



HAL
open science

Méthodes d'Intelligence Artificielle pour aider à mesurer les troubles sensoriels : démarches et perspectives

Blandine Pichon, Sophie Donnadiou, Eric Benoit, Stéphane Perrin

► To cite this version:

Blandine Pichon, Sophie Donnadiou, Eric Benoit, Stéphane Perrin. Méthodes d'Intelligence Artificielle pour aider à mesurer les troubles sensoriels : démarches et perspectives. Ergo'IA '23: 18ème Conférence en Ergonomie et Informatique Avancée, ESTIA, Oct 2023, Bidart France, France. pp.1-6, 10.1145/3624323.3624339 . hal-04544808

HAL Id: hal-04544808

<https://hal.science/hal-04544808>

Submitted on 22 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Méthodes d'Intelligence Artificielle pour aider à mesurer les troubles sensoriels : démarches et perspectives

BLANDINE PICHON*, ERIC BENOIT, and STÉPHANE PERRIN, Univ Savoie Mont Blanc, LISTIC, France
SOPHIE DONNADIEU, Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, France

The objective of this article is to present an approach aimed at aiding and automating the diagnosis of sensory particularities. We hypothesize that observing patient reactions using connected objects, combined with artificial intelligence, can objectively measure these particularities over time. Based on the comparison of questionnaires traditionally used to establish a sensory profile, we propose a meta-model that covers all possible sensory particularities in an individual. Using this meta-model, a device composed of connected objects enabled us to identify each action and associate them with a signature in the sensor signals. The benefits are numerous: contributing to the development of regular and frequent profiles, assisting practitioners in considering the temporal variation of sensory profiles in their decision-making, and objectifying the measurements.

CCS Concepts: • **General and reference** → **Measurement; Measurement**; • **Computing methodologies** → **Modeling methodologies; Modeling methodologies**; • **Applied computing** → **Psychology; Psychology**; *Health care information systems*; • **Human-centered computing** → *Ambient intelligence*.

Additional Key Words and Phrases: Artificial Intelligence (IA), Autism spectrum disorders, Internet of Things (IoT), Modeling, Sensory Profile, Sensory Disorders, Sensory particularities, Sensory processing, Machine Learning, Deep Learning

ACM Reference Format:

Blandine Pichon, Eric Benoit, Stéphane Perrin, and Sophie Donnadiéu. 2023. Méthodes d'Intelligence Artificielle pour aider à mesurer les troubles sensoriels : démarches et perspectives . In . ACM, New York, NY, USA, 9 pages. <https://doi.org/XXXXXXX.XXXXXXX>

1 INTRODUCTION

La vue, l'ouïe, l'odorat ou les autres sens sont nécessaires pour interagir avec notre environnement. Ils sont essentiels à notre développement et pour accomplir les tâches du quotidien. Il arrive que certains individus aient des difficultés à traiter ou répondre de façon adéquate aux informations transmises par leurs sens : on parle alors de troubles du traitement sensoriel ou de particularités sensorielles . La représentation de celles-ci s'établit généralement sous la forme d'un profil sensoriel. Leur prise en compte dans les critères diagnostiques du TSA (Trouble du Spectre de l'Autisme) depuis la publication du DSM-5 en 2013 souligne l'intérêt de les diagnostiquer pour une prise en charge adaptée [7].

Les outils qui permettent l'établissement d'un profil sensoriel utilisés par les professionnels de santé reposent sur des questionnaires . Or, l'attente d'une prise en charge peut être longue par manque de professionnels formés à ces outils. De plus, le profil sensoriel peut être dépendant du contexte [1] et évolue au cours du temps. Il paraît donc nécessaire de pouvoir le mesurer à différents instants et dans différents contextes pour pouvoir ensuite évaluer cette évolution. Ceci est difficilement réalisable car à ce jour, l'établissement d'un tel profil se fait généralement à un instant donné (lors de l'entretien ou de la complétion du questionnaire). La démarche présentée dans cet article repose sur

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from permissions@acm.org.

© 2023 Association for Computing Machinery.

