaine neuroscientifique. L'ouvrage *Neurosciences* rédigé par Dale Purves et ses collaborateurs (2015) aborde ladite notion selon une analyse physiologique et objective. La communauté scientifique définit alors l'IS comme un processus neurophysiologique qui consiste à capter les stimuli sensoriels provenant de l'environnement au travers des capteurs sensoriels de notre corps et à les transmettre au système nerveux central (SNC). De manière plus exacte, c'est un processus qui regroupe les mécanismes de sensation et de perception. La sensation est une donnée physiologique résultant d'une excitation (potentiel d'action déclenché) et produisant un influx nerveux afférent. Cela permet de détecter le stimulus sensoriel, de le transformer en donnée électrique et de le transmettre au SNC. La perception, quant à elle, permet d'opérer la sélection, l'organisation et l'interprétation des données sensorielles en représentations mentales utilisables. C'est une réaction consciente et physiologique qui s'effectue en fonction des caractéristiques de la stimulation sensorielle. Le comportement associé ne fait point partie de la définition car il constitue une interprétation subjective.

Dans le but d'établir un consensus entre les regards empiriques (notamment ergothérapeutique) et neuroscientifiques, Lucy Jane Miller, auteure de nombreux articles abordant l'IS, a recensé les différentes utilisations dudit terme (L. Miller & E. Hanft, 2000; L. Miller & Lane, 2000). Elle explique qu'il est important de connaître les mécanismes physiologiques de l'IS mais qu'il est également primordial d'observer et de pouvoir qualifier les comportements associés, c'est-à-dire les réponses aux stimuli sensoriels. Le terme d'IS peut ainsi être utilisé pour parler d'un processus non observable car il se déroule au sein même des cellules nerveuses, mais il est aussi employé pour décrire les manifestations comportementales de ce processus physiologique. Elle précise alors que les chercheurs inspirés par la théorie d'Ayres (notamment Winnie Dunn) utilisent le terme neuroscientifique de « seuil neurologique » pour décrire un comportement alors que le domaine scientifique l'utilise pour parler des seuils d'activation synaptique. In fine, elle termine par le fait que ces deux domaines sont complémentaires l'un de l'autre et que les recherches empiriques sont essentielles mais non suffisantes pour objectiver les mécanismes neurophysiologiques sous-jacents.

Enfin, une récente étude, menée par Lőrincz et Adamantidis (Lőrincz & Adamantidis, 2016), rassemble les deux points de vue et explique que la façon dont un organisme s'adapte à son environnement, qui est en constante évolution, repose en grande partie sur la perception d'informations sensorielles. Cette perception s'effectue selon des mécanismes de filtrage, de codage et de représentations internes de l'information sensorielle. Le traitement sensoriel reposant principalement sur la neurotransmission rapide dans divers circuits corticaux et sous-corticaux, la vitesse de fonctionnement des systèmes neuromodulateurs peut influencer l'adaptation et la flexibilité comportementale ainsi que la régulation de l'état cérébral.

Les nombreuses définitions exposées ci-dessus nous permettent de comprendre le concept d'IS. Elles mettent en évidence le fait qu'il est essentiel de prendre en compte les connaissances scientifiques et objectives mais aussi de connaître les recherches empiriques. En effet, c'est grâce au regroupement des deux points de vue que nous pourrions comprendre les tenants et les aboutissants du fonctionnement de notre système sensoriel.

1.2. Les systèmes sensoriels et les mécanismes mis en œuvre

1.2.1. Les systèmes sensoriels

Les systèmes sensoriels impliqués dans l'IS constituent une donnée sur laquelle recherches scientifiques et empiriques s'accordent. Les différents stimuli sensoriels reçus peuvent provenir des domaines sensoriels suivants : la vision, le toucher, le goût, l'ouïe, l'odorat, le système vestibulaire et le système proprioceptif (Ayres, 1972; Bogdashina, 2012; Bullinger, 2004; Dunn, 2010; Hendrix, 2010; Miller & Lane, 2000; Miller et al., 2009; Purves et al., 2015). Un stimulus sensoriel irrite une surface dotée de capteurs sensoriels qui, à leur tour, déclenchent une transduction d'énergie pour mener l'information au SNC. Selon Bullinger, ce processus est en lien direct avec les mobilisations tonico-posturales (Bullinger, 2007). Nos organes sensoriels permettent donc de réceptionner les stimuli, de les transmettre par influx nerveux aux aires cérébrales correspondantes qui les identifient, les assemblent et leur donnent une signification (Bogdashina, 2012). Hendrix (2010) ajoute que les systèmes sensoriels comportent chacun leur voie d'information mais qu'ils fonctionnent indépendamment les uns des autres. Ils partagent les sensations qu'ils collectent avec d'autres récepteurs pour les mener vers le SNC qui opère un décodage selon une structure hautement organisée. Dès la petite enfance, notre système sensoriel permet de mieux comprendre son propre fonctionnement mais aussi de mieux appréhender le monde extérieur et les interactions avec l'environnement.

De façon plus précise, Purves et ses collaborateurs (2015) précisent les étapes de l'IS. En premier lieu, les récepteurs réagissent à la stimulation sensorielle. Par la suite, les informations sont acheminées vers les centres nerveux référents sous forme d'un signal électrique. Le cerveau extrait alors les caractéristiques des données reçues puis les assemble avec d'autres signaux ou avec des informations issues de notre mémoire à long terme dans le but d'attribuer une perception (du sens). Les propriétés du stimulus sensoriel consistent en la modalité (goût, vue, odorat, etc), la localisation (externes, proprioceptifs ou internes), l'intensité et la propriété temporelle. Les récepteurs sensoriels peuvent être qualifiés de mécano-récepteurs (situés sur la peau, muscles, tendons, articulations ou oreilles), de thermorécepteurs, de nocicepteurs (s'activent à la douleur), de chémorécepteurs (s'activent face aux composés chimiques tels que les odeurs) ou encore de photorécepteurs (dans l'œil) (Purves et al., 2015).

1.2.2. Les mécanismes mis en œuvre

Les mécanismes de l'IS sont variés et peuvent être envisagés de deux points de vue. Les études scientifiques analysent les mécanismes de traitement de l'information sensorielle selon la neurophysiologie de l'humain. L'ouvrage *Neurosciences* expose que le stimulus sensoriel est perçu par les organes périphériques via des cellules transductrices. Ces cellules transductrices, comme leur nom l'indique, permettent de créer un influx nerveux (ou potentiel d'action) à partir d'une donnée physique ou chimique. Cet influx nerveux (ici, c'est la

sensation) se dirige vers la moelle épinière puis vers le tronc cérébral via les nerfs. L'information est d'abord traitée par le thalamus (excepté les stimuli olfactifs) avant d'être transmise au cortex sensitif primaire puis aux cortex associatifs où elle est transformée en perception, et non plus en simple sensation.

Les principes de sensation puis de perception sont également abordés par Bogdashina (2012). Elle explique que l'IS s'effectue selon un continuum qui débute par la réception du stimulus sensoriel qui se transforme en sensation et qui devient ensuite interprétation (ou perception). Le continuum se termine par la compréhension, c'est-à-dire l'accès au concept. La sensation est une réaction élémentaire où l'analyse est impossible mais les perceptions sensorielles, quant à elles, sont reliées à différentes zones cérébrales qui mettent en jeu les associations cognitives et les représentations mentales stockées en mémoire. Le point de vue de l'auteur rejoint ici l'analyse de Purves (Purves et al., 2015) mais il repose sur une interprétation subjective.

Miller et Hanft ont établi une liste des mécanismes impliqués dans l'IS qui ont été décrits dans différentes études empiriques (Miller & Hanft, 2000). Ils décrivent en premier lieu la **conscience de la sensation (ou enregistrement sensoriel)** qui constitue le fait d'être conscient du fait que nous recevons une information sensorielle. Il ne faut pas confondre cette notion avec la **détection** sensorielle qui, elle, est un processus neurophysiologique qui nous permet d'orienter notre attention vers un élément de l'environnement. Cette orientation est possible par le fait qu'un potentiel d'action se crée (Davies et al., 2009). Il existe également le terme de **modulation sensorielle** qui est la capacité à réguler et à organiser le degré, l'intensité et la nature de nos réponses comportementales en fonction du stimulus. Si cette modulation est efficiente, elle se fait graduellement et de façon adaptative dans le but de maintenir une performance optimale et de s'adapter aux changements environnementaux (McIntosh, Miller, Shyu, & Hagerman, 1999; Miller & Hanft, 2000; Miller & Lane, 2000; Dunn, 2010). La modulation permet de filtrer les stimuli inutiles et de ne prendre en compte que les stimuli pertinents tout en maintenant un niveau optimal de vigilance (Bar-Shalita et al., 2008). Le terme de **discrimination** revient souvent dans la littérature et caractérise la capacité à discerner les propriétés (qualités spatiales, temporelles et d'intensité) de différents stimuli sensoriels. Ce mécanisme permet d'obtenir une information précise de l'environnement et de notre propre corps (DiMatties & Sammons, 2003; Miller & Hanft, 2000; Miller et al., 2009). Enfin, il est des **praxies** l'un des mécanismes de l'IS qui consiste en la conceptualisation, l'organisation et l'exécution des tâches motrices en fonction de notre environnement. Ces différents mécanismes peuvent être considérés comme des étapes du traitement de l'information sensorielle où l'ordre est le même que celui de notre présentation ci-dessus. Eeles et ses collaborateurs (2013) ont également proposé une organisation similaire qui débute par l'enregistrement sensoriel (conscience de la sensation) puis par la modulation, la discrimination, l'intégration (perception ou accès au concept) et termine par les praxies.

Dunn apporte certaines précisions empiriques au sujet de la modulation sensorielle. Selon elle, cette dernière se définit par l'équilibre entre deux mécanismes : la sensibilisation et l'inhibition. Cet équilibre permet, par la suite, de générer des réponses comportementales adaptées. **L'habituation** consiste en le fait que le système nerveux reconnaît un stimulus sensoriel comme étant familier donc déjà engrammé. L'orientation de l'attention n'est plus mobilisée car, de façon inconsciente et rapide, l'individu analyse la stimulation connue

comme étant non pertinente. La **sensibilisation** se révèle être l'inverse car c'est un mécanisme qui permet d'amplifier un stimulus potentiellement pertinent (même s'il a déjà été rencontré préalablement). Un nombre important de neurones est alors mobilisé pour analyser rapidement la situation et adopter immédiatement un comportement approprié (Dunn, 2001; 2010). Cette approche suggère que la modulation sensorielle se construit au fur et à mesure que l'enfant grandit et acquiert des expériences sensorielles variées.

Dans un but de clarification et de différenciation des termes, Miller et Lane (2000) les ont définis selon une approche neurophysiologique plutôt que comportementale (analyse des ergothérapeutes) :

- La détection sensorielle, utilisée dans le sens de l'enregistrement sensoriel, est un processus complexe qui n'est pas totalement compris de nos jours et qui consiste à enregistrer l'information sensorielle à différents niveaux dans le cortex cérébral pour influencer l'activité du SNC (Miller & Lane, 2000).

- La neuromodulation repose sur les influences synaptiques et hormonales qui modulent les schémas d'activité électrique et chimique au niveau des neurones. Il en résulte une excitabilité ou une inhibition des potentiels d'action au sein du SNC (Miller & Lane, 2000).

- L'intégration intrasensorielle est le processus central qui affecte une groupe de neurones en particulier (Kandel et al., 1991 cité par Miller & Lane, 2000).

- L'intégration intersectorielle est le mécanisme qui permet de rassembler les entrées sensorielles provenant de différents systèmes sensoriels (Kandel et al., 1991 cité par Miller & Lane, 2000). Ce mécanisme peut également être appelé l'intégration multisensorielle.

- La discrimination sensorielle est présentée comme le processus central de distinction et d'organisation des données spatio-temporelles des stimuli sensoriels.

1.3. Le système nerveux

Pour débiter simplement cette partie concernant les zones du système nerveux impliquées dans l'IS, nous parlerons des données de Purves et ses collaborateurs (2015). Comme susnommées dans la partie abordant les mécanismes, les cellules situées sur les organes périphériques (système nerveux périphérique) sont des agents transducteurs qui, par des potentiels d'action, transmettent un message au cerveau (Miller & Lane, 2000; Purves et al., 2015). Pour qu'il y ait potentiel d'action, il faut un signal suffisamment intense pour transformer le potentiel de membrane au repos en un influx électrique. Les informations sont ensuite transmises au tronc cérébral puis au thalamus qui a le rôle de relayer l'information au cortex. Les zones cérébrales finalement concernées sont les suivantes : le cortex auditif situé dans le lobe temporal ; le cortex visuel implanté dans le lobe occipital ; le cortex gustatif se situant dans l'insula ; le cortex somatosensoriel qui est en arrière du sillon central, dans le gyrus postcentral ; le cortex vestibulaire (oreille interne et cervelet) ; le cortex olfactif qui est représenté dans le cortex piriforme, dans le cortex entorhinal et dans l'amygdale.

