



HAL
open science

Nouvelles technologies au service du dépistage: Chatbot pour la détection précoce de l'autisme

Quentin Guillon, Sophie Baduel, Mado Arnaud, Bernadette Rogé

► To cite this version:

Quentin Guillon, Sophie Baduel, Mado Arnaud, Bernadette Rogé. Nouvelles technologies au service du dépistage: Chatbot pour la détection précoce de l'autisme. *Enfance*, 2019, 1 (1), pp.59. 10.3917/enf2.191.0059 . hal-03156464

HAL Id: hal-03156464

<https://hal.science/hal-03156464>

Submitted on 9 Dec 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Nouvelles technologies au service du dépistage précoce de l'autisme

Quentin Guillon¹, Sophie Baduel^{2,5}, Mado Arnaud³ et Bernadette Rogé^{4,5,6}

This is the authors' final accepted version.

Consult the publisher's version if you wish to cite from it:

Guillon, Q., Baduel, S., Arnaud, M., & Rogé, B. (2019). Nouvelles technologies au service du dépistage: Chatbot pour la détection précoce de l'autisme. *Enfance*, (1), 59-72.
<https://doi.org/10.3917/enf2.191.0059>

-
- 1 Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon (U1028 - UMR5292), Université Lyon 1, CH Le Vinatier – Bâtiment 452, 95 bd Pinel, 69675 Bron Cedex, *Email*: qtn.guillon@gmail.com
 - 2 Centre d'Etudes et de Recherches en Psychopathologie et Santé (EA7411), Université de Toulouse, UT2J, Maison de la Recherche, 5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9, *Email*: baduel@univ-tlse2.fr
 - 3 Centre d'Etudes et de Recherches en Psychopathologie et Santé (EA7411), Université de Toulouse, UT2J, Maison de la Recherche, 5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9, *Email*: mado.anaud@gmail.com
 - 4 Centre d'Etudes et de Recherches en Psychopathologie et Santé (EA7411), Université de Toulouse, UT2J, Maison de la Recherche, 5 allée Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9, *Email*: roge@univ-tlse2.fr
 - 5 Centre Régional, d'Education et de Services pour l'Autisme en Midi-Pyrénées
 - 6 Institut Universitaire de France

Résumé

Le dépistage précoce de l'autisme représente un véritable enjeu de santé publique car il favorise la mise en œuvre rapide d'une intervention adaptée. Malgré leur utilité, les outils de dépistage restent peu utilisés par les professionnels de première ligne en raison notamment de leur faible adéquation aux pratiques. Les technologies de l'information et de la communication permettent de développer des solutions innovantes, adaptées aux besoins des professionnels, grâce à la digitalisation des outils de dépistage et à l'intégration de l'intelligence artificielle à ces dispositifs.

MOTS-CLÉS : *AUTISME, DÉPISTAGE PRÉCOCE, NOUVELLES TECHNOLOGIES.*

Abstract**Supporting early screening for autism with emerging technologies**

Early autism screening is important from a public health perspective, as it promotes earlier implementation of effective treatment. Despite their usefulness, front-line professionals make however little use of screening instruments due to implementation challenges. Information and communication technologies enable innovative solutions, tailored to the needs of front-line professionals, through the development of digital screening systems and use of artificial intelligence.

KEYWORDS: *AUTISM, EARLY SCREENING, EMERGING TECHNOLOGIES.*

INTRODUCTION

L'autisme est un trouble neurodéveloppemental caractérisé par des difficultés de communication et d'interaction sociale, des comportements répétitifs et stéréotypés, des intérêts restreints ainsi que par une hypo- et/ou hyper-réactivité sensorielle (American Psychiatric Association, 2013). Bien que l'implication de facteurs génétiques, biologiques et environnementaux dans l'étiologie de l'autisme fasse aujourd'hui consensus, le diagnostic repose toujours sur l'observation de ces comportements, qui sont d'apparition précoce et qui entravent l'adaptation et la participation sociale de la personne (Lord, Elsabbagh, Baird, & Veenstra-Vanderweele, 2018). Un diagnostic précoce favorise toutefois la mise en place d'interventions spécifiques qui permettent de relancer le développement et de rétablir les chances pour ces enfants d'accéder aux apprentissages qui conditionneront leur qualité de vie future, leur accès à l'autonomie et leur participation aux activités de la communauté sociale (Fein, Barton, & Dumont-Mathieu, 2017; Zwaigenbaum, Bauman, Choueiri, et al., 2015).

La notion de « diagnostic précoce » est intrinsèquement liée à celle de « dépistage précoce » (Rogé, 2002). Le dépistage précoce comme le diagnostic précoce s'inscrivent tous les deux dans une démarche de prévention, en ce sens qu'ils doivent permettre la mise en oeuvre d'interventions spécifiques pour le jeune enfant, censées limiter les risques de sur-handicaps à long terme (Dawson, 2008; Webb, Jones, Kelly, & Dawson, 2014). Plusieurs études ont ainsi montré que les enfants démontrant les meilleures évolutions à long terme étaient généralement ceux diagnostiqués précocement et ayant bénéficié d'une intervention dès l'âge de 2 ans (Anderson et al., 2014; Clark, Vinen, Barbaro, & Dissanayake, 2018; Orinstein et al., 2014). Toutefois, des délais importants sont constatés entre les premières

inquiétudes, le diagnostic et la mise en œuvre effective d'une intervention adaptée (Cour de Comptes, 2017). Avec un taux de prévalence de l'autisme aujourd'hui estimé autour de 1,5% de la population générale, le dépistage précoce représente ainsi un enjeu majeur de santé publique.