Manuscript submitted to ACM

l'idée qu'une mesure régulière dans le cabinet ou dans un cadre familial non supervisé par le clinicien, peut apporter des éléments d'informations complémentaires voir un éclairage nouveau sur le diagnostic. En effet, une mesure de l'évolution au cours du temps du profil sensoriel permettrait d'évaluer ses variations. Comment alors mesurer de façon objective l'évolution d'un profil sensoriel en dehors d'un entretien clinique ? Nous partons du principe que l'observation des réactions des patients, réalisée à l'aide d'objets connectés, associée à de l'intelligence artificielle, est une piste intéressante qui peut permettre de mesurer ces particularités au cours de temps et ceci de façon objective.

Quels sont les éléments utiles pour un clinicien pour établir un profil sensoriel ? Comment les nouvelles technologies peuvent-elles intervenir ? Pour répondre à ces questions il faut d'abord être en mesure de comprendre et décrire comment établir un profil sensoriel. L'analyse comparative des outils existant est présentée dans la partie 2. La partie 3 consistera à effectuer une comparaison de ces outils ; l'objectif étant de mettre en évidence une structure commune aux outils existant et d'en dégager un méta-modèle. C'est sur celui-ci que nous nous appuyerons pour intégrer les nouvelles technologies. Ainsi, nous décrirons dans la partie 4 comment les nouvelles technologies peuvent être utilisées pour aider à l'établissement d'un profil sensoriel.

2 COMMENT ÉTABLIR UN PROFIL SENSORIEL ?

Établir un profil sensoriel nécessite d'identifier le comportement de la personne face à des stimuli sollicitant ses différents sens. Les questionnaires qui permettent l'établissement d'un profil ont ainsi pour but d'évaluer les réactions d'un individu lorsqu'il doit traiter des informations sensorielles dans différents contextes. Ils peuvent éventuellement être complétés par une observation directe lors d'un entretien clinique. Pour chaque outil, l'établissement de la représentation du profil sensoriel s'effectue en plusieurs étapes illustrées par la figure 1. A partir des réponses aux items, des scores



Fig. 1. Des items au profil sensoriel. Liste des entités impliquées.

sont calculés puis agrégés suivant les classes pour obtenir des indicateurs intermédiaires. A partir de ces derniers, les indicateurs finaux vont permettre la représentation du profil sensoriel.

2.1 Panorama des outils d'établissement de profils sensoriels

Il existe aujourd'hui 4 outils destinés aux adultes dont 3 pour les adultes avec un trouble neurodéveloppemental et 4 autres destinés aux bébés/enfants/adolescents. Etant donné que nous limitons notre étude aux adultes présentant un trouble neurodéveloppemental, nous avons retenu les 3 outils suivants :

- L'évaluation Sensorielle de l'Adulte avec Autisme (ESAA) développée par Degenne-Richard (2019) qui permet d'obtenir un profil sensoriel chez l'adulte avec autisme [6].
- Le Profil Sensoriel -Adolescent/Adulte (AASP en anglais) de Dunn (2002) destiné à établir le profil sensoriel chez les adolescents et les adultes à partir de 11 ans. [5].
- Le Profil Sensoriel et Perceptif Révisé (PSP R) de Bogdashina (2005) qui décrit différents types d'expériences sensorielles rapportées dans les TSA et permet d'identifier une vingtaine de profils sensoriels différents[2].

Ces 3 outils sont constitués d'un questionnaire qui peut être complété par le professionnel en fonction des informations données par le sujet ou son entourage. L'ESAA, comprend deux questionnaires dont un est utilisé pour évaluer les

réactions du patient lorsqu'il manipule en consultation un kit d'objets sensoriels. Notons, que les questions ne sont pas posées sous forme interrogative mais sous forme affirmative ; nous choisirons donc de parler d'items plutôt que de questions dans la suite de l'article.

2.2 Comparaison des items des outils

Les items des 3 outils présentent des différences notables présentées ci-dessous et récapitulées Fig. 2. Pour illustrer ces différences voici quelques exemples : un exemple d'item proposé par Dunn pour la modalité Vision est "Je suis gêné par les images visuelles instables ou en mouvement rapide dans les films ou à la télévision" tandis que Degenne propose "Elle a tendance à changer l'orientation de son regard lorsqu'elle est exposée à un stimulus visuel".