Sans entrer dans les détails d'emplacements corticaux, Schaaf (2010) explique que le système nerveux autonome est impliqué dans l'IS par le fait qu'il régule les capacités de chacun à s'adapter aux changements de l'environnement grâce aux modulations des systèmes sensoriels, des viscères et des fonctions neuro-endocriniennes. Ces modulations s'effectuent via les branches sympathiques et parasympathiques qui fonctionnent de concert pour permettre adaptation et autorégulation. Une haute activité parasympathique est associée à une bonne homéostasie et à une adaptation correcte selon les stimuli sensoriels perçus.

De façon plus précise cette fois, Gogolla et al. (2014) ont étudié le rôle du cortex insulaire (insula) chez la souris et ont conclu que les circuits GABAergiques étaient essentiels pour son fonctionnement. De plus, une récente étude utilisant des techniques optogénétiques a permis de savoir que les neurotransmetteurs GABA et glutamate, situés dans le thalamus et le tronc cérébral, influencent la vitesse de neuromodulation qui, elle-même, est en lien avec l'activité comportementale ((Lőrincz & Adamantidis, 2016). Cette dernière étude ajoute également que l'activité des neurones monoaminergiques est corrélée au traitement sensoriel, à d'autres fonctions cérébrales ainsi qu'au sommeil, à l'attention, au stress et à la cognition. D'autres processus de neurotransmission ont aussi été identifiés comme influençant l'IS. Il s'agit des systèmes cholinergiques nicotiques, dopaminergiques, gamma-aminobutyriques, glutamanergiques, noradrénergiques et sérotoninergiques (Davies et al., 2009). L'auteure de cette même étude cite Grünwald et al. (2003) pour évoquer le fait que le cortex préfrontal, le gyrus de Heschl ainsi que l'hippocampe sont associés au traitement de la synchronisation sensorielle. Notons enfin que l'article de Miller explique que les processus centraux mis en jeu dans le traitement sensoriel ne sont pas encore complètement compris mais que nous savons, par exemple, qu'il existe une interaction complexe entre le système limbique, la formation réticulaire et le cortex cérébral (Miller & Lane, 2000).

Cette partie recensant les zones du système nerveux mises en œuvre dans l'IS nous apprend que la notion étudiée dans ce mémoire est un processus complexe qui met en jeu de nombreuses aires cérébrales et de nombreux mécanismes chimiques et électriques imbriqués les uns dans les autres. Nous comprenons alors qu'il peut être difficile d'associer une observation d'un comportement avec un fonctionnement cérébral précis, et inversement.

1.4. Le principe de maturation

Certaines études (Bullinger, 2007; Delion, 2008; Dunn, 2001; Hendrix, 2010) convergent vers le fait qu'il existe une rétroaction mutuelle du système sensoriel sur la qualité des interactions avec l'environnement, et inversement. Ce sont nos expériences avec le monde qui permettent de construire un système sensoriel efficace et adapté et c'est ce système sensoriel qui donne lieu à des interactions de qualité avec notre environnement. Ici s'illustre l'idée de Dunn qui parle d'habituation et de sensibilisation (Dunn, 2001, 2010).

Bullinger évoque le fait que l'élaboration de l'équilibre sensori-tonique s'effectue dès la vie intra-utérine. En effet, le fœtus expérimente ses limites corporelles quand il grandit au sein du ventre de sa mère. L'IS, avant la naissance, consiste en le fait de percevoir des stimuli sensoriels tels que la voix de sa mère, les mouvements de son corps et de celui de sa mère, de détecter le rythme cardiaque, etc. C'est le ressenti de ces limites mais aussi toutes les autres expériences sensorielles qu'il a pu « vivre » qui lui permettront d'entrer en interaction avec son environnement et donc d'adopter un comportement d'exploration. La recherche d'adaptation face aux variations sensorielles et toniques lui permettent de construire une image de soi appropriée (Bullinger, 2004, 2007, 2012). Bogdashina ajoute que leur système sensoriel et perceptif se « *crée activement au travers de leurs expériences, de leur mémoire et des processus cognitifs* » (Bogdashina, 2012, p. 52). Hendrix illustre cette maturation sensorielle par l'exemple d'un bébé qui pleure quand l'aspirateur fonctionne car le stimulus auditif est trop gênant et non reconnu. Plus grand, il est encore gêné mais le reconnaît et se protège simplement les oreilles. Adulte, il ne sera que peu gêné et cessera de parler car la situation ne le permet pas. C'est l'adaptation du comportement (Hendrix, 2010).

Des études ont été réalisées dans le but de savoir s'il existait bien un lien entre maturation de l'IS et âge. Via une méthode utilisant l'électroencéphalographie (EEG), Davies et ses collaborateurs ont pu objectiver ce lien. Ils ont trouvé un rapport significatif entre l'âge et le déclenchement sensoriel sur des stimuli auditifs répétitifs et similaires (Davies et al., 2009). Clearly et ses collègues (2013) ont également trouvé des résultats significatifs prouvant une différence de traitement sensoriel des stimuli visuels entre les adultes et les enfants (méthode par EEG).

Enfin, Baranek nous dit que la tolérance aux stimuli sensoriels, l'autorégulation et la découverte de nouvelles expériences sensorielles sont augmentées par la maturation neurobiologique, les expériences de vie et les capacités cognitives acquises. Autrement dit, notre cerveau se réorganise en fonction de nos expériences (Baranek, 2007).

1.5. Les implications

Pour comprendre l'importance de connaître la notion d'IS, il est essentiel de s'intéresser à ses implications dans notre fonctionnement en tant qu'être humain. De nombreux auteurs ont cherché à mettre en évidence en quoi l'IS influe sur notre comportement, sur nos fonctions cognitives ou sur toute autre performance.

L'étude de DeSantis et collaborateurs (2011) a cherché à mettre en exergue le comportement du nourrisson au travers d'échelles neurocomportementale, sensorielle et évaluant le tempérament. Les analyses statistiques ont révélé que le traitement sensoriel, provenant des sens proximaux tels que le toucher et le système vestibulaire, est essentiel lors des activités de soins, de bain et de change. Le traitement sensoriel provenant du système visuel et auditif, quant à lui, permet au nourrisson de s'engager dans des interactions et de répondre à l'environnement. Les auteurs établissent donc un lien entre la qualité du traitement sensoriel et l'interaction avec l'environnement ainsi qu'avec la réactivité émotionnelle du nourrisson. Bullinger explique, en effet, que le flux sensoriel influence la régulation tonique (Bullinger, 2003). Comme évoqué précédemment, c'est cet équilibre sensori-tonique qui permet d'entrer en interaction avec l'environnement. L'article de Schaaf appuie ces propos et explique que le système nerveux autonome permet de réguler nos comportements en fonction des exigences de l'environnement. Il cite ainsi Calkins et Fox (1992) qui associent la fonction parasympathique à la régulation du comportement, à la compétence sociale, et à la régulation émotionnelle (Schaaf, 2010).

De manière générale, de bonnes capacités d'IS permettent à l'individu d'être performant et rapide dans le traitement des sensations puis des perceptions. Les performances de traitement sensoriel influent sur le développement du sujet ainsi que sur son comportement et sa pensée tout au long de sa vie (Hendrix, 2010).

Mais l'IS joue également un rôle dans des fonctions plus précises. Elle permet de construire l'attention conjointe qui est un pré-requis à la communication et aux apprentissages (Baranek et al., 2007). selon Bullinger, elle est aussi mise en jeu pour élaborer sa cognition. Cette cognition se construit au travers d'expériences dans son environnement mais ne doit pas être parasitée par des difficultés du traitement sensoriel. La qualité de l'IS est ainsi un sous-bassement à la cognition (Bullinger, 2003; Delion, 2008). L'IS entre en compte également dans les fonctions de haut niveau telles que la mémoire de travail, l'inhibition, la planification la vitesse de traitement et l'attention. Le bon fonctionnement de ces fonctions cognitives est

assuré par un traitement sensoriel adéquat des données internes (vestibulaire, proprioceptives) et externes (stimuli de l'environnement). Il est également lié à la neurotransmission abordée précédemment par l'étude de Lőrincz et Adamantidis (Adams et al., 2015; Bogdashina, 2012; Davies et al., 2009; Dunn, 2010; Lőrincz & Adamantidis, 2016). Ces fonctions étant influencées par la qualité de l'IS, certains auteurs généralisent l'impact aux apprentissages scolaires ou à tout autre apprentissage nécessitant attention, mémorisation, fonctions exécutives et autres fonctions de haut niveau (Ayres, 1972; Bullinger, 2003; Dunn, 2001; Eeles et al., 2013; Hendrix, 2010).

Cette partie aborde l'influence de l'IS lorsque cette dernière est efficiente. Peu d'études se sont intéressées à cette influence positive. En effet, nous verrons dans une partie ultérieure que de nombreuses données sont disponibles lorsque l'IS est abordée du point de vue du trouble, c'est-à-dire lorsque les auteurs parlent de l'impact négatif lié à un défaut d'IS.

1.6. L'intégration multisensorielle

Cette partie concernant l'intégration multisensorielle (IMS) est incluse dans cette revue dans le but de clarifier les termes. L'IMS est utilisée par les neurosciences pour expliquer les processus neurologiques complexes impliqués dans le traitement et l'interprétation de données sensorielles provenant de différents systèmes sensoriels (Brett-Green et al., 2008; Miller et al., 2009). Cette notion aborde des processus de traitement complexe qui visent une analyse fine et ordonnée des stimuli sensoriels. Des modèles ont été proposés pour comprendre l'IMS mais le sujet d'étude est récent et des recherches sont encore nécessaires pour comprendre ladite notion. En effet, elle met en jeu de nombreuses zones et connexions cérébrales qu'il est difficile d'analyser (Chandrasekaran, 2017; Dionne-Dostie, 2015; Sabes, 2011) et qui sont actuellement étudiées plus chez les animaux que chez les humains (Ohshiro, Angelaki, & DeAngelis, 2017; Reig & Silberberg, 2014; Yabut, 2017).

Pour illustrer l'IMS dans le domaine scientifique, nous pouvons citer l'effet McGurk, phénomène qui montre que les traitements sensoriels provenant d'une part de la vue et d'autre part de l'audition, interfèrent les uns avec les autres.

Le terme de l'IMS est également utilisé par la communauté des chercheurs empiriques comme synonyme de l'IS car ils considèrent que le monde qui nous entoure est multisensoriel et que les interactions entre les différents sens font partie des processus d'IS. Si nous nous reportons aux définitions précédemment évoquées, l'IS permet de structurer et d'organiser le stimuli sensoriels. L'IMS peut donc être comparée à la structuration et à l'organisation des différents stimuli sensoriels (Ayres, 1972; Hendrix, 2010; Miller et al., 2009).

2. Les troubles d'intégration sensorielle

Les troubles d'IS sont reconnus depuis peu dans le milieu médical et paramédical. Il est essentiel de les comprendre et de les repérer car ils influent sur les performances de l'enfant en développement et en situation d'apprentissage. Généralement décrits en co-morbidité ou en lien de cause à effet avec d'autres pathologies telles que les troubles du spectre autistique ou le TDAH, il semble que les récentes études apportent des éléments pour le considérer comme un trouble à part entière. L'objectif de cette deuxième partie est de mettre en exergue les nouvelles études abordant les troubles de l'IS dans le but de pouvoir comprendre les

processus mis en jeu et les comportements associés aux troubles. En premier lieu, nous présentons les définitions et classifications des troubles puis évoquons leur prévalence, leurs mécanismes et leur incidence sur le développement de l'enfant.

2.1. Les définitions et classifications des troubles d'IS

Selon le courant de pensée adopté, les auteurs proposent différentes manières d'aborder la définition des troubles d'IS.

