

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

ESSAI DE 3^E CYCLE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
CAMILLE HARVEY

INTERVENTIONS AVEC LE ROBOT NAO POUR LE DÉVELOPPEMENT DES
HABILETÉS SOCIALES D'UN ADOLESCENT ATTEINT D'UN TROUBLE DU SPECTRE
DE L'AUTISME (TSA) : ÉTUDE DE CAS

AVRIL 2024

Sommaire

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est décrit comme un trouble neurodéveloppemental dans le *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Il implique des difficultés importantes dans les communications, dans les interactions sociales et la présence de comportements, activités ou intérêts restreints ou répétitifs (American Psychiatric Association, 2015). Plusieurs compétences sociales essentielles pour le développement d'interactions sociales adéquates sont décrites comme étant problématiques chez les individus qui vivent avec le TSA, comme la reconnaissance et la compréhension des émotions de même que la régulation émotionnelle (Lebersfeld, 2018; Loveland, 2005) et ont des effets sur le comportement social et les compétences académiques (Izard et al., 2001). Également, les déficits sur le plan des compétences sociales sont reconnus comme des prédicteurs de la qualité de vie des enfants présentant un TSA (Lebersfeld, 2018). Ces capacités ne s'améliorent pas spontanément lors du développement chez les enfants atteints d'un TSA (Lebersfeld, 2018) en comparaison aux enfants neurotypiques. Les difficultés sont exacerbées à l'adolescence puisque l'environnement devient plus complexe et les demandes sur le plan des capacités sociales plus exigeantes (White et al., 2007). En raison de ces impacts et du caractère permanent de ce trouble, certaines interventions doivent être mises en place pour faciliter le quotidien des adolescents atteints. Le développement des nouvelles technologies permet d'envisager une avenue en ce qui a trait aux interventions possibles avec des personnes atteintes d'un TSA puisqu'ils portent un grand intérêt à l'égard des technologies numériques diverses, ce qui facilite l'établissement de la relation. En fait, les enfants atteints d'un TSA

présentent certains comportements sociaux positifs avec les robots qu'ils n'affichent pas avec leurs pairs (Ricks & Colton, 2010). Par ailleurs, les robots sociaux possèdent des caractéristiques leur permettant de représenter certaines émotions telles que la tristesse, la joie et la peur (Beck et al., 2010; Beck et al., 2013). Des études démontrent d'ailleurs une bonne reconnaissance des émotions par les individus atteints d'un TSA, lorsqu'elles sont simulées par un robot d'assistance sociale (Beck et al., 2010; Beck et al., 2013; Cohen et al., 2011). Selon Lekova et al. (2019), les expériences émotionnelles positives vécues pendant le jeu avec les robots humanoïdes permettraient de développer des compétences inattendues chez les personnes atteintes d'un TSA en captant rapidement et automatiquement leur attention et en facilitant le processus perceptuel. Ceci justifie donc le développement d'interventions centrées sur la reconnaissance des émotions chez les individus présentant TSA avec les robots sociaux. C'est pourquoi cet essai vise à évaluer l'amélioration de la reconnaissance des émotions à la suite de la réalisation d'une intervention technologique de reconnaissance des émotions avec le robot humanoïde NAO auprès d'un adolescent atteint d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA). C'est en se basant sur l'étude de Conti et al. (2019), afin de viser une généralisation de leurs résultats avec un adolescent, que l'étude sera réalisée.

Tables des matières

Sommaire	1
Liste des tableaux	1
Liste des figures	1
Liste des abréviations symboles ou sigles.....	1
Remerciements	1
Introduction	1
Contexte théorique	7
Prévalence et définition du trouble du spectre de l'autisme	8
Défis des adolescents ayant un TSA.....	10
Cognition sociale chez les adolescents atteints d'un TSA.....	11
Théorie de l'esprit chez les adolescents ayant un TSA.....	11
Reconnaissance émotionnelle chez les individus ayant un TSA	13
Conséquences des difficultés des compétences sociales chez les adolescents ayant un TSA .	16
Technologies en contexte d'intervention avec les adolescents atteints d'un TSA	17
Robots sociaux, robot humanoïde et TSA	21
Robots sociaux en intervention avec les enfants et les adolescents ayant un TSA.....	22
Robot humanoïde NAO et enfants ayant un TSA.....	25