Le nombre d'items est très différent (de 60 à 232). Pour chaque outil, chacun des items correspond à une modalité sensorielle (voir Fig. 2). Les différentes modalités communes sont : la vision, l'ouïe, le toucher, l'odorat, la gustation, le vestibulaire. Cependant dans certains outils, des modalités (olfaction ou gustation) sont regroupées. Des modalités sans lien avec un sens sont parfois présentes (par exemple dans l'AASP on trouve la modalité "niveau d'activité").

Enfin, les outils utilisent une classification des items. Elle permet de calculer des indicateurs intermédiaires pour établir la représentation du profil sensoriel (Voir Fig. 2). Le choix de la classification des items repose sur l'utilisation qui sera faite du profil sensoriel ainsi établi. La nature même des catégories est différente. Par exemple, dans le PSP-R, les items sont classés en 20 catégories, certains en lien avec des dysfonctionnements, d'autres mettant en évidence des « expériences sensorielles » qui ne sont pas considérées comme pathologiques. Dans l'AASP [4], la classification est basée sur les notions d'hypo et d'hyper sensibilité d'une part, et les manifestations comportementales actives ou passives d'autre part. L'hyposensibilité correspondant à des seuils neurologiques élevés avec des manifestations passives (absence de réaction) ou actives (recherche de sensations). L'hypersensibilité faisant référence à des seuils neurologiques bas avec là aussi des manifestations comportementales passives (signes de gêne) ou actives (comportements d'évitement). Il y a donc 4 classes comme illustré Fig. 2 Enfin, dans l'ESAA, la classification est structurée en 5 groupes : "hypo réactive", "plutôt hypo réactive", "hyper réactive", "plutôt hyper réactive" et "réactivité normale".

2.3 Comparaison de l'établissement de la représentation du profil sensoriel : des réponses au profil

Dans les étapes suivantes servant à obtenir le profil sensoriel, les outils diffèrent également du point de vue de la nature des réponses et de leur nombre. Les scores et les indicateurs intermédiaires reposent sur des déterminations et une classification différentes. Les indicateurs finaux sont eux-mêmes différents ainsi que la représentation du profil sensoriel qui en découle.

Dans l'AASP, les 4 indicateurs finaux représentent l'absence de réaction, la recherche de sensation, les signes de gêne et les comportements d'évitement. La classification utilisée reprend ces 4 notions. La représentation finale est une agrégation de ces indicateurs sur l'ensemble des modalités retenues et se base sur une qualification du comportement comparativement au comportement typique observé dans la majorité de la population.

Dans le PSP-R, il y a 7 indicateurs finaux relatifs à chaque modalité. La détermination de ces indicateurs utilise 20 classes correspondant aux catégories présentées précédemment. Le profil sensoriel est représenté graphiquement sur les 7 modalités avec un score sur 20.

Dans l'ESAA, un unique indicateur final est obtenu qui représente un seuil d'alerte : si l'indicateur est supérieur à une valeur seuil, cela signifie que la personne a des particularités sensorielles. Cet indicateur est représenté sur une échelle comprise entre 1 et 16. Le calcul de ce score utilise 5 classes qui correspondent aux groupes présentés précédemment.

2.4 Conclusion sur la comparaison des outils

La figure 2 récapitule les différences observées entre les outils du point de vue du nombre d'items, de la forme des réponses, des modalités, des indicateurs finaux ainsi que de la représentation du profil sensoriel. Pourtant, ces outils

	Items			réponses	Indicateurs finaux	Choix de représentation
	Nombre	Modalités	Classes			
AASP	60	6 (vision, audition, tactile, gustation et olfaction, mouvement, niveau d'activité)	4 réponses comportementales (hypersensibilité active, hypersensibilité passive, hyposensibilité active, hyposensibilité passive)	60 (jamais, rarement, occasionnellement, parfois, souvent)	4 relatifs aux réponses comportementales	
PSP-R	232	7 (vision, audition, tactile, gustation, olfaction, vestibulaire, proprioception)	20 catégories (intensité de fonctionnement des sens, sensibilité à certaines stimulations, mono traitement ...)	232 (vrai, était vrai ou est faux ou ne sait pas)	7 correspondant à chaque modalité	
ESAA	68	8 (vision, audition, tactile, gustation, olfaction, vestibulaire, proprioception, générale)	5 groupes (hyper réactif, plutôt hyper réactif, hypo réactif, plutôt hypo réactif, réactivité normale)	8 (hyper et hypo ou hyper et plutôt hypo ou plutôt hyper et hypo ou hyper ou hypo ou plutôt hyper ou plutôt hypo ou réactivité normale)	1 représentant un seuil d'alerte	