En se fondant sur la définition de l'IS, DiMatties et Sammons (2003) présentent les troubles s'y rapportant comme une difficulté ou une incapacité à moduler, discriminer, coordonner et/ou à organiser les sensations perçues dans notre environnement. Cette incapacité retentit sur l'aptitude de l'enfant à adapter son comportement en fonction des exigences de l'environnement (Ayres, 1972; Dunn, 2001; Miller et al., 2009) et donc sur ses performances relationnelles et cognitives. Selon les auteurs, les troubles se situent à différents niveaux mais les symptômes ne semblent pas différer selon le niveau atteint. En effet, les troubles d'IS peuvent être nommés différemment et, du fait qu'ils soient décrits par les manifestations comportementales, nous ne pouvons pas connaître précisément le processus touché. Nous pouvons parler de troubles de la modulation sensorielle (Bar-Shalita et al., 2008; Dunn, 2010), de troubles de la régulation du traitement des stimuli sensoriels (Perez-Robles et al., 2013; Scholl, 2007), mais aussi de troubles sensori-moteurs (Bullinger, 2004, 2007), ou de façon plus générale, de troubles de l'intégration sensorielle (sensory processing disorder ou sensory integration dysfunction, en anglais) (Allison, 2007; Bagby, Dickie, & Baranek, 2012; Brimo, 2016; Bundy, 2007; Cosbey, Johnston, & Dunn, 2010; Cosbey, 2012; Critz et al., 2015; Davies et al., 2009; Davies & Gavin, 2007; Gavin et al., 2011; Goldstein & Morewitz, 2011; Miller et al., 2007; Owen et al., 2013; Schaaf, 2010; Schaaf et al., 2015; Schneider et al., 2008; Tomchek & Dunn, 2007; Tung et al., 2013).

Pour présenter les troubles d'IS, Miller propose un modèle qui constitue une référence pour un grand nombre d'auteurs (Miller et al., 2007). Sa classification est reprise dans l'ouvrage américain *Chronic Disorders in Children and Adolescents* (Édition 2011) (Goldstein & Morewitz, 2011) mais aussi dans le *Diagnostic Manual for Infancy and Early Childhood*, Greenspan & Wieder (2008). Miller développe les troubles selon trois axes exposés ci après : les troubles de la modulation sensorielle, les troubles moteurs d'origine sensorielle et les troubles de discrimination sensorielle.

Le premier axe se nomme « troubles de modulation sensorielle » et comprend l'hypersensibilité (ou sur-réceptivité), l'hyposensibilité (ou sous-réceptivité) et la recherche de stimulations sensorielles. Les enfants atteints d'hypersensibilité répondent plus rapidement, plus intensément et/ou plus longuement aux stimuli sensoriels. L'hyposensibilité consiste à adopter un comportement d'ignorance ou de non-réponse aux stimuli sensoriels. Les enfants ne semblent pas détecter les entrées sensorielles provenant de leur environnement. Enfin, la recherche de stimulations sensorielles se manifeste par le fait de chercher continuellement une quantité inhabituelle d'apports sensoriels.

Le deuxième axe présente « les troubles moteurs d'origine sensorielle » que sont la dyspraxie et les troubles posturaux. La difficulté réside dans l'incapacité à stabiliser son corps en mouvement ou au repos pour répondre aux exigences environnementales. Les troubles concernent une mauvaise adaptation du corps, des muscles, du tonus et de la posture.

Le troisième axe aborde « les troubles de discrimination sensorielle » qui peuvent affecter chaque système sensoriel. Ces troubles se manifestent par des difficultés à interpréter les caractéristiques des stimuli sensoriels. Autrement dit, bien que les divers stimuli soient détectés, le traitement qui mène à leur discrimination (différenciation) est laborieux et l'individu ne peut pas préciser l'origine et la qualité des stimuli. La régulation de la réponse comportementale est cependant opérationnelle.

Le DC : 0-3 R, publié en 2005, se base sur la classification de Miller pour présenter les troubles de la régulation du traitement des stimuli sensoriel (Scholl, 2007) mais se limite aux troubles du premier axe (modulation sensorielle). L'ouvrage présente également les troubles selon le comportement et une observation clinique. Il ajoute cependant des sous-catégories dans l'hypersensibilité. Y sont alors décrits le Type A qui concerne un individu caractérisé comme adoptant un comportement craintif / prudent et le Type B qui est associé aux individus se montrant comme opposant / provoquant. De plus, dans cette classification diagnostique, Scholl évoque le fait que les troubles peuvent se manifester par des difficultés à gérer les stimuli sensoriels entrants et/ou par des problèmes de régulation de la réponse comportementale (Scholl, 2007).

Notons que la classification de Miller a été mise en doute par une étude de la même auteure (2017) qui, en cherchant à valider les catégories, a conclu au fait que les individus souffrant de troubles d'IS peuvent appartenir à deux catégories à la fois. Perez-Robles a également conclu au fait que les variables décrivant les comportements ne sont pas statistiquement pertinentes mais que les qualifications d'hyper-hyposensibilité et recherche de sensations le sont (Perez-Robles et al., 2013). Les conclusions de ces études sont reprises ultérieurement.

L'étude de Su et Parham a mis en évidence que les difficultés d'analyse sensorielle ont tendance à être exprimées par un système sensoriel en particulier (par exemple, seulement par le toucher). Ces résultats statistiques issus de données cliniques vont à l'encontre de la classification de Miller et soulignent qu'il ne s'agit pas de classer les troubles selon les axes d'hypersensibilité, d'hyposensibilité ou de recherche de stimulations sensorielles mais selon le système sensoriel atteint. Les manifestations sont diverses pour un même système touché et sont de l'ordre de l'hyper-/hyposensibilité, recherche de stimulations ou même de problèmes de perception sensorielle (Su & Parham, 2014). Les troubles d'IS peuvent toucher tous les systèmes sensoriels que sont l'odorat, la vue, l'ouïe, le toucher, le goût, le système vestibulaire et proprioceptif (Ayres, 1972; Dunn, 2010; Hendrix, 2010; Miller & Lane, 2000).

Les travaux de Dunn ont abouti à l'élaboration d'un modèle présentant les troubles sensoriels (Dunn, 2010). Selon elle, ils se classifient suivant le seuil neurologique et la réponse comportementale de l'enfant. Si le seuil neurologique est élevé, cela signifie que l'enfant a des difficultés à percevoir un stimulus sensoriel et a donc une réponse comportementale entravée. Si le seuil est bas, le stimulus est perçu trop intensément et son comportement en est affecté. Indépendamment du niveau du seuil, la réponse comportementale peut être « en accord » avec le seuil ou « contre ». Ainsi, quatre profils sont possibles :

- l'hyposensibilité sensorielle où le seuil neurologique est élevé et la réponse comportementale en accord ;

- la recherche de sensations où le seuil neurologique est élevé et la réponse comportementale en désaccord ;
- l'hypersensibilité sensorielle où le seuil neurologique est bas et la réponse comportementale en accord ;
- l'évitement des sensations où le seuil neurologique est bas et la réponse comportementale en désaccord.

Enfin, Bullinger explique que selon lui, les difficultés du traitement sensoriel sont dues à un usage inhabituel des systèmes sensoriels. Il ne décrit les troubles que chez l'enfant autiste mais il explique que chez ce dernier, les outils et systèmes sensoriels qui servent habituellement à explorer l'environnement et à manipuler, sont utilisés de manière à maintenir les effets archaïques de ces systèmes sensoriels dans le but d'assurer une tonicité constante. Les troubles se manifestent par la recherche de sensations archaïques, autrement dit, de sensations basiques voire primaires telles que la texture, la température, la douleur, etc. (Bullinger, 2007; Kloeckner et al., 2009). Ces propos sont concordants avec les travaux qui mettent en évidence le fait que les enfants atteints de troubles d'IS montrent des défauts de maturation d'IS. Cette absence de maturation se manifeste par un manque d'habituation au stimulus sensoriel ou par une absence de potentiel d'action permettant de transmettre les données sensorielles (Davies et al., 2009; Miller et al., 2009).

Les troubles d'IS sont exclusivement décrits selon le comportement adopté par l'enfant. C'est par l'observation clinique que les chercheurs interprètent les comportements inadaptés et catégorisent les troubles. La partie suivante présente diverses études qui ont cherché à objectiver ces troubles via des méthodes objectives (EEG).

2.2. Prévalence et objectivation des troubles

Bien qu'il soit nécessaire de connaître les définitions et classifications des troubles, il est essentiel confirmer la présence de ces troubles dans la population et d'en appréhender la prévalence.

2.2.1. Prévalence

Pour apprécier la prévalence des troubles d'IS, il est important de savoir si nous pouvons distinguer ces troubles des autres pathologies dans lesquelles ils sont décrits de manière quasi-systématique. En effet, prenons comme exemple les troubles du spectre autistique. Le DSM-V a inscrit les troubles du traitement sensoriel dans un des sous-critères diagnostiques (DSM-V, American Psychiatric Association, 2015) car ils y sont fréquemment associés. Nous ne pouvons cependant pas savoir si les troubles d'IS dépendent de l'autisme (et du fonctionnement atypique global de l'enfant autiste) ou s'ils sont indépendants (et donc co-morbides). L'étude de Tomchek et Dunn a, par ailleurs, confirmé que 95 % des enfants autistes présentent des troubles d'IS (Tomchek & Dunn, 2007). Du fait du principe de maturation de l'IS, notons que 50 % des enfants prématurés présentent des troubles d'IS (Rahkonen et al., 2015). Lesdits troubles sont également décrits dans le TDA/H, la déficience intellectuelle et les troubles des apprentissages.

Schoen et ses collègues ont alors cherché à distinguer les troubles du spectre autistique des troubles de l'IS. En étudiant les système nerveux sympathique (éveil et réactivité), les chercheurs ont obtenu des résultats qui montrent une différence significative concernant la

physiologie et les comportements dans les deux groupes (Schoen et al., 2009). Miller, quant à elle, a cherché à distinguer TDAH et troubles d'IS. Les résultats de son étude fondée sur l'analyse standardisée des comportements permettent de confirmer cette différence de traitement sensoriel et de comportements (Miller et al., 2012).

Dans le but d'établir la prévalence des troubles, Ahn et ses collaborateurs ont recensé les troubles d'IS dans la population des enfants d'âge pré-scolaire (entre 4 et 6 ans) aux Etats-Unis. Les résultats fondés sur la perception des parents et les test statistiques effectués sur les données provenant de questionnaires ont révélé que 5,3 % à 13,7 % de la population âgée de 4 à 6 ans présentent des troubles d'IS. Les questionnaires issus du Profil Sensoriel de Dunn avaient été envoyés à des parents non-formés à ce matériel et vivant dans un même quartier urbain (Ahn et al., 2004), ce qui peut entraîner des biais à cette étude.

L'étude de Ben-Sasson, Carter et Briggs-Gowan a cherché, quant à elle, à recenser les enfants atteints de troubles d'IS et étant âgés de 7 à 11 ans. En maîtrisant diverses variables concernant la sociodémographie et l'association d'autres pathologies, les auteurs ont conclu à une prévalence atteignant les 16 % dans une population âgée de 7 à 11 ans (Ben-Sasson et al., 2009).

Si nous voulons comparer ces données avec notre population française, il est essentiel de considérer la prévalence américaine avec prudence car les données peuvent ne pas être représentatives de la population générale. D'un pays à un autre, les scores aux tests diagnostiques peuvent être discordants si les aspects sociodémographiques, économiques et ethniques ne sont pas semblables. Ainsi, il existe une étude israélienne cherchant à valider le Profil Sensoriel de Dunn sur sa population qui a mis en évidence que les items du test diagnostique ne convenaient pas car les scores des enfants tout-venant se rapprochaient considérablement du score pathologique retrouvé dans le test américain (Neuman, 2006).

2.2.2. Objectivation

Pour objectiver les troubles d'IS, l'observation clinique n'est pas suffisante. Il est essentiel d'obtenir des données statistiques et significatives. Des études ont été réalisées à partir d'échelles et de questionnaires standardisés. La validité psychométrique de ces outils permet de confirmer la présence de troubles d'IS en analysant leur comportement.

De nombreuses études étudiant les troubles d'IS et leurs impacts utilisent des questionnaires qui permettent de confirmer ou d'infirmer la présence desdits troubles (ces études sont abordées dans la partie 2.4 Impacts). Ces questionnaires sont standardisés et sont fondés sur des observations cliniques provenant de professionnels ou des parents. Le principal questionnaire utilisé dans les récentes recherches est la version courte du Profil Sensoriel de Dunn. Bien qu'une validité psychométrique soit retrouvée dans ce test, le diagnostic s'effectue à partir de données cliniques et observationnelles uniquement (Dunn, 2010).