Apprentissage des émotions chez un enfant atteint d'un TSA avec le robot NAO	27
Reconnaissance des émotions avec les robots sociaux chez les adolescents.....	29
Représentation des émotions par le robot NAO	30
Objectif de l'étude.....	30
Hypothèse	31
Méthode.....	32
Devis de recherche.....	33
Développement des émotions du robot NAO	34
Participant	36
Recrutement du participant	36
Instruments.....	38
NEPSY-II (sous-test de Reconnaissance des affects).....	38
Grille d'observations	40
Procédures et déroulement de l'expérimentation.....	40
Phase 1 : Signature du formulaire de consentement, complétion de la grille d'observation des comportements par l'enseignante du jeune	40
Phase 2 : Expérimentations en laboratoire	40
Phase 3 : Entrevue individuelle avec l'enseignante de l'adolescent (une rencontre).....	45
Phase 4 : Analyse des résultats.....	45
Analyses effectuées	45
Résultats	46
Description de l'échantillon.....	47

Résultats au sous-test <i>Reconnaissance des affects</i> pré-expérimentation et post-expérimentation	47
Résultats pré-expérimentation au sous-test <i>Reconnaissance des affects</i>	48
Résultats de l'intervention avec le robot.....	49
Résultats post-expérimentation au sous-test <i>Reconnaissance des affects</i>	58
Total des erreurs pour les six émotions avant (temps 1) et après (temps 2) l'expérimentation	59
Résultats de l'enseignante (entrevue individuelle et grille d'observation des comportements)	60
Discussion	62
Rappel de l'objectif de l'étude.....	63
Discussion de l'hypothèse	63
Hypothèse.....	63
Forces et limites de l'étude	66
Forces.....	66
<i>Limites</i>	67
Considérations futures	70
Conclusion	74
Références	78
Appendice A	90
Appendice B	93
Appendice C	96
Appendice D	99
Appendice E	110

Appendice F122

Appendice G.....125

Appendice H.....127

Appendice I.....129

Liste des tableaux

Tableau

1 Performances à la sous-échelle <i>Reconnaissance des affects</i> avant et après l'expérimentation	48
2 Séance 1 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	50
3 Séance 2 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	51
4 Séance 3 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	51
5 Séance 4 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	52
6 Séance 5 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	53
7 Séance 6 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	54
8 Séance 7 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	55
9 Séance 8 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	55
10 Séance 9 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	56
11 Séance 10 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	56
12 Séance 11 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	57
13 Séance 12 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune.....	57

14	Total des erreurs pour les six émotions avant (temps 1) et après (temps 2) l'expérimentation.....	60
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Liste des figures

Figure

1	Émotions mimées par le robot NAO.....	36
2	Disposition lors de l'expérimentation pour les séances 1 à 6.....	43
3	Disposition lors de l'expérimentation pour les séances 7 à 12.....	44
4	Nombre total d'erreurs pour les diverses émotions lors du sous-test <i>Reconnaissance des affects</i> en pré- expérimentation.....	49
5	Nombre total d'erreurs pour les diverses émotions lors du sous-test <i>Reconnaissance des affects</i> en post- expérimentation.....	59

Liste des abréviations symboles ou sigles

- DSM-5..... Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
- TSA..... Trouble du spectre de l'autisme
- CSRS.....Centre de services Scolaire des Rives du Saguenay

Remerciements

Je tiens à remercier ma directrice Madame Julie Bouchard pour l'encadrement, les relectures, les suggestions, sa présence et ses judicieux conseils, qui ont su amener mon essai à un niveau supérieur. Je remercie également mon codirecteur, Monsieur Sébastien Gaboury pour sa disponibilité et ses conseils. Je le remercie d'avoir pris en charge l'élaboration des aspects technologiques de mon essai doctoral et de m'avoir mis en contact avec Killian Lachaux, étudiant à la maîtrise en informatique, sans qui je n'aurais pu parvenir à faire la programmation de mon robot, élément crucial de mon essai.

Je tiens à remercier ma famille et mon amoureux qui m'ont accompagné dans les hauts tout comme dans bas de la réalisation de mon essai, et ce, durant toutes ces années. Merci d'avoir cru en moi et d'avoir été constamment présent pour célébrer les petites victoires du quotidien, mais aussi pour traverser les épreuves et les doutes. Merci infiniment pour votre soutien inconditionnel, votre écoute et vos encouragements, rien n'aurait été pareil sans vous.