Fig. 2. Comparaison des 3 outils : AASP, PSP-R et ESAA

sont utilisés dans un même cadre, en l'occurrence l'évaluation des particularités sensorielles. On peut constater que les outils ont en commun l'établissement d'un profil sensoriel basé sur la mesure des réponses comportementales à des stimuli. Nous proposons de formaliser un méta-modèle à partir duquel il est possible de retrouver le modèle propre à chaque outil.

3 PROBLEMATIQUES ET MISE EN EVIDENCE D'UN META-MODELE

3.1 Problématiques

L'objectif de cette étude est d'obtenir une représentation générique sous la forme d'un méta-modèle pour lequel chaque outil serait une spécialisation, et pouvant instancier tout nouvel outil. Ce méta-modèle étant générique, il doit porter les supports de représentation des réactions à des stimuli. Et notamment rendre possible la représentation de la réponse à un stimulus.

Par ailleurs, le profil sensoriel idéal doit couvrir l'ensemble des réactions comportementales potentielles. Pour maximiser la couverture, une méthodologie consiste à utiliser une classification des items. Une première approche consiste à utiliser les modalités, notamment celles liées aux sens. C'est ce qu'on retrouve dans le processus d'établissement du profil sensoriel des 3 outils.

Deux problématiques se posent alors : comment représenter de manière générique la réponse à un stimulus ? Et quelle est la couverture d'un profil sensoriel ? Par ailleurs, il existe un processus d'établissement du profil sensoriel propre à chaque outil mais dont le mécanisme est commun et représenté dans la figure 1. Il se posera alors la question : est-il possible d'exploiter le méta-modèle jusqu'à l'élaboration d'un profil sensoriel ? Nous présentons dans la sous-section suivante comment représenter de manière générique la réponse comportementale à un stimulus. Ensuite, nous abordons la problématique de la couverture du profil. Enfin, nous discutons du méta-modèle et de ses instanciations pour modéliser les outils existants.

3.2 Réponse comportementale à un stimulus : grandeur élémentaire générique

La réponse comportementale à un stimulus peut être considérée comme typique, c'est à dire dans la moyenne de la population, ou alors hyper-sensible en cas de seuil neurologique bas, et hypo-sensible en cas de seuil neurologique

élevé ([4]). Les manifestations peuvent être active ou passive ([4]). Nous proposons donc de considérer la réponse comportementale (Ha , Hp , ha , hp) comme donnée élémentaire représentant écarts relativement à une réponse typique sur les 4 états hyper-sensible actif, hyper sensible passif, hypo sensible actif, hypo sensible passif.

Nous retrouvons ces notions dans les 3 modèles de traitement de l'information sensorielle des outils étudiés.

Dans l'AASP, les réponses comportementales sont sous la forme (Ha , Hp , ha , hp). L'indicateur final fusionne les modalités. Cependant, dans un autre outil destiné aux enfants [3], l'auteur propose des indicateurs finaux basés sur les 4 réponses comportementales et les différentes modalités.

Dans le PSP-R, les items ne sont pas classés par réponse comportementale bien que les modalités soient explicités. Néanmoins, il est possible de le faire a posteriori. On notera que malgré le fait que cet outil soit couramment utilisé, le PSP-R n'a pas fait l'objet de validation.

Dans l'ESAA, on retrouve les 4 dimensions de la grandeur élémentaire au niveau des réponses aux questions, même si par la suite, l'indicateur final les fusionne.

Nous proposons d'utiliser comme grandeur élémentaire commune aux 3 outils l'indicateur intermédiaire de l'AASP destiné aux enfant, en l'occurrence la réponse comportementale (Ha , Hp , ha , hp) dans chaque modalité. La figure 3 illustre l'obtention des indicateurs finaux par fusion de la grandeur élémentaire pour chaque outil.