L'étude Perez-Robles et ses collaborateurs (Perez-Robles et al., 2013), qui avait pour objectif de contribuer à la validation des critères diagnostiques du DC : 0-3 R, a mis en évidence que les variables concernant le traitement sensoriel sont pertinentes mais que les variables cherchant à qualifier le comportement ne le sont pas. Ces éléments remettent en question le diagnostic sur simple observation. L'étude de Miller (2017) met également en doute la classification des troubles et donc la validité des diagnostics. En effet, les chercheurs

ont remarqué que la catégorie de comportements associée au trouble (hyper-/hyposensibilité, recherche de sensations, troubles de la discrimination) n'était pas spécifique à un trouble en particulier. Par exemple, les auteurs expliquent qu'il existe des enfants qui présentent des comportements associant hypersensibilité et recherche de sensations (d'autres associations sont possibles). Une autre étude datant de 2014 a également trouvé des dissociations dans les classifications et apporte des résultats qui classent les troubles non pas selon l'hyper-/l'hyposensibilité ou recherche de sensations mais selon le système sensoriel perturbé (Su & Parham, 2014).

Mailloux et ses collaborateurs (2011) ont, eux aussi, cherché à valider les classifications et ont conclu au fait que les limites des études sur les troubles d'IS résident dans le fait qu'il existe une interprétation subjective non négligeable dans l'analyse des différents facteurs comportementaux. Les propos de Perez-Robles sont concordants avec cette dernière conclusion de Mailloux et ajoutent qu'il est nécessaire de détenir des données neurophysiologiques pour conclure à la présence ou non de troubles d'IS (Perez-Robles et al., 2013).

Des études récentes ont été réalisées dans le but d'objectiver les troubles grâce à des méthodes basées sur des outils technologiques tels que l'EEG. Les recherches de Davies et ses collaborateurs ont cherché à répondre à cet objectif. Ils ont sélectionné des enfants ayant des troubles d'IS diagnostiqués par le Profil Sensoriel de Dunn et ont mesuré les différences de traitement auditif via l'électroencéphalographie (EEG). Les résultats ont montré des différences significatives chez les enfants avec et sans troubles d'IS. Ils concluent que les enfants avec troubles d'IS rencontrent des difficultés pour filtrer les stimuli sensoriels répétés ou non pertinents. Ils ne parviennent pas à réguler de manière sélective leur sensibilité, c'est-à-dire leurs réponses corticales à un stimulus en particulier (Davies et al., 2009; Davies & Gavin, 2007). Leurs résultats permettent également de mettre en évidence un effet de maturation de l'IS. En effet, chez les enfants tout-venant, les auteurs retrouvent une corrélation entre le déclenchement du potentiel d'action et l'âge (plus l'enfant est âgé, plus il présente une habituation sensorielle). Cette maturation n'est pas retrouvée chez les enfants avec troubles d'IS (Davies et al., 2009). L'étude de Gavin (2011) a, elle aussi, utilisé l'EEG comme technique objective pour confirmer le fait que le traitement sensoriel est différent chez les enfants diagnostiqués comme ayant des troubles d'IS. Les résultats mettant en évidence une différence significative de traitement sensoriel, les auteurs concluent à l'existence de ces troubles qui est donc associé à une activité cérébrale bien particulière. De plus, leurs données leur permettent de montrer également qu'il existe une différence dans les comportements adaptatifs et les performances fonctionnelles chez les enfants avec troubles d'IS (Gavin et al., 2011).

D'autres techniques objectives ont permis d'apporter la preuve de l'existence des troubles d'IS. Une première technique, utilisée par Schaaf, consiste en l'électrocardiogramme associé à l'analyse du rythme respiratoire qui permettent de caractériser l'état des fonctions parasympathiques. Les résultats significatifs de l'étude apportent la conclusion que les enfants avec troubles de la modulation sensorielle présentent une activité physiologique différente de celle des enfants tout-venant. De plus, Shaaf a utilisé le Vineland (test de référence pour étudier le comportement) pour analyser les comportements des deux groupes testés et tire la conclusion qu'il existe une différence significative de traitement sensoriel qui influe sur la qualité des interactions de l'enfant (Schaaf, 2010). Une autre technique objective utilisée est

celle de l'IRM, et plus précisément l'imagerie par tenseur de diffusion (DTI). Via cette technique, Owen et ses collègues ont cherché à analyser la différence des microstructures de la substance blanche chez les enfants avec troubles de l'IS et les enfants tout-venant. Leurs résultats concordent avec les études présentées ci-dessus. En effet, les auteurs ont relevé des différences concernant la matière blanche dans les radiations thalamiques postérieures ou dans la partie postérieure du corps calleux.

2.3. Les mécanismes neurophysiologiques

Pour comprendre les causes neurophysiologiques des troubles d'IS, la recherche actuelle a utilisé des méthodes objectives. Cependant, les mécanismes neurologiques mis en jeu dans les troubles d'IS semblent difficiles à identifier et à analyser. De plus, peu d'études ont cherché à trouver des réponses à cette problématique.

En premier lieu, les études rapportent qu'il existe un fonctionnement atypique du système nerveux sympathique et parasympathique (Miller, 2001 ; Schaaf, 2010). En effet, les enfants ayant des troubles d'IS présentaient également une faible activité de ce système. Nous savons notamment que les fonctions sympathique et parasympathique interviennent dans la capacité à moduler le degré, l'intensité et le type de réponses aux stimuli sensoriels provenant de l'environnement.

Deuxièmement, nous savons que le SNC est également impliqué dans les troubles d'IS par le fait que nous trouvons un potentiel d'action anormalement élevé chez les enfants atteints de troubles de l'IS. Ce potentiel d'action représente la capacité du SNC à inhiber ou filtrer les stimuli sensoriels non pertinents ou répétés. Ces difficultés de traitement seraient dues à des déviations neuronales atypiques (Davies et al., 2009; Gavin et al., 2011; McIntosh et al., 1999). Une autre étude réalisée sur le singe met en évidence le fait que la neuromodulation dopaminergique située dans le striatum serait impliquée dans les troubles d'IS (Schneider et al., 2008).

Par ailleurs, sans en connaître les causes, les recherches d'Owen ont démontré que les troubles d'IS sont liés à une réduction microstructurale de la substance blanche dans la partie postérieure du corps calleux ou dans les radiations thalamiques postérieures (Owen et al., 2013).

Enfin, les recherches étudiant le principe de maturation de l'IS ont montré que les difficultés d'accoutumance aux stimuli sensoriels sont liées à une maturation atypique voire absente du traitement sensoriel (Baranek et al., 2013; Baranek et al., 2007; Davies et al., 2009; Davies & Gavin, 2007) . Cependant, les résultats des recherches de Schoen apportent des éléments contraires et démontrent qu'il existe tout de même une maturation d'IS chez les enfants porteurs du troubles (Schoen et al., 2009).

2.4. L'impact

Du point de vue du thérapeute que nous sommes, il est essentiel de connaître les répercussions des troubles d'IS sur le fonctionnement de l'enfant pour adapter notre regard de clinicien et pourquoi pas notre prise en charge. En effet, la définition des troubles d'IS explique clairement que ces troubles influent de façon négative sur le comportement adaptatif de l'enfant dans son environnement. Cette partie vise à présenter la littérature qui a cherché à préciser les répercussions desdits troubles.

Les différentes classifications illustrent les catégories par des types de comportements. Ainsi, un enfant atteint d'hypersensibilité sensorielle aura tendance à connaître l'irritabilité, les sautes d'humeur, le stress face aux stimuli sensoriels aversifs, une mauvaise socialisation, une difficulté à s'adapter aux nouveautés environnementales et un niveau de performance non optimal (Goldstein & Morewitz, 2011; Miller et al., 2017; Scholl, 2007). L'hyposensibilité sensorielle, du fait d'un comportement non-répondant, mène à une apathie, un manque de volonté et d'engagement dans les activités, une absence d'initiation dans la socialisation et l'exploration (Goldstein & Morewitz, 2011; Miller et al., 2017; Scholl, 2007). Les individus en recherche continue de sensations, quant à eux, s'engagent considérablement dans les activités mais explorent l'environnement uniquement d'un point de vue sensoriel. Nous retrouvons alors des perturbations dans le comportement adaptatif, dans la socialisation et dans la gestion des émotions (Goldstein & Morewitz, 2011; Miller et al., 2017; Scholl, 2007).

Ben-Sasson a analysé des données sur un important nombre d'enfants (n = 925) et a relevé que les enfants atteints d'hyper-sensibilité sensorielle montrent fréquemment des comportements d'internalisation (anxiété, isolement, dépression), d'externalisation (agressivité, impulsivité, hyperactivité) ainsi qu'un niveau inférieur de comportements sociaux adaptatifs. Ces mêmes répercussions sur le comportement ont, à la leur tour, un impact sur les performances impliquées dans les activités quotidiennes, les tâches scolaires et la participation sociale (Ben-Sasson et al., 2009; Gunn et al., 2009; Lucy Jane Miller et al., 2017). L'étude de Schaaf, qui s'appuie sur le Vineland pour qualifier les répercussions indique, en effet, que les enfants atteints de troubles de l'IS rencontrent des difficultés de communication, de performance dans la vie quotidienne et dans les activités sociales (Schaaf, 2010). Concernant les activités quotidiennes, les auteurs notent qu'il y a un impact sur le niveau de performance, sur le plaisir pris durant l'activité, sur les habitudes, les routines de vie ainsi que sur les choix des activités faites en famille (Bagby et al., 2012; Davies & Gavin, 2007).

Sur le plan moteur, les recherches de Gavin ont montré que les troubles d'IS conduisent à une baisse des performances fonctionnelles sur des tâches sensorielles et motrices (Gavin et al., 2011). Bullinger explique que l'exploration fonctionnelle et les interactions avec l'environnement sont perturbées et c'est pourquoi l'acquisition de l'équilibre sensori-tonique ainsi que le développement de la cognition seront troublés (Bullinger, 2004, 2007). De plus, selon Dunn, les troubles d'IS influent sur les performances quotidiennes et générales de l'enfant et donc sur sa participation, sa concentration mais aussi sur l'apprentissage et sur les comportements sociaux (Dunn, 2001, 2010).

Selon une approche plus précise, il existe des répercussions sur le traitement du langage, sur l'efficacité des traitements orthophoniques (troubles articulatoires), sur l'oculomotricité, sur le sommeil, sur l'attention conjointe, sur l'attention soutenue et plus exactement sur l'orientation de l'attention (Allison et al., 2007; Baranek et al., 2013; Barutchu et al., 2011; Brimo, 2016; Tung et al., 2013).

Enfin, les observations lors de situations ludiques ont mis en évidence que le schéma de traitement sensoriel des enfants influence leurs préférences de jeu et leurs choix de jouets. Par exemple, les enfants avec hyposensibilité sensorielle préfèrent les jouets miniatures alors que

les enfants avec recherche de sensations choisissent des jouets d'art créatif et des matériaux de construction (DeSantis et al., 2011).

Notons cependant que les recherches de Cosbey ont conclu au fait que le choix des activités ne différait pas significativement selon les enfants avec ou sans trouble. La différence réside plutôt dans le plaisir ressenti (plus de plaisir chez les enfants avec troubles), dans le réseau social durant l'activité (moins de socialisation chez les enfants avec troubles) et dans les compétences mises en jeu (Bundy et al., 2007; Cosbey et al., 2010). Les auteurs ajoutent le fait que la participation aux jeux n'est pas directement troublée d'un point de vue quantitatif mais que des différences qualitatives apparaissent et incluent le conflit, le jeu individuel et la méconnaissance des indices sociaux (Cosbey et al., 2012).

3. Les outils d'évaluation adaptés en français

Pour détecter de façon objective les troubles d'IS, des chercheurs ont construit des outils standardisés d'après des recherches méthodologiques. Cependant, même si des études utilisant une technologie objective (EEG) ont permis de mettre en évidence les troubles, les critères diagnostiques sont exclusivement basés sur des observations cliniques et des questionnaires parentaux. Ces derniers outils d'évaluation sont nombreux mais peu d'entre eux sont adaptés en français. L'adaptation d'un test consiste à étalonner l'outil à la population de référence. Cette procédure est essentielle car les données démographiques influent sur les opérateurs des tests mais surtout sur la population évaluée. En effet, des chercheurs israéliens ont mis en évidence que le Profil Sensoriel de Dunn (2010) ne permet pas de diagnostiquer les troubles d'IS chez les enfants israéliens de 3 ans à 10 ans 11 mois. Les scores obtenus par les enfants tout-venant étaient nettement inférieurs que ceux de la population de Dunn et se rapprochaient d'un développement pathologique (Neuman, 2006).