En pratique, le dépistage précoce consiste en l'utilisation d'outils standardisés permettant aux professionnels de première ligne (médecins généraliste, pédiatres, médecins de PMI) d'identifier la présence d'un ensemble de comportements statistiquement associés à un diagnostic ultérieur d'autisme. C'est une démarche complémentaire de celle de surveillance du développement global actuellement préconisée par la Haute Autorité de Santé (HAS, 2018) pour le repérage de l'autisme en population générale (dépistage de niveau 1) qui elle, renvoie à un processus continu et flexible de surveillance capitalisant sur l'expérience acquise et les connaissances du professionnel pour guider son jugement clinique. La HAS recommande un dépistage ciblé en population démontrant des signes d'alerte (dépistage de niveau 2).

LE DÉPISTAGE PRÉCOCE DE L'AUTISME

Les études prospectives des enfants à haut risque d'autisme (i.e. nourrissons puinés d'enfants présentant un TSA), confirment que les caractéristiques comportementales définissant l'autisme apparaissent, dans la majorité des cas, entre la fin de la première année et au cours de la deuxième année de vie (Jones, Gliga, Bedford, Charman, & Johnson, 2014; Rogers & Nadel, 2009; Zwaigenbaum, Bryson, & Garon, 2013). Toutefois, pour des professionnels de première ligne, souvent peu formés à la détection de l'autisme, le repérage de ces signes,

subtils et variables d'un enfant à l'autre, n'est pas aisé s'ils ne sont pas recherchés de manière délibérée (Ghaderi & Watson, 2018; Miller et al., 2011). De même, les parents peu expérimentés dans le développement de l'enfant, peuvent ne pas remarquer ou bien mal interpréter des comportements pourtant évocateurs d'un risque d'autisme. Par ailleurs, même lorsque des inquiétudes parentales sont présentes, certains professionnels peuvent avoir tendance à les minimiser et à se montrer rassurants avec les parents (Brogan & Knussen, 2003; Chamak, Bonniau, Oudaya, & Ehrenberg, 2011; Goin-Kochel, Mackintosh, & Myers, 2006; Hidalgo, McIntyre, & McWhirter, 2015; Howlin & Moore, 1997; Mansell & Morris, 2004). Pourtant, une réduction significative du délai dans le diagnostic est constatée lorsque le professionnel est proactif dans la réponse qu'il apporte (Zuckerman, Lindly, & Sinche, 2015). Lorsqu'ils sont interrogés, les parents décrivent le processus de repérage comme un procédé lent et chaotique, entraînant une errance diagnostique, source de stress, et des délais importants pour la mise en place d'une intervention au détriment de leur enfant (Carlsson, Miniscalco, Kadesjö, & Laakso, 2016; Martinez et al., 2018; Osborne & Reed, 2008).

Les difficultés rencontrées par les professionnels de première ligne pour repérer les signes précoces de l'autisme ont motivé le développement d'outils standardisés de dépistage (Zwaigenbaum, Bauman, Fein, et al., 2015). Ces outils permettent de rechercher la présence/absence de comportements socio-communicatifs se développant au cours de la deuxième année de vie, comme l'attention conjointe ou le jeu de faire semblant (e.g. Robins, Fein, Barton, & Green, 2001). Ils ont la caractéristique d'être brefs, simples d'utilisation et peu coûteux à mettre en oeuvre mais ils sont également moins « précis » comparativement aux outils de diagnostic. A titre d'exemple, le M-CHAT (Modified - Checklist for Autism in Toddler, Robins et al., 2001) est celui qui a été le plus étudié et validé internationalement

(García-Primo et al., 2014; Magán-Maganto et al., 2017). Il s'agit d'un questionnaire de 23 items à destination de parents d'enfants âgés de 16 à 30 mois. Si un minimum de 3 items au total ou 2 items clés sont échoués, un entretien de suivi (5-10 min) doit obligatoirement être réalisé pour lever toute ambiguïté et confirmer les réponses des parents. Cet entretien de suivi est primordial car il permet d'améliorer la performance du test (Badel et al., 2017; Kleinman et al., 2008). Si les réponses sont confirmées, le risque d'autisme est établi et l'enfant doit être orienté vers une équipe pluridisciplinaire pour des bilans complémentaires et, au besoin, pour la mise en place d'une intervention. L'examen des qualités psychométriques du M-CHAT, en particulier sa sensibilité (i.e. capacité du test à identifier les cas d'autisme) et sa valeur prédictive positive (i.e. probabilité de l'autisme dans le cas d'un test positif) révèle toutefois certaines limites, notamment dans sa capacité à repérer les formes dites « légères » d'autisme et à discriminer l'autisme des autres troubles du développement (e.g. Baduel et al., 2017; Chlebowski, Robins, Barton, & Fein, 2013). Néanmoins, le risque d'une orientation diagnostique qui ne serait pas justifiée et qui pourrait être préjudiciable pour la famille (autrement dit, les cas de « vrai » faux-positif) reste minime dans les faits: dans l'étude de validation française par exemple, l'ensemble des cas de faux-positifs présentait au final un trouble du développement (Badel et al., 2017). Aux Etats-Unis, sur un échantillon total de 18 989 enfants, seul 4 enfants dépistés avec le M-CHAT (sur un total de 171 dépistages positifs) ne présentaient aucun trouble du développement (Chlebowski et al., 2013).