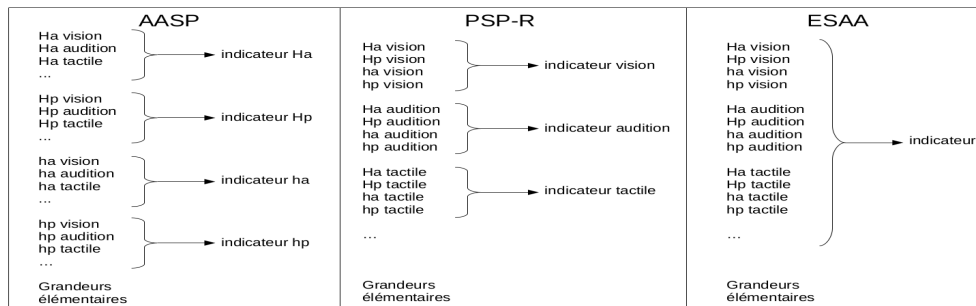


Fig. 3. Lien entre les grandeurs élémentaires et les indicateurs finaux pour chaque outil : AAS, PSP-R et ESAA

3.3 Quelle couverture du profil sensoriel ?

S'assurer qu'un profil sensoriel couvre suffisamment les réponses comportementales potentielles est facilité par l'utilisation d'une classification des items. Par exemple, la classification par modalité, notamment : vision, audition, tactile, gustatif, olfactif, vestibulaire, permet de s'assurer de la couverture sur ces modalités. Ces modalités sont d'ailleurs communes aux 3 outils étudiés. Cependant, la classification par modalité reste grossière ; les outils existants ont d'ailleurs plusieurs items par modalité de manière à affiner le profil. Une fois les modalités définies, se pose le problème de savoir si les items associés sont en nombre suffisant pour établir le profil. De plus, les cas d'absence d'item sur une modalité, la contradiction des réponses des items sur une même modalité peuvent apparaître. Par exemple, sur la modalité vision, une personne peut être hyper-sensible vis à vis des lumières et hypo-sensible vis à vis des couleurs. Les sous-sections suivantes abordent la couverture sur les modalités, les items associés et la gestion des contradictions.

3.3.1 Couverture sur les modalités. Pour étudier comparativement la couverture des 3 outils, les items de chaque outil ont été classés dans les modalités. La table 2 synthétise cette classification. On constate que les 3 outils possèdent des items dans les 6 modalités suivantes : vision, audition, tactile, vestibulaire, gustatif et olfactif. La modalité proprioception

Table 1. Nombre d'items par réponse comportementale sur les 6 modalités communes aux 3 outils PSP R, ESAA et AASP

Modalité	PSP R				ESAA				AASP			
	ha	hp	Ha	Hp	ha	hp	Ha	Hp	ha	hp	Ha	Hp
Vision	16	8	15	11	3	4	3	2	3	2	3	3
Audition	11	11	12	8	1	3	3	2	2	2	3	4
Tactile	10	7	15	5	1	4	4	3	3	3	3	4
Gustatif	5	5	13	3	2	4	4	0	1	1	1	1
Olfactif	6	6	10	2	3	3	3	3	2	1	1	0
Vestibulaire	8	6	9	8	3	1	1	3	2	2	1	3

Table 2. Nombre d'items par modalité pour chaque outil : PSP-R, ESAA et AASP

Modalité	PSP R	ESAA	AASP
Vision	50	12	11
Audition	42	9	11
Tactile	37	12	13
Gustatif	26	10	4
Olfactif	24	12	4
Vestibulaire	31	8	8
Proprioceptif	28	7	0
Niveau d'activité	0	0	10

n'est pas abordée par l' AASP et que certaines rubriques sont spécifiques à certains outils : niveau d'activité pour l' AASP et rubrique générale pour l'ESAA. En conclusion, la couverture du profil sensoriel possède une grande partie commune mais diffère sur une ou deux modalités d'un outil à l'autre.

3.3.2 Couverture sur les réponses comportementales. Pour établir un profil sensoriel, les réponses comportementales possibles doivent pouvoir être mesurés par les outils. Il est donc nécessaire d'avoir des items permettant de potentiellement pouvoir identifier toute réponse comportementale par modalité. Autrement dit, les items doivent couvrir les 4 réponses Ha, Hp, ha et hp dans chaque modalité. L'analyse de couverture des réponses comportementales des 3 outils montre (table 1) que sur les 6 modalités communes aux outils, la couverture est complète sauf pour la réponse comportementale Hp de la modalité gustatif de l'ESAA et Hp de la modalité olfactif de l'AASP. Cela vient du fait qu'il n'y a pas d'item correspondant à ces 2 réponses comportementales attendues.