Pour analyser les tests, nous nous sommes inspirés du travail de Leclercq et Veys (2014) qui apporte une réflexion sur les tests standardisés. Nous voulons savoir si les outils diagnostiques utilisés pour repérer les troubles d'IS répondent aux différentes propriétés psychométriques qui sont les suivantes : qualification de l'évaluateur, consignes d'administration et de cotation, taille et caractéristiques de l'échantillon, analyse des items, mesure de comparaison à la norme, validité, fidélité, sensibilité et spécificité.

3.1. Profil sensoriel. Dunn, 2010.

Le Profil Sensoriel est un des tests de référence pour évaluer les troubles d'IS ainsi que les répercussions sur le comportement et se présente sous forme d'un questionnaire de 125 items à remplir par le parent. L'objectif est d'évaluer l'impact des troubles sensoriels de l'enfant sur sa vie quotidienne. Il permet de connaître les réactions comportementales de l'enfant face à des stimuli sensoriels ainsi que les répercussions sur les activités de la vie quotidienne. Les résultats permettent de catégoriser les performances de l'enfant comme étant typiques, probablement différentes ou assurément différentes. Un profil de l'enfant s'établit selon le seuil neurologique et le comportement adopté (en accord ou désaccord). Le second but de cet outil est de dégager des pistes de prises en charge et d'aménagements pour favoriser sa participation, renforcer sa capacité d'apprentissage et l'aider à gérer ses émotions.

L'étalonnage a été effectué sur une population âgée de 3 ans à 10 ans 11 mois. Le test concerne les enfants tout-venant, les enfants autistes, ayant des troubles du comportement, des troubles d'apprentissages, des troubles d'attention, un handicap sensoriel, une pathologie neurologique, un retard mental, etc.

La durée de passation est estimée à 30 minutes et la durée de cotation à 20-30 minutes. L'écart à la norme est disponible en écart-types. La qualification de l'évaluateur est précisée et nécessite une formation pour maîtriser l'outil et pour acquérir une interprétation précise des résultats. Les consignes d'administration sont simples et correctement spécifiées. La validation française a été effectuée sur 561 sujets tout-venant, ce qui représente un nombre convenable concernant la fidélité du test. Les caractéristiques sociodémographiques ont été neutralisées, ce qui indique que la population testée est représentative de la population générale. La fidélité test-retest a été testée et les auteurs ont obtenus des résultats statistiques probants permettant de l'assurer. Les analyses statistiques ont également révélé un Alpha de Cronbach supérieur à 0.70 concernant la cohérence interne, autrement dit, les items mesurent bien ce qu'ils sont censé mesurer.

Au sujet des propriétés démontrant la validité du test, la validité de contenu est établie par une revue de littérature, une révision des experts et une analyse des catégories effectuée par une étude nationale. Les validités convergente et divergente sont assurées par une comparaison avec l'outil School Function Assessment. La validité théorique est supportée par le modèle sous-jacent proposé par Dunn.

Les notions de sensibilité (mise en évidence de la présence de troubles chez des enfants effectivement atteints) et spécificité (capacité du test à rejeter la présence de troubles chez des patients effectivement non atteints) ne sont pas abordées dans le manuel et sont pourtant des facteurs essentiels pour connaître la pertinence d'un outil diagnostique. Selon Leclercq et Veys, ces deux derniers points sont souvent ignorés dans la description psychométrique des tests (Leclercq & Veys, 2014).

3.2. Profil sensoriel, forme abrégée. Dunn, 2010.

Le Profil Sensoriel, forme abrégée a été construit dans le but d'adapter la détection des troubles sensoriels pour concorder avec les protocoles de recherche et le dépistage rapide de première intention (ou screening). Il concerne les enfants âgés de 3 ans à 10 ans 11 mois et comporte seulement 38 items qui doivent être complétés par les parents. La durée de passation est de 10 minutes et il en est de même pour la durée de cotation. L'objectif général est le même que le Profil Sensoriel, forme longue.

Ces items ont été choisis selon des critères d'exclusion, selon une analyse croisée avec le Profil Sensoriel mais aussi au travers de l'échantillon. Cet échantillon est constitué de 117 enfants âgés de 3 à 17 ans dont les données sociodémographiques semblent ne pas avoir été prises en compte. Les consignes d'administration et de cotation sont aussi précises que celles de la forme longue de l'outil. La cohérence interne a été calculée selon les Alphas de Cronbach qui se révèlent corrects (>0.70). La validité interne est appropriée, ce qui signifie que les conclusions du chercheur et de l'évaluateur sont fiables. La validité théorique est solide car elle est basée sur une corrélation des résultats avec les réponses électrodermales des sujets.

La fidélité test-retest n'a pas été étudiée. Il en est de même pour la fidélité inter-juge, pour la sensibilité et la spécificité de l'outil. Si les scores obtenus semblent indiquer un profil sensoriel atypique, alors il est intéressant d'administrer le Profil Sensoriel, forme longue.

3.3. Profil sensoriel, adolescent/adulte. Dunn, 2006

Les prochains outils de Winnie Dunn exposés dans ce mémoire ne sont pas adaptés en français mais certains manuels d'utilisation sont traduits. Nous avons choisi de les présenter car ils sont utilisés par des professionnels français et sont donc intéressants à connaître. Les propriétés psychométriques seront cependant peu évoquées car les statistiques effectuées ne sont pas fondées sur une population représentative des enfants français.

Le Profil Sensoriel adolescent/adulte a les mêmes objectifs que le Profil Sensoriel, forme longue sauf qu'il est administré aux personnes âgées de 11 ans et plus. Sa durée de passation est estimée entre 10 et 15 minutes. Il s'agit d'un questionnaire auto-administré de 60 items. Cet outil permet de comprendre pourquoi l'individu adopte certains comportements et pourquoi il préfère certaines expériences que d'autres. Il permet également de mettre en place des aménagements de l'environnement et de planifier des interventions en fonction des spécificités sensorielles relevées.

Les données psychométriques ont été analysées sur la base d'un échantillon américain catégorisé en trois groupes : adolescents, adultes et adultes âgés. Les statistiques ont présenté des résultats corrects qui révèlent une bonne fiabilité et validité de l'outil. Encore une fois, les aspects de spécificité et de sensibilité ne sont pas évoqués.

3.4. Profil sensoriel, compagnon scolaire. Dunn, 2006

La particularité de cet outil réside dans le fait qu'il est spécifique à l'élève, plus qu'à l'enfant lui-même. En effet, ce questionnaire évalue les aptitudes de traitement des informations sensorielles de l'enfant en situations scolaires ainsi que les répercussions de ce traitement sensoriel sur le comportement et les performances scolaires. Les résultats obtenus permettent de dresser un profil sensoriel de l'enfant et d'envisager une intervention adaptée selon quatre facteurs qui peuvent ressortir : besoin de support externe ; conscience et attention de l'élève dans l'environnement ; niveau de tolérance aux stimuli sensoriels ; disponibilité aux apprentissages.

Cet outil n'est ni traduit en français ni adapté à la population française. Il concerne les enfants âgés de 3 ans à 11 ans 11 mois. L'administration est estimée à 30 minutes, se compose de 62 items et est réalisée par l'enseignant. Les données psychométriques de fidélité et validité sont correctes mais concernent la population américaine. Les auteurs ne font pas mention de la sensibilité ni de la spécificité.

Cette version du Profil sensoriel est intéressante car elle permet de connaître les répercussions d'un déficit d'IS sur les apprentissages de l'enfant. Nous savons, en effet, que ce dernier point constitue un des impacts négatifs présents lors d'un trouble d'IS (Ayes, 1972; Bar-Shalita et al., 2008; Dunn, 2001; Dunn et al., 2016). Il est alors essentiel de pouvoir repérer les troubles pour adapter l'environnement scolaire de l'enfant et le rendre ainsi plus performant.

3.5. Profil sensoriel 2. Dunn, 2014

Ce dernier outil élaboré par Dunn permet d'évaluer le traitement sensoriel et ses répercussions sur la participation de l'enfant à la maison, en classe mais aussi dans son environnement social. Il concerne une large population car il est composé de cinq questionnaires différents qui s'adressent aux enfants à partir de leur naissance jusqu'à 14 ans 11 mois. La liste des cinq outils est la suivante : Profil sensoriel 2 Nourrisson (naissance à 0 ans 6 mois) ; Profil sensoriel 2 Jeune enfant (0 ans 7 mois à 2 ans 11 mois) ; Profil sensoriel 2 Enfant (3 ans à 14 ans 11 mois) ; Profil sensoriel 2 Version abrégée (3 ans à 14 ans 11 mois) ; Profil sensoriel 2 Compagnon scolaire (3 ans à 14 ans 11 mois). Ces évaluations sont remplies par l'enseignant et/ou les parents de l'enfant et comportent entre 25 et 86 items en fonction du questionnaire. Les durées de passation sont estimées entre 5 et 20 minutes.

Les questionnaires sont tous standardisés et comportent des analyses psychométriques fiables. Les arguments des auteurs en faveur de ces nouvelles versions résident dans le fait qu'elles sont plus courtes, que les formulaires de recueil des informations sont combinés, les questions sont mises à jour, de nouvelles classes d'âges sont concernées et des études de cas détaillées sont disponibles. Il est intéressant de noter que les auteurs ont cherché à valider leur test auprès d'enfants avec et sans déficiences, avec autisme, avec TDAH et rencontrant des difficultés d'apprentissages.

Cet outil au large éventail d'évaluations permet donc une observation exhaustive de l'enfant dans ses différents environnements. L'élaboration d'interventions adaptées est au plus proche du fonctionnement de l'enfant.

3.6. Profil sensoriel et perspectif, révisé (PSP-R). Bogdashina, 2012

Le PSP-R est un outil construit également sous forme de questionnaire à remplir par les parents mais aussi par un professionnel lors de séances à domicile ou en structure. Il est constitué de 230 items qui concernent la vie quotidienne de l'enfant ou de l'adulte. Il a la particularité de ne pas se limiter à un âge minimum ou maximum mais il concerne plutôt les personnes autistes. Ses objectifs sont d'identifier les domaines sensoriels atteints mais aussi d'identifier les stratégies de compensation et les modalités sensorielles préférées, le but final étant de choisir des stratégies d'intervention appropriées.

Selon les réponses aux questions (par fréquence d'apparition du comportement), nous obtenons un arc-en-ciel qui se colore en fonction des domaines sensoriels touchés. Ainsi, sept systèmes sensoriels sont analysés : la vue, l'odorat, le toucher, l'ouïe, le goût, les systèmes vestibulaire et proprioceptif. Cet outil a la particularité de prendre en compte les aptitudes présentes, absentes mais aussi passées. La durée de passation est estimée à 30-45 minutes.

Olga Bogdashina a élaboré cet outil à partir d'observations et de son expérience clinique auprès des personnes autistes. Nous n'avons alors pas de données psychométriques disponibles. Cependant, notons que l'outil est en cours de validation en Normandie. En effet, le Centre Ressources Autismes de la région a recueilli des données (des centaines de protocoles complets) durant l'année 2017 et commence le traitement statistique.

3.7. Bilan sensori-moteur. Bullinger, 1996

Le Bilan Sensori-Moteur d'André Bullinger® est un outil d'évaluation globale qui a pour objectif de relever les compétences motrices et sensorielles de l'individu dans une perceptivo cognitive, émotionnelle et relationnelle. C'est aujourd'hui une marque déposée. En effet, une formation doit être effectuée et permet d'obtenir le Diplôme Universitaire ou Certificat de formation qui vise à faire acquérir les conditions de la pratique du Bilan Sensori-Moteur. L'outil s'adresse aux enfants prématurés, aux nourrissons, aux enfants, aux adultes en souffrance pour raisons diverses et non précisées.

Ce bilan repose sur des mises en situations précises ou globales de l'enfant afin d'explorer différents domaines de fonctionnement qui concernent le tonus, la sensorialité, la motricité, les praxies, l'oralité, la posture, la structuration spatiale et la représentation de l'organisme. Selon Bullinger, les observations issues de ces situations permettent de comprendre les processus de développement, les modes d'organisation et les potentialités de l'individu. Bullinger ne veut pas faire un parallèle direct entre l'enfant et son/ses déficit(s) mais il veut l'analyser en fonction de son fonctionnement global et de ses interactions avec l'environnement. C'est pour cette raison que le temps de passation et de cotation est estimé à 10 heures de travail. Le bilan est composé d'une évaluation sensori-motrice filmée (2h), d'un entretien de restitution avec les parents (1h), d'une étude rétrospective de la séance (3h) et de la rédaction d'un rapport (4h).