Malgré des qualités psychométriques moyennes, les études qui se sont intéressées aux effets de programme de dépistage en population générale concluent en l'utilité clinique des outils de dépistage: leur utilisation systématique permet d'augmenter le nombre d'enfants dépistés et de diminuer significativement l'âge de détection (Daniels, Halladay, Shih, Elder,

& Dawson, 2014; Guevara et al., 2013; Miller et al., 2011; Oosterling et al., 2010; Rotholz, Kinsman, Lacy, & Charles, 2017). A partir d'une simple surveillance du développement global, environ 50% des cas d'autisme ne sont pas repérés par les professionnels de première ligne (Miller et al., 2011). Même des experts de l'autisme, sur la base d'une observation des comportements de l'enfant de 10 minutes, échouent à détecter l'autisme dans 39% des cas (Gabrielsen et al., 2015). Dans une étude menée dans deux régions au Pays-Bas, Oosterling et al. rapportent que la probabilité d'obtenir un diagnostic d'autisme avant l'âge de 36 mois était 9,5 fois supérieure dans une région expérimentale ayant mise en oeuvre un programme de dépistage en comparaison à une région contrôle où seule une surveillance du développement global était effectuée. Le programme de dépistage systématique proposait à tous les professionnels de la région expérimentale une formation sur les signes précoces de l'autisme et sur l'utilisation de l'outil de dépistage ESAT (Early Screening of Autistic Traits). Il prévoyait également la constitution d'une équipe pluridisciplinaire dédiée au diagnostic des enfants dépistés par le programme. Dans cette région, l'autisme était détecté en moyenne 21 mois plus tôt que dans la région contrôle. Cependant, huit années après le terme de l'étude, les auteurs constatent un retour à des chiffres similaires à ceux précédant l'implémentation du programme de dépistage, questionnant ainsi la durabilité de ce type de programme lorsque les professionnels de première ligne ne sont pas accompagnés et soutenus institutionnellement (Pijl, Buitelaar, de Korte, Rommelse, & Oosterling, 2017).

Les professionnels de première ligne reconnaissent l'importance d'un dépistage précoce et la plus-value que les outils de dépistage peuvent avoir pour leur pratique (Crais et al., 2014; Ip, Zwaigenbaum, Nicholas, & Sharon, 2015; Pierce et al., 2011). Ils ne sont toutefois qu'une minorité à les utiliser au quotidien (Dosreis, Weiner, Johnson, &

Newschaffer, 2006; Radecki, Sand-Loud, O'Connor, Sharp, & Olson, 2011). Pour mieux comprendre ce décalage et identifier les freins au dépistage précoce, des études ont été menées directement auprès des professionnels de première lignes. Les résultats de ces études révèlent que les obstacles à l'utilisation d'outils de dépistage sont multiples et incluent un manque de temps et de personnels dédiés, des difficultés d'organisation et de planification, une charge accrue de travail, un manque de connaissance (existence, validité, limite de ces outils) ou le fait de se sentir à l'aise dans leur utilisation et dans la manière d'aborder la discussion avec les parents. Ils évoquent également le risque que représente les faux-positifs pour les familles. Lorsqu'ils sont interrogés sur les facteurs qui pourraient favoriser l'utilisation d'outils de dépistage, les professionnels insistent sur la nécessité de mieux les adapter à leur pratique (Dosreis et al., 2006; Crais et al., 2014; Ip et al., 2015).

L'APPORT DES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Le développement des technologies de l'information et de la communication appliquées à la santé ouvre la voie vers une modification importante des pratiques: la télésanté par exemple pour l'intervention précoce et la formation des parents (voir Arnaud et al., dans ce numéro). Dans le domaine du dépistage précoce, l'essor des technologies de l'information et de la communication permet aujourd'hui de concevoir des machines (application numérique, robot intelligent) qui vont pouvoir épauler le professionnel dans sa tâche. Les axes de recherche explorés sont doubles et visent à l'amélioration de l'adéquation des outils aux pratiques et à l'amélioration de leur performance en matière de prédiction.

La digitalisation des outils de dépistage

Pour qu'un outil de dépistage soit utilisé, il n'est pas suffisant de démontrer son efficacité, il faut également que l'outil soit adapté à son contexte d'utilisation. Malgré les souhaits initiaux des chercheurs de développer des outils rapides et simples d'utilisation, les outils de dépistage semblent coûteux à mettre en œuvre et ils ne sont pas toujours correctement utilisés (Campbell et al., 2017; Harrington, Bai, & Perkins, 2013). L'analyse des pratiques liées à l'utilisation du M-CHAT par les professionnels révèle que l'entretien de suivi n'est pas systématiquement conduit lorsque cela est nécessaire. La majorité des professionnels se fient davantage à leur jugement clinique pour décider d'agir ou non, entraînant des orientations non justifiées pour certains enfants et inversement. Des erreurs de cotations sont également fréquemment constatées: certains professionnels reprochent une cotation peu intuitive, des items étant délibérément inversés. Alors que pour la majorité des items, l'absence du comportement ciblé est cohérente avec un risque, pour les items 18, 20 et 22, à l'inverse, c'est la présence du comportement ciblé qui signale le risque.