3.3.3 Gestion des contradictions. En analysant la couverture des différents outils, on s'aperçoit que pour une modalité donnée, la réaction comportementale d'un individu peut être différente suivant les items. Par exemple dans la modalité visuelle, certains items peuvent porter sur la luminosité d'un lieu et d'autres sur la coloration d'un lieu. Par exemple, dans l'AASP, "j'aime aller dans les endroits qui sont colorés" et "j'aime aller dans les endroits qui ont des lumières vives" sont dans la même modalité vision alors qu'un individu peut avoir des réponses opposées. Pourtant ces items sont associés à la même modalité.

En conséquence, afin d'obtenir une information non contradictoire, il est nécessaire d'établir une classification plus fine des particularités sensorielles pour laquelle les réponses aux items dans une même classe ne peuvent être contradictoires. Nous proposons une classification par thèmes qui reprend la notion de thème utilisée par Baron-Cohen

[9]. L'objectif est de minimiser les risques de contradiction à l'intérieur d'un thème. En effet, on ne peut pas être simultanément *ha* (en recherche de sensation), *Ha* (en évitement), *hp* (absence de réaction) et *Hp* (être distrait par le stimulus) pour un thème donné.

Les thèmes sont définis pour gérer les contradictions en sous-catégorisant les modalités. Le thème est défini par le fait que, pour une personne donnée et un thème donné, une réponse comportementale attendue à un instant donné est unique.

3.4 Bilan et émergence d'un méta-modèle

Mesurer des réponses comportementales repose sur l'observation des réactions à des stimuli (Fig. 4). Nous avons montré que la catégorisation par modalité n'est pas assez fine et engendre des contradictions ; point traité par l'introduction des thèmes. La réponse comportementale attendue se modélise par la grandeur élémentaire (*Ha*, *Hp*, *ha*, *hp*) où chaque élément quantifie la déviation par rapport à une réponse typique.

Nous proposons de formaliser ces éléments sous la forme d'un méta-modèle qui définit les éléments nécessaires à l'établissement d'un profil sensoriel. Les outils sont des instances de ce méta-modèle. Les éléments hérités du méta-modèle sont communs à toutes les instances. Pour chaque instance et pour chaque thème, les 4 réponses comportementales *Ha*, *Hp*, *ha* et *hp* sont attendues, sachant que chaque réponse comportementale attendue doit être couverte par un item.

Cette approche permet de représenter les réponses aux items de manière unifiée par la grandeur élémentaire comme montré dans la section 3.2. On note que la couverture est assurée par le choix des items lié à l'instance. Pour chaque instance, une spécialisation est ajoutée pour intégrer la construction du profil sensoriel par fusion des grandeurs élémentaires (voir Fig. 3). En effet, nous avons montré que l'établissement du profil sensoriel est propre à chaque outil, d'où sa prise en considération au niveau de la spécialisation.

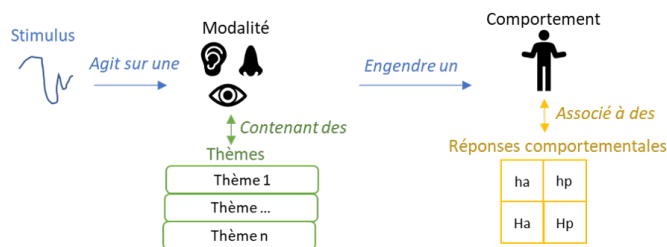


Fig. 4. Modèle de mesure de réponses comportementales lié aux particularités sensorielles

Le méta-modèle ne pourra être validé qu'au niveau de sa capacité à être instancié pour reproduire un des outils existants. Il est à noter que tout nouvel outil, instance de ce méta-modèle, devra être soumis à un processus de validation avant d'être utilisé.