Le Bilan Sensori-Moteur n'est pas standardisé et ne comporte pas de données psychométriques. Nous pouvons cependant apporter quelques éléments théoriques afin de situer les travaux de Bullinger. Cet auteur s'inscrit dans une approche issue de la psychologie du développement et s'inspire d'auteurs tels que Piaget, Wallon et Vygostki. Il explique que l'enfant est un processus en lui-même, que la notion de développement (notamment de zone proximale de développement) est essentielle, qu'il existe un lien entre biologie et socialisation/interactions. L'inné et l'acquis sont des domaines qui s'influencent entre eux et qui permettent d'organiser et de coordonner les conduites sensori-motrices. Selon lui, l'enfant doit être observé dans sa globalité mais aussi selon un regard spécifique sur les dimensions sensori-toniques et tonico-émotionnelles. La validité théorique de son outil se fonde ainsi sur la littérature de la psychologie du développement, sur des recherches fondamentales ainsi que sur un partage clinique (Bullinger et al., 1996).

3.8. Évaluation Sensorielle de l'adulte avec autisme (ESAA). Degenne, 2014

Ce dernier outil récent et adapté à la population française a comme objectif d'aider les professionnels à évaluer la symptomatologie sensorielle des personnes adultes avec autisme. Cette évaluation s'effectue via le repérage des modalités sensorielles ayant un fonctionnement typique ou atypique (« *non commun* » selon les mots de l'auteur). Claire Degenne a construit cette échelle à partir des outils d'Olga Bogdashina et de Winnie Dunn ainsi que sur des observations cliniques de la population cible. La particularité de l'échelle est de relever les particularités sensorielles, non pas selon la fréquence d'apparition des comportements, mais selon l'intensité des troubles.

Deux modalités de passation sont proposées et permettent une meilleure connaissance de la réactivité sensorielle de l'adulte évalué. La première est l'observation indirecte dont la passation est estimée à 20 minutes et qui est basée sur la connaissance de la personne dans son

milieu de vie. L'échelle doit donc être remplie par un proche. La deuxième modalité s'appuie sur une observation directe fondée sur une échelle standardisée et qui s'effectue selon une « mallette sensorielle ». Elle est réalisée par un professionnel en présence de la personne à évaluer et dure environ 45 minutes. La cotation ne permet pas de connaître l'écart à la norme mais permet de dégager un profil sensoriel tel qu'une absence de perturbation, un profil sensoriel légèrement à moyennement perturbé ou un profil sensoriel sévèrement perturbé.

L'outil est validé sur une population de 118 adultes avec autisme mais n'est pas normalisé sur une population de tout-venant. Les données psychométriques concernant la fidélité du test sont correctes. En effet, toutes les données chiffrées sont au-delà du minimum requis pour être significatives, nous notons une fidélité inter-juge à 0.80, une cohérence interne à 0.74, une fidélité test-retest à 0.85 et une fidélité intermodalité appropriée (<0.05). La validité de l'outil est assurée par une base théorique se fondant sur une revue de littérature, sur les travaux de W. Dunn et d'O. Bogdashina et sur une relecture effectuée par des experts. Les données concernant la spécificité et la sensibilité ne sont pas disponibles car l'outil n'a pas été normalisé sur une population d'individus tout-venant.

Pour conclure cette partie abordant les outils d'évaluation adaptés à la population française, nous pouvons noter qu'il n'en existe que très peu. De plus, le Profil sensoriel et l'ESAA sont les seuls tests standardisés. Cependant, nombre d'auteurs s'accordent pour dire que le plus important de l'évaluation réside dans l'observation globale du patient (Bullinger et al., 1996; Delion, 2008; Dunn, 2001, 2010; Goldstein & Morewitz, 2011; Miller et al., 2009; Perez-Robles et al., 2013; Schaaf et al., 2015; Scholl, 2007). Des interventions peuvent se mettre en place de manière instinctive mais une évaluation précise est cependant essentielle afin de caractériser les troubles sensoriels et de mettre en place des aménagements pertinents et spécifiques.

Discussion

Cette revue de littérature a apporté de nombreuses données au sujet de l'IS, de ses troubles et des outils d'évaluation existants. Dans le but de discuter les résultats et d'y apporter un avis orthophonique, nous développerons certaines remarques concernant la méthodologie choisie, la critique des résultats, les apports des connaissances pour la pratique clinique et le lien entre IS et orthophonie.

1. Critique de la méthodologie

Pour commencer la critique de cette revue de littérature, nous commenterons la sélection d'articles. Il faut noter que de nombreux articles ont été sélectionnés d'après la bibliographie d'articles provenant de notre recherche par mots-clefs. La reproductibilité de la méthode est donc limitée par cet aspect. En effet, les mots clefs évoqués ont fait ressortir une grande quantité d'articles mais nous avons dû en écarter un grand nombre car nous voulions connaître les troubles d'IS selon une présentation isolée et non pas en association avec les troubles du spectre autistique. Ainsi, notre collection d'articles s'est considérablement réduite. Il pourrait être intéressant d'inclure les articles abordant les troubles sensoriels dans l'autisme et d'essayer de comprendre ce qui ressort de l'autisme et ce qui est de l'ordre des troubles d'IS. Cette tâche est complexe et nécessite une connaissance experte de l'autisme et des

comportements associés. De plus, l'existence d'un possible biais d'interprétation n'est pas négligeable.

Nous avons choisi d'écarter l'IMS car elle met en jeu des traitements cérébraux de haut niveau et bien plus complexes que ceux de l'IS. Cependant, cette notion peut faire partie intégrante des différents aspects de l'IS si l'on considère que notre environnement est composé de stimuli sensoriels de tout ordre. La difficulté résidait dans le point de vue adopté par les chercheurs. En effet, ils se concentrent majoritairement sur le traitement d'un seul stimulus et sur le comportement adopté. Néanmoins, de récentes études s'intéressent aujourd'hui à l'IMS au travers d'un point de vue, non pas comportemental, mais neurophysiologique et des données pertinentes émergent. Il serait intéressant qu'un futur mémoire d'orthophonie explore les mécanismes de l'IMS pour comprendre la complexité du traitement sensoriel et ses implications dans la communication et le langage.

Enfin, cette revue de littérature avait la particularité de recenser de nombreuses données issues d'observations cliniques et dans lesquelles les causes ne sont pas évoquées. Ainsi, la pertinence statistique n'est pas toujours abordée et les informations transmises sont parfois fondées sur l'interprétation des chercheurs. Les apports cliniques concernant l'IS sont nombreux alors que les apports théoriques et neurophysiologiques sont moins évoqués. Hors, les deux points de vue sont essentiels, intéressants et surtout, complémentaires afin de comprendre l'IS et ses troubles mais aussi pour mettre en place des interventions adaptées ou pour aménager l'environnement des patients.

2. Synthèse critique des résultats

Les résultats de notre revue de littérature ont apporté des données cliniques au sujet des troubles, plus que sur l'IS en elle-même. La notion est majoritairement traitée en lien avec les troubles car de nombreux chercheurs ont comme objectifs de mettre à jour des pistes d'intervention. La recherche fondamentale est peu mise en avant lorsque l'on s'intéresse à l'IS. C'est en effet, à partir des articles abordant les troubles que nous avons pu exposer les mécanismes mis en œuvre. Il est pourtant primordial de connaître le développement normal d'une fonction avant d'essayer de comprendre les troubles et les mécanismes de ces troubles car toute remédiation tend à la normalisation.

Bien que les données issues de cette revue de littérature soient majoritairement cliniques et empiriques, d'autres études utilisant des techniques objectives ont permis d'objectiver les troubles d'IS. Nous pouvons alors affirmer que si l'individu rencontre des difficultés à percevoir et à analyser les stimuli sensoriels provenant de son corps et de l'environnement, alors des difficultés d'adaptation apparaîtront et se manifesteront par des comportements non appropriés aux demandes de l'environnement. Ces changements comportementaux sont alors néfastes pour de nombreux domaines mis en jeu dans l'enfance et peuvent concerner les apprentissages, la régulation émotionnelle, l'adaptation sociale, la communication, les jeux, la mémoire et l'attention.

Nous pouvons ajouter qu'il manque d'études cherchant à objectiver le lien entre les comportements et les troubles d'IS. Les recherches existantes se basent sur des échelles comportementales et les mécanismes sous-jacents aux troubles sont expliqués sur la base d'interprétations de la neurophysiologie associée au comportement observé. Au vu de ces

éléments, il est essentiel de prouver la pertinence des outils d'évaluation mais aussi des références théoriques sur lesquelles s'appuient les outils. Aujourd'hui, des travaux ont apporté des éléments significatifs dans ce domaine mais les outils d'évaluation adaptés à la population française sont trop peu nombreux. La communauté scientifique et clinique commence à appréhender les mécanismes des troubles d'IS mais les comportements sont très variés et particulièrement dépendants de chaque individu. De plus, du fait que les troubles d'IS soient souvent associés à d'autres pathologies, il est difficile de faire la part des choses entre ce qui relève spécifiquement du trouble d'IS et ce qui dépend de la pathologie.

In fine, nous pouvons conclure au fait que l'IS est majoritairement étudiée dans le domaine de l'ergothérapie avec des méthodes souvent non objectives. Des recherches ont permis d'objectiver les troubles sans pour autant les expliquer clairement. Il est nécessaire de continuer les travaux sur le sujet pour que la communauté scientifique et les rééducateurs puissent trouver des solutions précises et adaptées au fonctionnement cérébral des patients.

3. Apports de la revue de littérature dans la pratique clinique

Une bonne pratique clinique est basée sur l'Evidence-Based Practice (EBP). Cela signifie que si un thérapeute veut être au plus proche d'une rééducation efficace et réduire le plus possible ses incertitudes thérapeutiques, il faut envisager la remédiation au sein de trois pôles : la recherche, l'expertise clinique et les besoins/valeurs/préférences du patient (Durieux, Pasleau, & Maillart, 2012). Afin d'établir une décision clinique au plus proche de ces trois axes, la démarche de l'EBP doit être entreprise selon différentes étapes. La première est de transformer le besoin d'informations en une question clinique. La deuxième consiste à récolter les preuves issues de la littérature puis de les critiquer selon leur validité, leur impact et leur applicabilité à notre situation clinique. La suite comprend la prise d'une décision thérapeutique après avoir rassemblé les données théoriques analysées, les compétences cliniques et expertes du praticien ainsi que la problématique propre à notre patient. Cette problématique comprend ses valeurs, ses préférences et ses caractéristiques. La dernière étape est constituée de l'évaluation de l'efficacité de notre choix au travers, par exemple, de lignes de base (Durieux et al., 2012; Sackett et al., 1996; Schelstraete & Bragard, 2011).

Au vue de ces éléments concernant la démarche EBP, notre revue de littérature s'inclut dans l'axe des données théoriques que la praticien peut se procurer. Les différentes études traitant de l'IS apportent de nombreux éléments pour adapter notre regard et pratique cliniques. Même si les mécanismes cérébraux ne sont pas expliqués, les classifications actuelles et la description des troubles nous permettent d'analyser les comportements adoptés par les individus atteints de troubles de l'IS. Cette analyse, si elle est correcte, permet alors d'aménager l'environnement en fonction du profil sensoriel. Illustrons avec un simple exemple, si l'enfant a un système sensoriel qui fait preuve d'hypersensibilité, alors le thérapeute cherchera à restreindre les stimuli sensoriels gênants dans le but de permettre à l'enfant de développer de performances le plus optimales possibles. Si ses capacités d'attention, de mémorisation et de régulation émotionnelle sont maîtrisées, alors l'enfant sera enclin à explorer son environnement de façon constructive et pourra ainsi élaborer sa cognition et entrer dans les apprentissages.

La pertinence des troubles de l'IS est démontrée au travers d'études objectives et s'illustre par le fait que lesdits troubles sont maintenant inscrits dans le DSM-V, ouvrage diagnostique et statistique de référence dans le monde médical. Néanmoins, il est nécessaire que de nouvelles recherches soient établies pour éclaircir le fonctionnement de l'IS et les mécanismes mis en jeu. Cet aspect de recherche basé sur la significativité statistique et sur l'utilisation de méthodes objectives est de plus en plus pris en compte dans les études récentes mais peu nombreuses.