Pour répondre à ces écueils, les recherches s'orientent vers une dématérialisation des outils vers un environnement numérique (site internet, application mobile) qui permet d'automatiser l'administration et la cotation de ces outils. Harrington et al. (2013) ont ainsi proposé à des parents, au cours de consultations de routine dans un service pédiatrique, de compléter une version numérique du M-CHAT sur tablette. Il convient de préciser qu'au sein du service pédiatrique, la version papier du M-CHAT était déjà systématiquement proposée aux parents avant l'introduction de la version numérique du M-CHAT, ce qui a permis une comparaison des deux versions. Au total, 176 protocoles de M-CHAT numériques et 197

protocoles de M-CHAT papiers ont été comparés. Alors que 10% des protocoles papiers indiquaient un risque, ce pourcentage était de trois pour les protocoles numériques. Ce décalage entre les deux versions est expliqué en partie par le fait que 17% des protocoles papiers étaient incorrectement complétés. Pour les auteurs, l'automatisation de l'administration et l'automatisation des cotations permet d'améliorer de manière significative l'efficacité de l'outil en pratique. Du côté des parents, l'utilisation d'une version numérique plutôt que d'une version papier ne pose pas de problème particulier: parmi les parents qui avaient déjà eu l'occasion de compléter la version papier lors d'une précédente visite de routine, 78% déclaraient préférer la version numérique. Dans une autre étude portant cette fois sur le M-CHAT-R/F, les auteurs ont observé une meilleure consignation des protocoles dans le dossier électronique médical de l'enfant et une augmentation du nombre de mesures d'orientation appropriées de près de 60% après l'introduction de la version numérique (Campbell et al., 2017). Il a également été constaté une meilleure perception par les professionnels de l'utilité du dépistage : alors qu'ils n'étaient que 56% à systématiquement orienter les enfants en cas de dépistage positif avec la version papier, ils étaient 100% à le faire après l'introduction du format numérique. En outre, ils appréciaient avoir connaissance des résultats du test au moment de la consultation et 90% d'entre eux reconnaissaient que le M-CHAT-R/F améliorerait leur jugement concernant le risque d'autisme pour un enfant.

La digitalisation des outils de dépistage ne bénéficie pas seulement aux professionnels. Outre l'automatisation de l'administration et de la cotation, la transposition de ces outils vers un environnement numérique permet de proposer du contenu augmenté en accompagnement des items. Certains parents peuvent avoir des difficultés à répondre seuls aux questions soit par manque de compréhension, soit en raison d'une interprétation trop

littérale. Des modifications ont ainsi été proposées pour les versions papier: par exemple dans la version révisé du M-CHAT, la formulation de certaines questions a été simplifiée et des exemples ont été ajoutés pour faciliter leur compréhension (Robins et al., 2014); dans la version japonaise, certains items sont accompagnés d'une illustration graphique (Inada, Koyama, Inokuchi, Kuroda, & Kamio, 2011). Avec la digitalisation des outils, il est possible de proposer des vidéos commentées pour illustrer les comportements ciblés et ainsi permettre à un plus grand nombre de parents de bénéficier de ces outils.

Plusieurs applications de dépistage de l'autisme sont disponibles sur les magasins d'application mobile. Ces applications n'ont pas fait l'objet de validation scientifique et doivent être pour cette raison considérées avec précaution. Un autre problème majeur est le fait que les données ne sont pas sécurisées. Ce type d'application serait donc plus approprié pour le grand public, pour les parents inquiets pour leur enfants ou les personnes elle-même car il s'agit ni plus ni moins de la transposition d'échelles qui circulent déjà sur internet sans aucune sécurisation des données. Leur généralisation dans le milieu professionnel pose donc le problème éthique de la confidentialité par la sécurisation des données.

Vers des systèmes intelligents d'aide au dépistage

L'essor de l'intelligence artificielle et de son application dans la santé appelle à une transformation des pratiques, notamment pour les tâches de classification comme le diagnostic ou le dépistage (e.g. Esteva et al., 2017; Gulshan et al., 2016; Litjens et al., 2016). Dans le dépistage de l'autisme, il s'agit de distinguer dans la population les enfants présentant un risque des enfants ne présentant pas de risque et pour cela il est fondamental de

disposer de règles de classification. Dans le cas du M-CHAT par exemple, si le score obtenu par un enfant dépasse le score seuil de 3 items échoués (score seuil établi à partir du meilleur rapport sensibilité/spécificité), alors cet enfant doit être considéré comme étant à risque. Les professionnels aussi élaborent leur propres règles de classification en fonction de ce que leur expérience leur a appris des comportements associés à un diagnostic d'autisme. A la différence des règles de classification basées sur un score seuil, les règles de classification des professionnels sont idiosyncrasiques (tous les professionnels n'ont pas la même expérience de l'autisme) et sont généralement moins performantes (e.g. Miller et al., 2011). Elles ont en revanche l'avantage d'être évolutives dans la mesure où ces règles peuvent être modifiées et s'affiner en fonction des nouvelles expériences du professionnel. C'est cette capacité d'apprentissage et de stockage d'information que l'intelligence artificielle va chercher à reproduire. Il s'agit en quelque sorte de permettre à un dispositif non humain « d'apprendre à apprendre » grâce à des méthodes de calcul complexes (Lecun, Bengio, & Hinton, 2015). Les algorithmes de plus en plus performants d'apprentissage automatique permettent ainsi à une machine de recevoir des données (ces données doivent être correctement étiquetées, on parle alors d'apprentissage supervisé) et de déduire elle-même ses propres règles de classification pour fournir des prédictions sur de nouveaux cas. A mesure que le dispositif collecte plus de données, il continue à affiner ses règles de classification et à améliorer ses prédictions.