Je tiens à remercier mes collègues pour les rires et les moments positifs tout au long de mon parcours doctoral.

Je tiens à remercier Monsieur Yann Zoldan d'avoir corrigé et relu mon projet d'essai. Ceci à contribuer à nourrir ma réflexion.

Je tiens à remercier le participant de mon étude de même que son enseignante pour leur grande collaboration dans le projet.

Je tiens à remercier les membres du comité interne et externe pour la lecture, les commentaires, les suggestions et votre précieux temps.

Introduction

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est une affection décrite dans le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5) comme faisant partie des troubles neurodéveloppementaux (American Psychiatric Association, 2015). Les adultes, tout comme les adolescents et les enfants peuvent être touchés par ce trouble étant donné son caractère permanent. Il est admis que les personnes ayant un TSA possèdent de nombreuses forces. En effet, elles seraient perfectionnistes, méticuleuses, très respectueuses des règles, persévérantes et davantage visuelles que verbales, elles peuvent donc exceller dans le domaine des technologies (Participate!, 2022). Toutefois, elles possèdent aussi des lacunes sur le plan de la théorie de l'esprit (qui est définie comme étant la capacité de s'imaginer ce que les autres pensent, désirent et ressentent) et qui s'avère être un aspect central des compétences/habilités sociales (Baron-Cohen et al., 1985). La compréhension des états émotionnels d'autrui est un aspect central de la cognition sociale; alors, lorsqu'elle est déficitaire, la régulation émotionnelle de l'enfant et le bon déroulement des interactions avec autrui sont affectés (Lebersfeld, 2018).

Michelson et al. (2013) ont établi une liste des caractéristiques essentielles des habiletés sociales : elles sont principalement développées par l'observation, l'imitation, la répétition et le modelage. Également, elles comprennent des comportements verbaux et non verbaux spécifiques et elles se composent d'initiation de réponses appropriées et

efficaces (Michelson et al., 2013). Aussi, elles maximisent les renforcements sociaux, elles sont de nature interactive et impliquent des réactions efficaces et adaptées et leurs déficits peuvent être la cible d'intervention (Michelson et al., 2013). Elles permettraient aussi l'adaptation sociale. Une association pourrait aussi être faite entre les compétences sociales et le fonctionnement social, académique et psychologique futur de l'enfant (Michelson et al., 2013). Ainsi, décrites comme des prédicteurs de la qualité de vie chez les personnes atteintes d'un TSA, les habiletés cognitives et les compétences sociales sont des aspects à ne pas négliger dans leur développement de l'enfant (Lebersfeld, 2018).

Les relations sociales prennent une grande importance à l'adolescence (Anderson et al., 2011). Cependant, il est possible que les relations ne puissent s'établir de manière adéquate lorsqu'il y a des déficits durables sur le plan des compétences sociales (Tse et al., 2007). Ainsi, chez les jeunes ayant un TSA en plus des particularités et des enjeux propres à l'adolescence, vient se greffer les difficultés typiques et déjà existantes du trouble du spectre de l'autisme (Tardif, 2006). Les adolescents présentant un TSA développent plus d'intérêt et de curiosité envers les autres que lors de leur enfance, ce qui se traduit par des tentatives d'interactions, mais celles-ci se terminent souvent par des échecs et des comportements inadaptés (Tardif, 2006). Par ailleurs, selon Tse et al. (2007), lors de leur développement, les adolescents autistes sont plus à même de constater les difficultés qu'ils ont à entrer en relation avec les autres. Ces jeunes peuvent vivre de l'isolement, du rejet ou de l'intimidation, en plus d'être à risque de développer une faible

estime de soi, des symptômes dépressifs et divers troubles anxieux, spécialement lors de cette période où les relations sont au cœur de l'intégration sociale (Tse et al., 2007).

Également, la réciprocité sociale, décrite comme étant « par exemple, la capacité à entrer en contact avec les autres et à partager avec eux pensées et sentiments » (American Psychiatric Association, 2015, p.59), se veut déficitaire chez les personnes ayant un TSA. Le manque de réciprocité sociale peut se présenter par une absence d'initiation de la communication avec autrui, de partage des émotions qu'ils vivent et par une faible capacité à imiter le comportement des autres (American Psychiatric Association, 2015). Les jeunes présentant un TSA utiliseraient le langage afin de nommer des choses ou pour faire des demandes plutôt que pour discuter ou pour exprimer du contenu émotionnel (American Psychiatric Association, 2015).