Pour ajouter un dernier élément à l'intérêt de cette revue de littérature, nous pouvons évoquer le fait que, même si les preuves apportées au sujet de l'IS ne sont pas toutes objectives, il existe bel et bien des comportements inadaptés dus à des ressentis sensoriels faussés. Ces comportements inadaptés peuvent être la cause de limitations dans les activités ou dans la participation et s'incluent alors dans l'idée du handicap comme il est présenté dans le modèle de la Classification Internationale du Fonctionnement de la santé et du handicap (OMS, 2001). En tant que thérapeute, nous prenons en soin le handicap et nous nous devons d'avoir un regard global sur le patient. Ce regard comprend le fait de s'intéresser aux répercussions des troubles dans la vie quotidienne, aux limitations d'activité et de participation, ces éléments étant systématiquement décrits dans la description des troubles d'IS.

4. L'intégration sensorielle et l'orthophonie

Le champ de l'orthophonie est en lien avec de nombreuses pathologies associées aux troubles d'IS. Il est essentiel de se tenir informés au sujet de ces troubles car nous sommes enclins, non pas à remédier aux troubles, mais à adapter notre prise en charge en fonction des comportements du patient et selon les répercussions sur les apprentissages. Les données recensées lors de ce travail nous ont indiqué que les troubles d'IS ont des répercussions sur le fonctionnement de la mémoire de travail, de l'attention, des fonctions exécutives, et d'autres encore. Ces trois processus cités sont interdépendants les uns des autres et participent activement aux apprentissages académiques. En effet, si nous analysons plus précisément les fonctions impliquées dans les performances scolaires, l'élève doit être en mesure de développer des fonctions cognitives complexes qui lui permettront d'effectuer trois types de tâches essentielles. La première est de traiter les stimuli sélectionnés par son attention auditive ou visuo-spatiale. Cette sélection est ensuite analysée pour lui donner une signification, une représentation. Cette tâche est supportée par des fonctions sensori-gnosiques et attentionnelles. La deuxième opération impliquée lors des apprentissages est un travail conceptuel qui dépend des capacités langagières, du niveau intellectuel, de l'attention, des fonctions exécutives, de la mémoire à long terme et de la mémoire de travail. Enfin, la troisième tâche à effectuer est la réponse à donner qui s'appuie sur des fonctions langagières plus ou moins élaborées, sur des capacités practo-motrices mais également sur les processus cognitifs qui permettent programmation et planification (Mazeau & Pouhet, 2014).

Tous ces éléments représentent des données essentielles que les orthophonistes prennent en compte lors de prises en charge qui concernent les pathologies où sont décrits les troubles d'IS telles que le TDA/H, les troubles du spectre autistique et surtout les troubles des apprentissages (dyslexie-dysorthographe et dyscalculie). Si l'orthophoniste est informé au

sujet des troubles d'IS et des répercussions possibles, il saura adapter son regard et les soins administrés.

Concernant les résultats de cette revue, nous avons pu en conclure que les données récoltées ne permettaient pas de mettre au jour tous les mécanismes neurophysiologiques impliqués dans l'IS et ses troubles. De plus, les recherches actuelles ne connaissent pas les causes des troubles. Cependant, nous retrouvons une grande quantité d'informations relatives aux comportements et aux réactions des enfants lorsqu'ils souffrent desdits troubles. Comme le dit Klein, l'orthophonie se situant entre la communauté scientifique et médicale et celle basée sur une pratique particulièrement clinique, il est nécessaire de prendre en compte les troubles, même s'ils ne sont pas compris et objectivés par tous (Klein, 2011). Bien que les données théoriques fiables soient peu nombreuses, notre démarche de thérapeute face à ces troubles peut tout de même se situer au cœur de l'EBP, tout en comportant une part importante aux caractéristiques du patient et à notre expertise clinique. Notre objectif clinique étant de tendre vers une norme bio-psycho-sociale (Klein, 2011).

De nos jours, les programmes de remédiation des troubles sont principalement entrepris par des psychomotriciens ou des ergothérapeutes. Néanmoins, la communauté des orthophonistes s'ouvre également aux troubles d'IS et à leur prise en charge. En effet, nous trouvons des formations adressées à ces praticiens dont les objectifs sont de savoir repérer, évaluer, analyser les troubles d'IS mais aussi prioriser des axes de prise en charge et d'établir un partenariat avec les parents et les autres professionnels concernés.

Pour connaître l'intérêt des orthophonistes au propos de l'IS et des troubles s'y rapportant mais aussi pour en estimer leur niveau de connaissance, il serait intéressant que de futurs travaux s'attellent à cette problématique au travers de questionnaires adressés aux orthophonistes en libéral ou en structure. Nous pourrions alors savoir si les troubles d'IS sont souvent pris en compte dans leur pratique ou au contraire, s'ils ne sont pas connus (ou reconnus). Nous pourrions également estimer leur répercussion dans la prise en charge orthophonique.

Conclusion

Cette revue de littérature a cherché à comprendre l'IS dans son ensemble mais aussi à décrire et à connaître les troubles sensoriels ainsi que les outils d'évaluation adaptés à la population française. Nous avons analysé 79 articles dont la méthodologie est fondée d'une part sur des observations et une expertise clinique ou d'autre part sur des outils objectifs et technologiques. Le regroupement des données a mis en évidence les mécanismes impliqués dans l'IS, l'existence des troubles sensoriels et notamment le lien entre troubles d'IS et comportements non adaptés aux demandes de l'environnement. Ces comportements inappropriés se répercutent, à leur tour, sur les performances sociales, émotionnelles, communicationnelles, motrices et cognitives de l'enfant. Cependant, il manque encore des informations pour comprendre clairement tous les mécanismes neurophysiologiques mis en œuvre et pour élaborer un lien de cause à effet entre dysfonctionnement du traitement sensoriel et comportements associés. Ainsi, dans le but de connaître les causes objectives et les systèmes impliqués, de nouvelles recherches orientent leur problématique pour répondre à cet objectif.

Nous retiendrons le fait qu'en tant que praticien, il est essentiel de se situer au sein d'une démarche EBP de qualité pour construire une vision juste de notre patient, pour connaître les répercussions possibles de ses troubles et pour élaborer une thérapie efficace.

« Tout ce que nous connaissons du monde et de nous-même nous vient de nos sens. Par conséquent toute notre connaissance est le résultat de ce que nous avons vu, entendu, senti... »

(Bogdashina, 2012, p. 51).

Bibliographie

- ABSM (2014). Bilan Sensori-Moteur André Bullinger. Repéré le 20 novembre 2017, à http://www.absm-andre-bullinger.com/files/8514/1622/2159/absm_L45xH15_web.pdf
- Adams, J. N., Feldman, H. M., Huffman, L. C., & Loe, I. M. (2015). Sensory processing in preterm preschoolers and its association with executive function. *Early Human Development, 91*(3), 227-233. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.01.013>
- Ahn, R. R., Miller, L. J., Milberger, S., & McIntosh, D. N. (2004). Prevalence of parents' perceptions of sensory processing disorders among kindergarten children. *American Journal of Occupational Therapy, 58*(3), 287-293.
- Allison, C. L., Gabriel, H., Schlange, D., & Fredrickson, S. (2007). An optometric approach to patients with sensory integration dysfunction. *Optometry - Journal of the American Optometric Association, 78*(12), 644-651. <https://doi.org/10.1016/j.optm.2007.05.012>
- American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5 - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e édition). Issy-les-Moulineaux (Hauts-de-Seine): Elsevier Masson.
- Ayres, A. J. (1972). *Sensory Integration and Learning Disorders*. Los Angeles: Western Psychological Services.
- Bagby, M. S., Dickie, V. A., & Baranek, G. T. (2012). How sensory experiences of children with and without autism affect family occupations. *American Journal of Occupational Therapy, 66*(1), 78-86.
- Baranek, G. T., Watson, L. R., Boyd, B. A., Poe, M. D., David, F. J., & McGuire, L. (2013). Hyporesponsiveness to social and nonsocial sensory stimuli in children with autism, children with developmental delays, and typically developing children. *Development and Psychopathology, 25*(02), 307-320. <https://doi.org/10.1017/S0954579412001071>
- Baranek, G., Watson, L., Boyd, B., Poe, M., & Miller, H. (2007). Hyper- and Hyporesponsiveness to Sensory Stimuli in Young Children with Autism.
- Bar-Shalita, T., Vatine, J.-J., & Parush, S. (2008). Sensory modulation disorder: a risk factor for participation in daily life activities. *Developmental Medicine and Child Neurology, 50*(12), 932-937.
- Barutchu, A., Crewther, S. G., Fifer, J., Shivdasani, M. N., Innes-Brown, H., Toohey, S., ... Paolini, A. G. (2011). The Relationship between Multisensory Integration and IQ in Children. *Developmental Psychology, 47*(3), 877-885. <https://doi.org/10.1037/a0021903>
- Ben-Sasson, A., Carter, A. S., & Briggs-Gowan, M. J. (2009). Sensory Over-Responsivity in Elementary School: Prevalence and Social-Emotional Correlates. *Journal of Abnormal Child Psychology, 37*(5), 705-716. <https://doi.org/10.1007/s10802-008-9295-8>
- Bogdashina, O. (2012). *Questions sensorielles et perceptives dans l'autisme et le syndrome d'Asperger*. Grasse (Alpes-Maritimes): AFD.
- Brett-Green, B. A., Miller, L. J., Gavin, W. J., & Davies, P. L. (2008). Multisensory integration in children: A preliminary ERP study. *Brain Research, 1242*, 283-290. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2008.03.090>
- Brimo, K. (2016). *More than Shyness: Selective Mutism and its Link to Sensory Processing Disorder*. UNIVERSITY OF GOTHENBURG DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY. Consulté à l'adresse <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/51545>
- Bullinger, A. (2003). Place et rôle de l'équilibre sensoritonique chez l'enfant d'âge scolaire. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 51*(6), 299-302. [https://doi.org/10.1016/S0222-9617\(03\)00076-X](https://doi.org/10.1016/S0222-9617(03)00076-X)

- Bullinger, A. (2004). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars : Un parcours de recherche*. Ramonville Saint-Agne: Erès.
- Bullinger, A. (2007). *Le développement sensori-moteur de l'enfant et ses avatars : Tome 2, L'espace de la pesanteur, le bébé prématuré et l'enfant avec TED*. Toulouse: Erès.
- Bullinger, A. (2012). Approche sensorimotrice des troubles envahissants du développement. *Contraste*, (25), 125-139.
- Bullinger, A., de Santa Ana, I., Grivel, P., Millan, R., Scheidegger, P., Schmid Pons, N., & Tschopp, C. (1996). Le bilan sensori-moteur de l'enfant : éléments théoriques et cliniques. *Enfance*, 49(1), 41-50. <https://doi.org/10.3406/enfan.1996.2984>
- Bundy, A. C., Shia, S., Long, Q., & Miller, L. J. (2007). How does sensory processing dysfunction affect play? *The American Journal of Occupational Therapy*, 61(2), 201.
- Chandrasekaran, C. (2017). Computational principles and models of multisensory integration. *Current Opinion in Neurobiology*, 43, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2016.11.002>
- Cleary, K. M., Donkers, F. C. L., Evans, A. M., & Belger, A. (2013). Investigating developmental changes in sensory processing: visual mismatch response in healthy children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00922>
- Cosbey, J., Johnston, S. S., & Dunn, M. L. (2010). Sensory Processing Disorders and Social Participation. *American Journal of Occupational Therapy*, 64(3), 462-473. <https://doi.org/10.5014/ajot.2010.09076>
- Cosbey, J., Johnston, S. S., Dunn, M. L., & Bauman, M. (2012). Playground Behaviors of Children with and without Sensory Processing Disorders. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 32(2), 39-47. <https://doi.org/10.3928/15394492-20110930-01>
- Critz, C., Blake, K., & Nogueira, E. (2015). Sensory processing challenges in children. *The Journal for Nurse Practitioners*, 11(7), 710-716.
- Davies, P. L., Chang, W.-P., & Gavin, W. J. (2009). Maturation of sensory gating performance in children with and without sensory processing disorders. *International Journal of Psychophysiology*, 72(2), 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.007>
- Davies, P. L., & Gavin, W. J. (2007). Validating the diagnosis of sensory processing disorders using EEG technology. *The American journal of occupational therapy*, 61(2), 176.
- Delion, P. (2008). *Les bébés à risque autistique*. Ramonville Saint-Agne: Éditions Érès.
- DeSantis, A., Harkins, D., Tronick, E., Kaplan, E., & Beeghly, M. (2011). Exploring an integrative model of infant behavior: What is the relationship among temperament, sensory processing, and neurobehavioral measures? *Infant Behavior and Development*, 34(2), 280-292. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2011.01.003>
- Diagnostic Manual for Infancy and Early Childhood*. (2005). Bethesda, Mar.: Icdl-Dmic.
- DiMatties, M. E., & Sammons, J. H. (2003). *Understanding Sensory Integration*. *ERIC Digest*. ERIC Clearinghouse on Disabilities and Gifted Education, 1110 North Glebe Rd. Consulté à l'adresse <https://eric.ed.gov/?q=sensory+integration&pg=3&id=ED478564>
- Dionne-Dostie, E., Paquette, N., Lassonde, M., & Gallagher, A. (2015). Multisensory integration and child neurodevelopment. *Brain Sciences*, 5(1), 32-57. <https://doi.org/10.3390/brainsci5010032>
- Dunn, W. (2001). The sensations of everyday life: empirical, theoretical, and pragmatic considerations. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 55(6), 608-620.