Les données sur les comportements recueillis grâce aux outils de dépistage sont parfaitement adaptées pour alimenter les algorithmes d'apprentissage automatique. L'exploitation de ces données par l'intelligence artificielle pourrait conduire à des prédictions du risque personnalisé pour un enfant qui tiendra compte d'une multitude d'information,

comme la combinaison des items échoués ou la relative importance de chacun. D'autres informations, comme la présence d'un trouble du développement chez une fratrie ou d'autres facteurs de risque, pourront également être intégrées. A l'heure actuelle, l'application de l'intelligence artificielle dans le domaine du dépistage précoce de l'autisme reste toutefois limitée (Thabtah, 2018). Les recherches se sont majoritairement bornées à appliquer des méthodes discriminatives (arbre de décision, séparateurs à vaste marges, réseaux de neurones) sur des échantillons d'apprentissage statiques (par exemple la base de données AGRE qui contient les données ADOS et ADI-R de plusieurs centaines d'individus) pour réduire le nombre de variables et sélectionner les plus discriminantes afin de proposer un classificateur performant de l'autisme, mais sans véritable intégration à un outil de dépistage (Duda, Kosmicki, & Wall, 2014; Wall, Dally, Luyster, Jung, & DeLuca, 2012; Wall, Kosmicki, Deluca, Harstad, & Fusaro, 2012). Ces recherches ont par ailleurs fait l'objet de critiques tant sur le plan méthodologique que sur le plan conceptuel (Bone et al., 2015). Pour véritablement parler de dispositifs intelligents d'aide au dépistage, il faut que l'intelligence artificielle soit intégrée à l'outil de dépistage afin de bénéficier à la fois de la puissance de prédiction de l'un et de la standardisation de l'autre (Thabtah, 2018).

« EarlyBot »: un assistant virtuel intelligent d'aide à la détection de l'autisme

Le projet «EarlyBot» émane d'un partenariat entre la Croix-Rouge française⁷, le Mipih⁸ et Botdesign⁹ initié autour de la question des potentialités de l'intelligence artificielle dans le

7 La Croix-Rouge française gère, entre autre, 93 établissements et services pour personnes en situation de handicap ainsi qu'une soixantaine d'établissements d'accueil du jeune enfant. Elle a développé une politique de formation de ses professionnels de la petite enfance aux troubles du neurodéveloppement.

8 Le MiPih est hébergeur agréé de données de santé (certifié ISO 27001) et dispose de deux Data center à Toulouse et Amiens certifiés HDS (Hébergeur de Données de Santé).

9 Botdesign développe des solutions numériques innovantes en matière de e-santé.

domaine du handicap auxquels se sont associés le CRAIF¹⁰ et le Ceresa¹¹ pour créer un assistant virtuel d'aide à la détection de l'autisme. Le projet a pour objectif de développer un agent conversationnel intelligent (un chatbot, de la contraction en anglais de « *chat* » et « *robot* ») pour aider à la détection précoce de l'autisme en s'appuyant sur l'expérience de Botdesign qui a déjà développé des Chatbots de prédiagnostic et de suivis cliniques des patients. Les algorithmes sont définis en collaboration avec les experts des pathologies concernées. Ils sont dotés d'intelligence artificielle permettant d'optimiser et de sécuriser les alertes patients et l'aide aux diagnostics. Dans le cadre de ce projet, des grilles d'observation des comportements à 6, 12, 15, 18 et 24 mois ont été développées par l'équipe du CERPPS et du Ceresa sur la base des données de la littérature et d'instruments cliniques. Il s'agit, dès le plus jeune âge, de repérer les difficultés peu spécifiques qui sont des indicateurs de troubles du neurodéveloppement pour affiner ensuite avec l'identification de signes évocateurs de l'autisme. Les comportements ciblés ne nécessitent pas de mise en situation particulière et peuvent être observés au quotidien. Ils seront directement soumis au professionnel durant les conversations avec le chatbot via la messagerie instantanée Infinity développée par Botdesign et le Mipih qui répond aux exigences réglementaires et légales valables sur le territoire français¹².

Le dispositif s'adresse principalement aux professionnels de crèche, mais aussi à tous les professionnels. L'assistant virtuel « EarlyBot » a pour objectif de les aider à observer et à identifier les difficultés, de les accompagner dans la discussion avec les parents et les autres professionnels et de faciliter l'orientation de l'enfant vers les ressources spécialisées

10 Centre Ressources Autisme Ile-de-France.

11 Centre Régional, d'Education et de Services pour l'Autisme en Midi-Pyrénées.

12 Cf. Dossier de Spécifications Techniques et Fonctionnelles de l'interface d'accès au système de Messageries Sécurisées de Santé (MSSanté) de l'ASIP Santé.

identifiées sur le territoire via notamment la connaissance du terrain du CRAIF et du Ceresa. A l'issue de l'observation, l'assistant virtuel synthétise les différents items et propose des conseils personnalisés. Une pré-analyse, basée sur l'intelligence artificielle, est également envoyée au médecin de la crèche qui peut alors décider des actions à entreprendre si besoin. Les informations recueillies sont structurées et consignées dans un environnement sécurisé et constituent à la fois un échantillon d'apprentissage dynamique que l'intelligence artificielle pourra exploiter et des données utilisables pour des études prospectives. Ce dispositif innovant n'a pas pour ambition d'établir un diagnostic mais de faciliter le repérage des enfants à risque afin de les orienter vers les personnels qualifiés en vue du diagnostic. Les nouvelles dispositions de la stratégie nationale pour l'autisme permettent d'agir rapidement en cas de suspicion et de mettre en place un soutien au développement avant même la confirmation du diagnostic. Il faut souligner également que ce dispositif permettra d'aider précocement d'autres types de désordres neurodéveloppementaux identifiés avant la période où le diagnostic d'autisme devient possible.