Certaines interventions peuvent être mises en place pour faciliter le quotidien des adolescents atteints d'un TSA, considérant les impacts et le caractère permanent de ce trouble. L'avènement des technologies offre une avenue nouvelle en matière d'interventions possibles avec les adolescents qui vivent avec le TSA. En effet, cette clientèle porte un grand intérêt à l'égard des technologies numériques diverses (telles que la tablette tactile ou le robot), ce qui facilite le contact avec celle-ci en intervention (Duris, 2020).

Les robots sociaux sont à privilégier dans l'intervention avec les enfants et les adolescents atteints d'un TSA puisqu'ils présentent des avantages indéniables. En effet, les enfants atteints d'un TSA présentent certains comportements sociaux positifs avec les robots qu'ils n'affichent pas lorsqu'ils interagissent avec leurs pairs, leur donneur de soin ou leur thérapeute (Ricks & Colton, 2010). Plusieurs recherches visent l'amélioration des technologies pour les individus vivant avec le TSA, mais peu d'entre elles explorent les applications cliniques et le caractère généralisable au quotidien de l'utilisation des technologies chez ces personnes (Cabibihan et al., 2013; Diehl et al., 2012). En effet, elles misent sur l'analyse de la relation entre l'humain et le robot sans chercher à généraliser dans des contextes sociaux réels auxquels l'enfant sera inévitablement exposé (Cabibihan et al., 2013; Diehl et al., 2012). La présente étude veut donc faire un pont entre le fait que les adolescents autistes ont une préférence pour les technologies numériques, un intérêt réduit pour les interactions sociales et des déficits sur le plan des compétences interpersonnelles en proposant des interventions pour développer les interactions sociales (transférables aux relations réelles) à l'aide du robot humanoïde NAO¹ de la compagnie Aldebaran & United Robotics Group.

À cet effet, l'objectif est donc d'évaluer, par une étude de cas unique, l'amélioration de la reconnaissance des émotions à la suite de l'administration de l'intervention technologique de reconnaissance des émotions avec le robot humanoïde NAO auprès d'un adolescent atteint d'un trouble du spectre de l'autisme.

¹Pour plus d'informations, voir la page du concepteur (<https://www.aldebaran.com/fr/nao>).

La première section consistera en une description des connaissances scientifiques concernant le trouble du spectre de l'autisme. Il sera aussi question de la cognition sociale, de la théorie de l'esprit et de la reconnaissance émotionnelle chez les individus présentant un TSA. Les conséquences des difficultés des compétences sociales chez les adolescents atteints d'un TSA seront présentées. Les technologies en contextes d'intervention chez les adolescents ayant un TSA, les robots sociaux, le robot humanoïde NAO de même que ces diverses applications seront mises de l'avant. Les objectifs et l'hypothèse de recherche seront précisés. La deuxième section concernera la méthodologie de l'étude, le devis de recherche, les caractéristiques derrière le recrutement du participant, les instruments utilisés de même que les procédures et le déroulement de l'expérimentation seront exposés. La troisième section concernera la présentation des résultats. Finalement, il sera question de la discussion et de la conclusion.

Contexte théorique

Prévalence et définition du trouble du spectre de l'autisme

L'Agence de la Santé publique du Canada (2018) indique la prévalence de l'autisme chez les jeunes de 5 à 17 ans au Canada à 1 pour 66. Les garçons auraient reçu un diagnostic de TSA quatre fois plus souvent que les filles. La prévalence de ce trouble aurait augmenté considérablement pour le Québec de 2003 à 2015, chez les enfants de 5 à 14 ans, passant respectivement de 3,5 à 15,7 pour 1000 enfants (Agence de la Santé publique du Canada, 2018).