4 VERS UN PROFIL SENSORIEL ÉTABLI VIA DES OBJETS CONNECTES

L'objectif est d'obtenir la mesure automatique de réponses comportementales obtenues lors de manipulations d'objets sensoriels. En effet, en présence d'un objet sensoriel, un individu présente des comportements qui vont dépendre du type de stimuli provoqués par l'objet. Le moyen pour y parvenir est d'instancier le méta modèle afin d'obtenir la grandeur élémentaire par thème. Notre méthodologie s'appuie sur la production de stimuli associée à la mesure de gestes caractéristiques de la réponse comportementale du sujet à chaque stimulus. Pour automatiser cela, il est

nécessaire d'ajouter des capteurs placés dans l'environnement proche du sujet, voire dans les objets manipulés. Les grandeurs associées aux items doivent être mesurables. On peut noter que outils existants, y compris celui de l'ESAA comportant un kit d'objets, proposent des items dont les grandeurs ne sont pas systématiquement atteignables par des capteurs (i.e "a du plaisir"). Afin de mesurer les réponses comportementales quantifiées par les grandeurs élémentaires, il est nécessaire d'identifier, pour chaque thème, les stimuli et gestes caractéristiques attendus en réponses et leur représentation sous la forme (*Ha*, *Hp*, *ha*, *hp*). La détermination des caractéristiques du geste permet le choix des capteurs. Les caractéristiques associées sont notamment la vitesse, la fréquence, la puissance, la durée d'exécution, la distance à l'objet. La couverture du profil visé dépend des thèmes retenus.

4.1 Mesure du profil sensoriel - illustration sur le thème "texture lisse"

Pour couvrir les 4 réponses comportementales de chaque thème il faut définir les items correspondants. Nous illustrons dans cette section notre démarche pour le thème *texture lisse* de la modalité *tactile*.

- pour la réponse *ha*, les comportements qui montrent que l'on est "en recherche de sensation" sont : "s'approche souvent et prend longtemps", "secoue", "pose peu souvent" et "s'éloigne peu souvent".
- pour la réponse *hp*, les comportements qui montrent que l'on est "en absence de réaction" sont : "ne prend pas" et donc "ne pose pas", "ne secoue pas", "ne s'approche pas" et donc "ne s'éloigne pas"
- pour la réponse *Ha*, les comportements qui montrent que l'on est "en évitement actif" / signe de gêne sont : "prend peu", "pose vite", "ne secoue pas", "a tendance à s'éloigner"
- pour la réponse *Hp*, les comportements qui montrent que l'on est "en évitement passif" comportement de distraction sont : "prend peu" et donc "pose peu", la personne ne va pas forcément s'éloigner de l'objet bien que le stimulus la perturbe.

Les gestes à mesurer sont : "attrape" "secoue", "pose", "s'approche" et "s'éloigne" associés à leurs grandeurs caractéristiques : fréquence du geste ("peu" "souvent"), durée ("longtemps"). Les capteurs choisis pour obtenir ces informations sont : un accéléromètre 3 axes pour les gestes impliquant la manipulation de l'objet ; un capteur électrostatique [8] pour l'identification de gestes ; un capteur de luminosité pour la mesure d'approche et d'éloignement.

L'identification des gestes est réalisée par des algorithmes de Machine Learning, choix dont la pertinence a été montrée par Wang [10]. Nous avons utilisé un réseau neuronal (Xception) pré-entraîné alimenté par les transformées en ondelettes des signaux pré-traités des capteurs. Le taux de réussite d'identification est entre 85 à 95 % suivant les familles de gestes. Ces résultats préliminaires sont suffisamment précis pour notre objectif.

La grandeur élémentaire du thème est obtenue par un classifieur random-forest à partir des caractéristiques (comptage, durée) des gestes identifiés. La figure 5 illustre le résultat pour un individu hypo-actif sur le thème "texture lisse" de la modalité "tactile".

4.2 Résultats et conclusion

Les résultats préliminaires montrent qu'il est possible d'établir le profil sensoriel sur un thème donné, à partir d'objets connectés. Cela nécessite une phase d'apprentissage sur les gestes d'une part et sur l'obtention de la grandeur élémentaire d'autre part. Sur cette dernière phase, la labélisation des données *ha*, *hp*, *Ha* et *Hp* d'apprentissage a été faite empiriquement. Cette étape nécessite une validation par captation d'expertise ou par expérimentation sur une population représentative.