CONCLUSION

L'utilité d'un dépistage précoce de l'autisme fait aujourd'hui consensus car il ouvre des perspectives d'intervention à un âge où les trajectoires développementales peuvent être modifiées et où les déficits en cascade peuvent être limités. Les outils de dépistage restent à ce jour le moyen le plus efficace pour repérer précocement une majorité d'enfants parce qu'ils permettent de rechercher de manière délibérée des comportements fréquemment associés à de l'autisme qui peuvent être subtils à repérer et variables d'un enfant à l'autre.

Pour les professionnels de première ligne cependant, les coûts en terme de temps et d'organisation liés à l'utilisation de ces outils et les risques de faux positifs constituent des freins à leur utilisation.

La digitalisation des outils de dépistage et le développement de systèmes intelligents pourraient entraîner un changement profond des pratiques et amener les professionnels à repenser leur rôle (Fogel & Kvedar, 2018). Compte tenu des contraintes temporelles et de l'augmentation du nombre de tâches administratives annexes qui s'imposent aux professionnels, l'automatisation des tâches répétitives et l'assistance de l'intelligence artificielle peut permettre d'augmenter le temps disponible à consacrer aux activités spécifiquement humaines: établir des relations, faire preuve d'empathie, prendre le temps de conseiller et de soutenir et se rendre disponible pour les familles qui en ont besoin. A cet égard, il est intéressant de constater que l'attitude des professionnels est un des prédicteurs majeurs de la satisfaction parentale vis-à-vis du processus de repérage (Brogan & Knussen, 2003; Osborne & Reed, 2008). L'acceptabilité de ces dispositifs devra faire l'objet d'une évaluation auprès des professionnels. En l'état, il n'est pas toujours possible de connaître les règles de classification utilisées par la machine, ce qui pose un certains nombres de problème éthique (Crawford & Calo, 2016). L'intégration de ces dispositifs nécessite un temps d'adaptation qui peut freiner leur déploiement. De même, l'efficacité devra être évaluée et les coûts de développement justifiés par une réelle plus-value pour les professionnels.

Disposer d'outils efficaces et adaptés au contexte d'utilisation n'est pas suffisant pour favoriser le dépistage précoce. Il faut plus encore disposer de moyens appropriés de diagnostic et d'intervention car un dépistage précoce n'a de sens que s'il permet la mise en oeuvre d'une intervention. Les services spécialisés pour le diagnostic, de même que les

structures d'accompagnement adaptées aux jeunes enfants, ont des listes d'attentes très fournies qui ne permettent pas d'apporter des réponses à l'ensemble des familles qui en auraient besoin. Dans ce contexte, si l'offre d'accompagnement adapté ne s'améliore pas, favoriser le dépistage précoce pourrait avoir l'effet inverse, en allongeant au contraire les délais de diagnostic et d'intervention. Favoriser le dépistage précoce devrait donc s'inscrire dans une stratégie globale de santé publique qui nécessite, au-delà d'un outil de dépistage efficace et adapté à son contexte d'utilisation, des changements profonds du système de soins, en proposant de meilleures formations initiales pour les professionnels de la santé et de la petite enfance, une réorganisation plus cohérente et standardisée des parcours et une capacité accrue des structures d'intervention adaptées (Cour de Comptes, 2017). La mise en place du forfait pour l'aide précoce qui fait partie des mesures de la stratégie nationale pour l'autisme est susceptible de répondre aux besoins révélés par le repérage et le diagnostic précoce des signes d'autisme.

RÉFÉRENCES

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (Fifth Edition)*. American Psychiatric Association.
- Anderson, D. K., Liang, J. W., & Lord, C. (2014). Predicting young adult outcome among more and less cognitively able individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 55(5), 485–494.
- Baduel, S., Guillon, Q., Afzali, M. H., Foudon, N., Kruck, J., & Rogé, B. (2017). The French Version of the Modified-Checklist for Autism in Toddlers (M-CHAT): A Validation Study on a French Sample of 24 Month-Old Children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(2), 297–304.

- Bone, D., Goodwin, M. S., Black, M. P., Lee, C.-C., Audhkhasi, K., & Narayanan, S. (2015). Applying Machine Learning to Facilitate Autism Diagnostics: Pitfalls and Promises. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *45*(5), 1121–1136.
- Brogan, C. A., & Knussen, C. (2003). The Disclosure of a Diagnosis of an Autistic Spectrum Disorder. *Autism*, *7*(1), 31–46.
- Campbell, K., Carpenter, K. L. H., Espinosa, S., Hashemi, J., Qiu, Q., Tepper, M., ... Dawson, G. (2017). Use of a Digital Modified Checklist for Autism in Toddlers – Revised with Follow-up to Improve Quality of Screening for Autism. *The Journal of Pediatrics*, *183*, 133–139.e1.
- Carlsson, E., Miniscalco, C., Kadesjö, B., & Laakso, K. (2016). Negotiating knowledge: Parents' experience of the neuropsychiatric diagnostic process for children with autism. *International Journal of Language and Communication Disorders*, *51*(3), 328–338.
- Chamak, B., Bonniau, B., Oudaya, L., & Ehrenberg, A. (2011). The autism diagnostic experiences of French parents. *Autism : The International Journal of Research and Practice*, *15*(1), 83–97.
- Chlebowski, C., Robins, D., Barton, M., & Fein, D. (2013). Large-scale use of the modified checklist for autism in low-risk toddlers. *Pediatrics*, *131*(4), e1121-7.
- Clark, M. L. E., Vinen, Z., Barbaro, J., & Dissanayake, C. (2018). School Age Outcomes of Children Diagnosed Early and Later with Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *48*(1), 92–102.
- Cour Des Comptes. (2017). *Evaluation de la politique en direction des personnes présentant des troubles du spectre de l'autisme*. Cour de Comptes.
- Crais, E. R., McComish, C. S., Humphreys, B. P., Watson, L. R., Baranek, G. T., Reznick, J. S., ... Earls, M. (2014). Pediatric healthcare professionals' views on autism spectrum disorder screening at 12-18 months. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *44*(9), 2311–2328.
- Crawford, K., & Calo, R. (2016). There is a blind spot in AI research. *Nature*, *521*, 311–313.
- Daniels, A. M., Halladay, A. K., Shih, A., Elder, L. M., & Dawson, G. (2014). Approaches to enhancing the early detection of autism spectrum disorders: A systematic review of the literature. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, *53*(2), 141–152.
- Dawson, G. (2008). Early behavioral intervention, brain plasticity, and the prevention of autism spectrum disorder. *Development and Psychopathology*, *20*(3), 775–803.