- Dunn, W. (2010). *Profil sensoriel, manuel - Winnie Dunn - ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée* (ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée). ECPA, les Éd. du Centre de psychologie appliquée.
- Dunn, W., Little, L., Dean, E., Robertson, S., & Evans, B. (2016). The state of the science on sensory factors and their impact on daily life for children: A scoping review. *OTJR: occupation, participation and health*, 36(2_suppl), 3S–26S.
- Durieux, N., Pasleau, F., & Maillart, C. (2012). Sensibilisation à l’Evidence-Based Practice en logopédie. *Cahiers de l’ASELF*, 1, 7–15.
- Eeles, A. L., Spittle, A. J., Anderson, P. J., Brown, N., Lee, K. J., Boyd, R. N., & Doyle, L. W. (2013). Assessments of sensory processing in infants: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(4), 314-326. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2012.04434.x>
- Gavin, W. J., Dotseth, A., Roush, K. K., Smith, C. A., Spain, H. D., & Davies, P. L. (2011). Electroencephalography in Children With and Without Sensory Processing Disorders During Auditory Perception. *American Journal of Occupational Therapy*, 65(4), 370-377. <https://doi.org/10.5014/ajot.2011.002055>
- Gogolla, N., Takesian, A. E., Feng, G., Fagiolini, M., & Hensch, T. K. (2014). Sensory integration in mouse insular cortex reflects GABA circuit maturation. *Neuron*, 83(4), 894-905. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.06.033>
- Goldstein, M. L., & Morewitz, S. (2011). Sensory Integration Dysfunction. In *Chronic Disorders in Children and Adolescents* (p. 125–130). Springer.
- Greenspan, S. I., & Wieder, S. (2008). The Interdisciplinary Council on Developmental and Learning Disorders Diagnostic Manual for Infants and Young Children – An Overview. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 17(2), 76-89.
- Gunn, T. E., Tavegia, B. D., Houskamp, B. M., McDonald, L. B., Bustrum, J. M., Welsh, R. K., & Mok, D. S. (2009). Relationship Between Sensory Deficits and Externalizing Behaviors in an Urban, Latino Preschool Population. *Journal of Child and Family Studies*, 18(6), 653-661. <https://doi.org/10.1007/s10826-009-9266-x>
- Harcourt Assessment, Inc. (2005). Technical Report : Adolescent/Adult Sensory Profile. Re-péré le 12 novembre 2017 ,à http://images.pearsonclinical.com/Images/pdf/technical_reports/AD_Adult_SP_TR_Web.pdf
- Hendrix, M. (2010). Making Sense of Sensory Systems. *Exchange: The Early Childhood Leaders’ Magazine Since 1978*.
- Klein, A. (2011). Approche philosophique de l’éthique en orthophonie Un plaidoyer pour une discipline orthophonique. *Rééducation orthophonique*, (247), p–7.
- Kloekner, A., Jutard, C., Bullinger, A., Nicoulaud, L., Tordjman, S., & Cohen, D. (2009). Intérêt de l’abord sensorimoteur dans les pathologies autistiques sévères I : introduction aux travaux d’André Bullinger. *Neuropsychiatrie de l’Enfance et de l’Adolescence*, 57(2), 154-159. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2008.12.002>
- Leclercq, A.-L., & Veys, S. (2014). Réflexions sur le choix de tests standardisés lors du diagnostic de dysphasie. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l’Enfant*, 131, 374-382.
- Lőrincz, M. L., & Adamantidis, A. R. (2016). Monoaminergic control of brain states and sensory processing: Existing knowledge and recent insights obtained with optogenetics. *Progress in Neurobiology*, 151, 237-253. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2016.09.003>
- Mailloux, Z., Mulligan, S., Roley, S. S., Blanche, E., Cermak, S., Coleman, G. G., ... Lane, C. J. (2011). Verification and Clarification of Patterns of Sensory Integrative Dysfunction.

- American Journal of Occupational Therapy*, 65(2), 143-151.
<https://doi.org/10.5014/ajot.2011.000752>
- Mazeau, M., & Pouhet, A. (2014). *Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant: du développement typique aux dys-* (2^e éd.). Elsevier Masson.
- McIntosh, D. N., Miller, L., Shyu, V., & Hagerman, R. J. (1999). Sensory-modulation disruption, electrodermal responses, and functional behaviors. *Developmental medicine and child neurology*, 41(9), 608–615.
- Miller, L., & E. Hanft, B. (2000). Toward a Consensus in Terminology in Sensory Integration Theory and Practice: Part 2: Sensory Integration Patterns of Function and Dysfunction, 23(2).
- Miller, L., & Lane, S. J. (2000). Toward a Consensus in Terminology in Sensory Integration Theory and Practice: Part 1: Taxonomy of Neurophysiological Processes. *American Journal of Occupational Therapy*, 23(1).
- Miller, L., Nielsen, D. M., Schoen, S. A., & Brett-Green, B. A. (2009). Perspectives on sensory processing disorder: a call for translational research. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 3, 22. <https://doi.org/10.3389/neuro.07.022.2009>
- Miller, L., Anzalone, M. E., Lane, S. J., Cermak, S. A., & Osten, E. T. (2007). Concept evolution in sensory integration: a proposed nosology for diagnosis. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 61(2), 135-140.
- Miller, L., Nielsen, D. M., & Schoen, S. A. (2012). Attention Deficit Hyperactivity Disorder and Sensory Modulation Disorder: A Comparison of Behavior and Physiology. *Research in Developmental Disabilities: A Multidisciplinary Journal*, 33(3), 804-818. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.12.005>
- Miller, L., Schoen, S. A., Mulligan, S., & Sullivan, J. (2017). Identification of Sensory Processing and Integration Symptom Clusters: A Preliminary Study. *Occupational Therapy International*, 2017, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2017/2876080>
- Neuman, A. (2006). Patterns of response to sensory stimuli encountered in daily activities: a comparison between 3–10-year-old Israeli and American children without disabilities. *Occupational Therapy International*, 13(2), 79-99. <https://doi.org/10.1002/oti.9>
- Ohshiro, T., Angelaki, D. E., & DeAngelis, G. C. (2017). A Neural Signature of Divisive Normalization at the Level of Multisensory Integration in Primate Cortex. *Neuron*, 95(2), 399-411.e8. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.043>
- Organisation Mondiale de la Santé (Éd.). (2001). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé: CIF*. Genève.
- Owen, J. P., Marco, E. J., Desai, S., Fourie, E., Harris, J., Hill, S. S. Mukherjee, P. (2013). Abnormal white matter microstructure in children with sensory processing disorders. *NeuroImage: Clinical*, 2, 844-853. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2013.06.009>
- Pearson Education Inc. (2018). Sensory Profile School Companion. Repéré le 17 novembre 2017, à <http://www.pearsonclinical.com/therapy/products/100000242/sensory-profile-school-companionspsc.html#tab-details>
- Pearson Canada Assessment, Inc. (2018). Sensory Profile 2. Repéré le 20 novembre 2017, à <https://www.pearsonclinical.ca/fr/products/product-master.html/item-82>
- Perez-Robles, R., Doval, E., Jane, M. C., da Silva, P. C., Papoila, A. L., & Virella, D. (2013). The Role of Sensory Modulation Deficits and Behavioral Symptoms in a Diagnosis for Early Childhood. *Child Psychiatry and Human Development*, 44(3), 400-411. <https://doi.org/10.1007/s10578-012-0334-x>

- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W., Lamantia, A.-S., McNamara, J. O., Volterra, A. (2015). *Neurosciences* (5^e éd.). Louvain-la-Neuve: DE BOECK UNIVERSITE.
- Rahkonen, P., Lano, A., Pesonen, A.-K., Heinonen, K., Rääkkönen, K., Vanhatalo, S., Metsäranta, M. (2015). Atypical sensory processing is common in extremely low gestational age children. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*, 104(5), 522-528. <https://doi.org/10.1111/apa.12911>
- Reig, R., & Silberberg, G. (2014). Multisensory Integration in the Mouse Striatum. *Neuron*, 83(5), 1200-1212. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.07.033>
- Sabes, P. N. (2011). Sensory integration for reaching. In *Progress in Brain Research* (Vol. 191, p. 195-209). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53752-2.00004-7>
- Sackett, D. L., Rosenberg, W. M., Gray, J. A., Haynes, R. B., & Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ: British Medical Journal*, 312(7023), 71-72.
- Schaaf, R. C. (2010). Parasympathetic functions in children with sensory processing disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 4(4). <https://doi.org/10.3389/fnint.2010.00004>
- Schaaf, R. C., Schoen, S. A., May-Benson, T. A., Parham, L. D., Lane, S. J., Roley, S. S., & Mailloux, Z. (2015). State of the Science: A Roadmap for Research in Sensory Integration. *The American Journal of Occupational Therapy: Official Publication of the American Occupational Therapy Association*, 69(6), 6906360010p1-7. <https://doi.org/10.5014/ajot.2015.019539>
- Schelstraete, M.-A., & Bragard, A. (2011). *Traitements du Langage Oral Chez l'Enfant: Symptômes et Interventions*. Elsevier Masson.
- Schneider, M. L., Moore, C. F., Gajewski, L. L., Larson, J. A., Roberts, A. D., Converse, A. K., & DeJesus, O. T. (2008). Sensory Processing Disorder in a Primate Model: Evidence From a Longitudinal Study of Prenatal Alcohol and Prenatal Stress Effects. *Child Development*, 79(1), 100-113. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01113.x>
- Schoen, S. A., Miller, L., Brett-Green, B. A., & Nielsen, D. M. (2009). Physiological and behavioral differences in sensory processing: a comparison of children with Autism Spectrum Disorder and Sensory Processing Disorder. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 3(29). <https://doi.org/10.3389/neuro.07.029.2009>
- Scholl, J.-M. (2007). Classification Diagnostique 0-3 ans Révisée: une nouvelle présentation des Troubles de la Régulation du traitement des stimuli sensoriels. *Devenir*, 19(2), 109-130.
- Stanciu, R., & Delvenne, V. (2016). Traitement de l'information sensorielle dans les troubles du spectre autistique. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 64(3), 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2016.02.002>
- Su, C.-T., & Parham, L. D. (2014). Validity of Sensory Systems as Distinct Constructs. *American Journal of Occupational Therapy*, 68(5), 546. <https://doi.org/10.5014/ajot.2014.012518>
- Summers, P. J., Layne, R. M., Ortega, A. C., Harris, G. P., Bamber, B. A., & Komuniecki, R. W. (2015). Multiple Sensory Inputs Are Extensively Integrated to Modulate Nociception in *C. elegans*. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 35(28), 10331-10342. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0225-15.2015>
- Tomchek, S. D., & Dunn, W. (2007). Sensory Processing in Children With and Without Autism: A Comparative Study Using the Short Sensory Profile. *American Journal of Occupational Therapy*, 61(2), 190-200. <https://doi.org/10.5014/ajot.61.2.190>

- Tung, L-C., Lin C-K., Hsieh C-L., Chen C-C., Huang C-T., & Wang C-H. (2013). Sensory integration dysfunction affects efficacy of speech therapy on children with functional articulation disorders. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 87-92. <https://doi.org/10.2147/NDT.S40499>
- Van Hulle, C. A., Schmidt, N. L., & Goldsmith, H. H. (2012). Is sensory over-responsivity distinguishable from childhood behavior problems? A phenotypic and genetic analysis: Sensory over-responsivity and child psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 53(1), 64-72. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2011.02432.x>
- Yabut, J. (2017). *Multisensory Integration and the Regulation of Aversive Behaviors in C. elegans* (PhD Thèse). Worchester Polytechnic institute