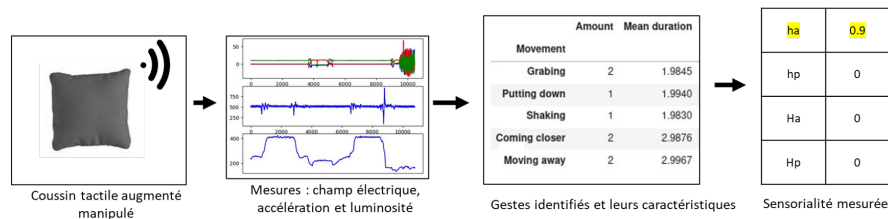


Fig. 5. Résultat de mesure d'une personne hyper active au stimulus correspondant à la texture lisse

5 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les intérêts d'établir un profil sensoriel automatiquement sont multiples : l'objectivation, la réalisation régulière et la mesure de variation dans le temps. L'analyse des outils existants ont montré que la nature de leurs items n'est pas automatisable telle quelle. Par contre, il ressort que les concepts d'hypo, hyper sensibilité associés à des réactions comportementales actives ou passives peut se retrouver dans chaque outil. De plus, la couverture du profil sensoriel est exprimable sous forme de thèmes liés à des modalités. Nous proposons de formaliser le processus d'établissement d'un profil sensoriel sous la forme d'un méta modèle. Il définit l'expression de la grandeur élémentaire associée aux réponses comportementales. Ces réponses sont mesurables par thèmes.

Pour automatiser le processus d'établissement du profil, nous nous sommes basés sur ce méta modèle. Son implémentation repose sur la caractérisation de comportements en réaction à des stimuli. L'augmentation des objets sensoriels par ajout de capteurs nous a permis de mesurer des réponses comportementales exprimées sous forme de grandeurs caractéristiques d'un profil sensoriel : *Ha*, *Hp*, *ha*, *hp*. L'expérimentation que nous avons menée a montré la faisabilité de cet établissement pour un thème. Pour obtenir un nouvel outil opérationnel, les étapes qu'il reste à effectuer sont l'extension à la couverture souhaitée ainsi que la validation de ce nouvel outil sur une population conséquente. Une des limitations de l'approche est l'ampleur des développements nécessaires pour chaque thème. Par ailleurs, l'établissement d'un méta-modèle, par la formalisation des différentes étapes du processus d'établissement d'un profil sensoriel, permet la comparaison des différents outils et pourraient éclairer le choix des praticiens.

REFERENCES

- [1] Simge Aykan and al. 2020. Development of Sensory Sensitivity Scales (SeSS): Reliability and validity analyses. *Research in Developmental Disabilities* 100 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103612>
- [2] Olga Bogdashina. 2020. *Questions de perception sensorielle dans l'autisme et le syndrome d'asperger* (afd edition ed.).
- [3] Winnie Dunn Catana Brown. 2002. *Profil sensoriel* (pearson ed.).
- [4] Winnie Dunn Catana Brown, Nona Tollefson and al. 2001. The Adult Sensory Profile: Measuring Patterns of Sensory Processing. *American Journal Of Occupational Therapy* 55 (2001), 75–82. <https://doi.org/10.5014/ajot.55.1.75>
- [5] Winnie Dunn. 2010. *Adolescent/Adult Sensory Profile* (pearson ed.).
- [6] Claire Degenne et al. 2019. *ESAA : Evaluation Sensorielle de l'Adulte avec Autisme* (hogrefe ed.).
- [7] DSM-5 Task Force. 2013. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5™ (5th ed.)* (american psychiatric publishing ed.). <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596>
- [8] Blandine Pichon and al. 2022. A low-cost machine learning process for gait measurement using an electrostatic sensors network. *Acta IMEKO* (2022). <https://hal.science/hal-04032714>
- [9] Rosa A Hoekstra Teresa Tavassoli and Simon Baron-Cohen. 2014. The Sensory Perception Quotient (SPQ): development and validation of a new sensory questionnaire for adults with and without autism. *Molecular Autism* 5 (2014), 29. <https://doi.org/10.1186/2040-2392-5-29>
- [10] Jindong Wang and al. 2017. Deep Learning for Sensor-based Activity Recognition: A Survey. *Elsevier* 119 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.02.010>