- Dosreis, S., Weiner, C., Johnson, L., & Newschaffer, C. J. (2006). Autism Spectrum Disorder Screening and Management Practices Among General Pediatric Providers. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 27(Supplement 2), S88–S94.
- Duda, M., Kosmicki, J. A., & Wall, D. P. (2014). Testing the accuracy of an observation-based classifier for rapid detection of autism risk. *Translational Psychiatry*, 4(8), e424–e424.
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115–118.
- Fein, D., Barton, M., & Dumont-Mathieu, T. (2017). Optimizing Outcome in Autism Spectrum Disorders. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 4(1), 71–78.
- Fogel, A., & Kvedar, J. (2018). Artificial intelligence powers digital medicine. *Npj Digital Medicine*, 1(1), 5.
- Gabrielsen, T. P., Farley, M., Speer, L., Villalobos, M., Baker, C. N., & Miller, J. (2015). Identifying Autism in a Brief Observation. *Pediatrics*, 135(2), e330–e338.
- García-Primo, P., Hellendoorn, A., Charman, T., Roeyers, H., Dereu, M., Rogé, B., ... Canal-Bedia, R. (2014). Screening for autism spectrum disorders: state of the art in Europe. *European Child & Adolescent Psychiatry*.
- Ghaderi, G., & Watson, S. L. (2018). “ In Medical School , You Get Far More Training on Medical Stuff than Developmental Stuff ”: Perspectives on ASD from Ontario Physicians. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 0(0), 0.
- Goin-Kochel, R. P., Mackintosh, V. H., & Myers, B. J. (2006). How many doctors does it take to make an autism spectrum diagnosis? *Autism : The International Journal of Research and Practice*, 10(5), 439–51.
- Guevara, J. P., Gerdes, M., Localio, R., Huang, Y. V., Pinto-Martin, J., Minkovitz, C. S., ... Pati, S. (2013). Effectiveness of Developmental Screening in an Urban Setting. *Pediatrics*, 131(1), 30–37.
- Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., ... Webster, D. R. (2016). Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*, 316(22), 2402.
- Harrington, J. W., Bai, R., & Perkins, A. M. (2013). Screening children for autism in an urban clinic using an electronic m-chat. *Clinical Pediatrics*, 52(1), 35–41.

- Haute Autorité de Santé. (2018). *Trouble du spectre de l'autisme. Signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent*. HAS.
- Hidalgo, N. J., McIntyre, L. L., & McWhirter, E. H. (2015). Sociodemographic differences in parental satisfaction with an autism spectrum disorder diagnosis. *Journal of Intellectual and Developmental Disability, 40*(2), 147–155.
- Howlin, P., & Moore, A. (1997). Diagnosis in Autism. *Autism, 1*(2), 135–162.
- Inada, N., Koyama, T., Inokuchi, E., Kuroda, M., & Kamio, Y. (2011). Reliability and validity of the Japanese version of the Modified Checklist for autism in toddlers (M-CHAT). *Research in Autism Spectrum Disorders, 5*(1), 330–336.
- Ip, A., Zwaigenbaum, L., Nicholas, D., & Sharon, R. (2015). Screening practices and factors influencing autism spectrum disorder (ASD) screening by community paediatricians. *Paediatrics and Child Health (Canada), 20*(5), e94.
- Jones, E. J. H., Gliga, T., Bedford, R., Charman, T., & Johnson, M. H. (2014). Developmental pathways to autism: A review of prospective studies of infants at risk. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 39C*, 1–33.
- Kleinman, J., Robins, D., Ventola, P., Pandey, J., Boorstein, H., Esser, E. L., ... Fein, D. (2008). The modified checklist for autism in toddlers: a follow-up study investigating the early detection of autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 38*(5), 827–39.
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*(7553), 436–444.
- Litjens, G., Sánchez, C. I., Timofeeva, N., Hermsen, M., Nagtegaal, I., Kovacs, I., ... van der Laak, J. (2016). Deep learning as a tool for increased accuracy and efficiency of histopathological diagnosis. *Scientific Reports, 6*(1), 26286.
- Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet, 392*(10146), 508–520.
- Magán-Maganto, M., Bejarano-Martín, Á., Fernández-Alvarez, C., Narzisi, A., García-Primo, P., Kawa, R., ... Canal-Bedia, R. (2017). Early Detection and Intervention of ASD: A European Overview. *Brain Sciences, 7*(12), 159.
- Mansell, W., & Morris, K. (2004). A survey of parents' reactions to the diagnosis of an autistic spectrum disorder by a local service: Access to information and use of services. *Autism, 8*(4), 387–407.