Le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux définit le trouble du spectre de l'autisme comme étant caractérisé par des atteintes permanentes sur les plans de la communication sociale réciproque et des interactions sociales, et ce, indépendamment du contexte (American Psychiatric Association, 2015). L'acquisition de même que la maîtrise des habiletés sociales sont déficitaires chez l'ensemble des individus ayant un TSA, quelles que soient leurs caractéristiques individuelles telles que leur âge, leur degré de sévérité, etc. (Bon et al., 2016)) De manière plus concrète, les symptômes du TSA se présentent chez ces enfants par un contact visuel, des gestes, des expressions sociales, une intonation de la voix qui sont soit absents, réduits ou anormaux par rapport à ce qui est attendu selon la société dans laquelle ils évoluent (American Psychiatric Association, 2015). Par ailleurs, ces déficits seraient présents depuis la petite enfance ; le

fonctionnement dans la vie quotidienne serait donc influencé par ceux-ci (American Psychiatric Association, 2015). Les individus ayant ce trouble afficheraient aussi des « [...] déficits dans les domaines de la réciprocité sociale, des comportements de communication non verbale utilisés au cours des interactions sociales, et du développement, du maintien et de la compréhension des relations. » (American Psychiatric Association, 2015, p. 60) Ces difficultés se poursuivraient aussi à l'âge adulte (American Psychiatric Association, 2015).

Les déficits socioémotionnels sont facilement perceptibles chez les jeunes enfants affichant ce trouble. Ils instaureraient minimalement (ou pas du tout) les interactions sociales, ils ne partageraient pas leurs émotions et ils imiteraient peu ou pas les comportements des autres (American Psychiatric Association, 2015). De plus, la présence de comportements, d'intérêts ou d'activités restreints ou répétitifs est essentielle afin de poser le diagnostic de trouble du spectre de l'autisme (American Psychiatric Association, 2015). Ce trouble est présenté sur un continuum variant de léger à sévère qui est défini selon le besoin de soutien que nécessite l'individu atteint (Fédération québécoise de l'autisme, 2021). Ces symptômes sont exacerbés lorsque les demandes de l'environnement dépassent les capacités de l'individu (American Psychiatric Association, 2015) par exemple, lors de l'entrée au secondaire.

Défis des adolescents ayant un TSA

Les individus ayant un TSA sont à la recherche de stabilité de leur environnement, ce qui va à l'inverse du caractère changeant, bruyant et imprévisible des personnes neurotypiques (Tardif, 2006). Tardif (2006) précise qu'il est possible de supposer que les adolescents ayant un TSA présentent un problème majeur en matière de réciprocité sociale, lors de leurs discussions avec les autres, qui serait généré par des difficultés sur le plan de la compréhension des codes sociaux et de la communication. Tardif (2006) indique que le TSA s'ajoute tout naturellement aux défis propres à l'adolescence. Ainsi, selon Claes et Lannegrand-Willems (2014), plusieurs changements majeurs au plan biologique (puberté, croissance cérébrale), psychologique (identité, l'image de soi, le développement cognitif et moral) et social (relations amoureuses, relations avec les pairs, sexualité, les médias sociaux) se produisent lors de l'adolescence. À cet effet, leurs limitations sur le plan des habiletés sociales sont responsables de leurs difficultés à interagir, et ce, davantage qu'un manque de volonté d'entrer en relation avec les autres, d'absence d'émotions ou d'une timidité extrême en relation avec les autres (Tardif, 2006). Ainsi, lors de cette période (et le plus tôt possible), face aux problèmes d'interactions sociales que les jeunes ayant avec un TSA risquent de rencontrer, il est primordial qu'ils aient de l'aide afin d'apprendre les comportements sociaux et de se créer un répertoire de connaissances sociales (Tardif, 2006).

Cognition sociale chez les adolescents atteints d'un TSA

Il y a trois composantes de la cognition sociale soit : la capacité de distinguer les stimulus sociaux, la reconnaissance des émotions dans des situations sociales et la théorie de l'esprit (Bauminger, 2002; Marino et al., 2020). Crick et Dodge (1994) indiquent que la cognition sociale est aussi constituée de la capacité à lire de manière spontanée ainsi qu'à interpréter adéquatement les signaux sociaux et émotionnels verbaux/non verbaux. Par ailleurs, selon Marino et al. (2020), ces difficultés sont présentes chez de nombreux enfants ayant un TSA indépendamment de leurs capacités cognitives ou langagières. La cognition sociale est considérée comme un déficit central de l'autisme (Cashin & Barker, 2009). Les difficultés d'acquisition des compétences sociales (communication et interaction) chez les individus atteints d'un TSA pourraient donc y être reliées (Bon et al., 2016; Keifer et al., 2020).