- Martinez, M., Thomas, K. C., Williams, C. S., Christian, R., Crais, E., Pretzel, R., & Hooper, S. R. (2018). Family Experiences with the Diagnosis of Autism Spectrum Disorder: System Barriers and Facilitators of Efficient Diagnosis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *48*(7), 2368–2378.
- Miller, J. S., Gabrielsen, T., Villalobos, M., Alleman, R., Wahmhoff, N., Carbone, P. S., & Segura, B. (2011). The each child study: systematic screening for autism spectrum disorders in a pediatric setting. *Pediatrics*, *127*(5), 866–71.
- Oosterling, I. J., Wensing, M., Swinkels, S. H., Van Der Gaag, R. J., Visser, J. C., Woudenberg, T., ... Buitelaar, J. K. (2010). Advancing early detection of autism spectrum disorder by applying an integrated two-stage screening approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *51*(3), 250–258.
- Orinstein, A. J., Helt, M., Troyb, E., Tyson, K. E., Barton, M. L., Eigsti, I.-M., ... Fein, D. A. (2014). Intervention for Optimal Outcome in Children and Adolescents with a History of Autism. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, *35*(4), 247–256.
- Osborne, L. A., & Reed, P. (2008). Parents' perceptions of communication with professionals during the diagnosis of autism. *Autism*, *12*(3), 309–324.
- Pierce, K., Carter, C., Weinfeld, M., Desmond, J., Hazin, R., Bjork, R., & Gallagher, N. (2011). Detecting, studying, and treating autism early: the one-year well-baby check-up approach. *The Journal of Pediatrics*, *159*(3), 458-465.e1–6.
- Pijl, M. K., Buitelaar, J. K., de Korte, M. W., Rommelse, N. N., & Oosterling, I. J. (2017). Sustainability of an early detection program for autism spectrum disorder over the course of 8 years. *Autism*, 136236131771797.
- Radecki, L., Sand-Loud, N., O'Connor, K. G., Sharp, S., & Olson, L. M. (2011). Trends in the Use of Standardized Tools for Developmental Screening in Early Childhood: 2002-2009. *Pediatrics*, *128*(1), 14–19.
- Robins, D., Casagrande, K., Barton, M., Chen, C.-M. A., Dumont-Mathieu, T., & Fein, D. (2014). Validation of the modified checklist for Autism in toddlers, revised with follow-up (M-CHAT-R/F). *Pediatrics*, *133*(1), 37–45.
- Robins, D., Fein, D., Barton, M., & Green, J. a. (2001). The Modified Checklist for Autism in Toddlers: an initial study investigating the early detection of autism and pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *31*(2), 131–44.

- Rogé, B. (2002). Le diagnostic précoce de l'autisme: données actuelles. *Enfance*, 54(1), 21-30.
- Rogers, S. J., & Nadel, J. (2009). Que nous apprennent les petits frères et sœurs sur les signes précoces d'autisme?. *Enfance*, (1), 43-54.
- Rotholz, D. A., Kinsman, A. M., Lacy, K. K., & Charles, J. (2017). Improving Early Identification and Intervention for Children at Risk for Autism Spectrum Disorder. *Pediatrics*, 139(2), e20161061.
- Thabtah, F. (2018). Machine learning in autistic spectrum disorder behavioral research: A review and ways forward. *Informatics for Health and Social Care*, 00(00), 1–20.
- Wall, D. P., Dally, R., Luyster, R., Jung, J.-Y., & DeLuca, T. F. (2012). Use of Artificial Intelligence to Shorten the Behavioral Diagnosis of Autism. *PLoS ONE*, 7(8), e43855.
- Wall, D. P., Kosmicki, J., Deluca, T. F., Harstad, E., & Fusaro, V. A. (2012). Use of machine learning to shorten observation-based screening and diagnosis of autism. *Translational Psychiatry*, 2(4), e100-8.
- Webb, S. J., Jones, E. J. H., Kelly, J., & Dawson, G. (2014). The motivation for very early intervention for infants at high risk for autism spectrum disorders. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 16(1), 36–42.
- Zuckerman, K. E., Lindly, O. J., & Sinche, B. K. (2015). Parental concerns, provider response, and timeliness of autism spectrum disorder diagnosis. *Journal of Pediatrics*, 166(6), 1431–1439.e1.
- Zwaigenbaum, L., Bauman, M. L., Choueiri, R., Kasari, C., Carter, A., Granpeesheh, D., ... Natowicz, M. R. (2015). Early Intervention for Children With Autism Spectrum Disorder Under 3 Years of Age: Recommendations for Practice and Research. *Pediatrics*, 136(Supplement 1), S60–S81.
- Zwaigenbaum, L., Bauman, M. L., Fein, D., Yirmiya, N., Estes, A., Hansen, R. L., ... Wetherby, A. (2015). Early Screening of Autism Spectrum Disorder: Recommendations for Practice and Research. *Pediatrics*, 136(Supplement), S41–S59.
- Zwaigenbaum, L., Bryson, S., & Garon, N. (2013). Early identification of autism spectrum disorders. *Behavioural Brain Research*, 251, 133–46.