Théorie de l'esprit chez les adolescents ayant un TSA

Baron-Cohen et al. (1985) indiquent que les enfants ayant un TSA ne seraient donc pas en mesure d'attribuer des croyances aux autres ou de prédire leur comportement, car leur théorie de l'esprit serait déficitaire. La théorie de l'esprit représente la capacité de reconnaître les émotions et de discriminer les états émotionnels des autres (Pop et al., 2013) de même qu'à anticiper et à adopter les perceptions des autres ainsi qu'à imaginer les choses de leur point de vue (Bon et al., 2016). Ces déficits sont présentés comme des difficultés sur le plan de l'empathie (qui représente un élément fondamental caractérisant la théorie de l'esprit) (Baron-Cohen et al., 2009; Cashin & Barker, 2009). L'empathie est

décrite comme « la capacité de se mettre à la place d'une personne pour comprendre ses sentiments ou à se représenter la représentation mentale d'une autre personne » (Boulanger & Lançon, 2006). Par ailleurs, l'empathie aurait une composante cognitive et affective, qui correspondrait respectivement à la reconnaissance de l'émotion de l'autre ainsi que la réaction à l'émotion de l'autre (Baron-Cohen et al., 2009). L'empathie est valorisée sur plan social (Davidson & Orsini, 2013). En fait, elle serait considérée comme l'une des caractéristiques humaines les plus importantes (Baron-Cohen, 2006). Davidson et Orsini (2013), qui considèrent l'empathie comme étant un concept abstrait, apportent un regard plus nuancé en ce qui concerne cette notion. Ils mettent de l'avant le fait qu'il est peu probable que ce concept soit bien défini, car tout ce qui existe actuellement serait en fait le résultat de la pensée de plusieurs individus et de ce que la société trouve adéquat, davantage que ce qui est représentatif de la réalité des individus ayant un TSA. Ces personnes se retrouvent donc comme étant dépourvues d'un concept qui ne représente possiblement pas leur réalité sociale (Davidson & Orsini, 2013). Harmsen (2019) ajoute qu'il est important de tenir compte des changements sociétaux (place des médias sociaux) qui touchent aussi les individus neurotypiques (narcissisme, individualisme, diminution de l'empathie) afin d'établir les prochaines théories sur l'autisme et l'empathie. Selon Cashin et Barker (2009), la théorie de l'esprit permettrait de réguler la communication et le contact social, ce qui permettrait aux personnes neurotypiques de s'adapter aux changements constants de l'environnement social, ce qui ne serait pas le cas les individus ayant un TSA. Ainsi, contrairement aux individus neurotypiques, il est possible qu'une personne ayant un TSA ne sache pas quel comportement adopter dans une situation

sociale, ce qui peut entraîner de l'anxiété et même des crises de colère (Cashin & Barker, 2009).

À cet effet, Bon et al. (2016) rapportent que l'acquisition de la théorie de l'esprit est une étape fondamentale dans le développement des habiletés sociales. Ainsi, une manière de communiquer adaptée ne s'établira que si le jeune est en mesure de concevoir que l'autre a des états mentaux qui peuvent être éventuellement différents des siens (Bon et al., 2016). Ils ajoutent que ces habiletés sont indispensables pour l'établissement et le maintien de relations sociales harmonieuses et qu'elles favorisent l'intégration sociale. Alors, à l'adolescence notamment, les particularités relationnelles des individus ayant un TSA sont souvent à la source d'incompréhension puis de rejet de la part des autres (Bon et al., 2016), ce qui menace leur intégration sociale.

Reconnaissance émotionnelle chez les individus ayant un TSA

Delai (2014) indique que les difficultés émotionnelles présentent chez les individus présentant un TSA sont la reconnaissance des signaux émotionnels, des expressions faciales ainsi que la gestion des émotions.

Plusieurs études (Celani et al., 1999; Critchley et al., 2000; Hobson, 1986; Macdonald et al., 1989; Pierce et al., 2001; Teunisse & Gelder, 1994; Yirmiya et al., 1992) utilisant des approches et des stimulus variés ont révélé des difficultés en ce qui concerne

la reconnaissance des émotions chez les enfants ayant un TSA, ce qui pourrait avoir des conséquences négatives sur la communication (Pop et al., 2013).

Ainsi, selon Baron-Cohen (1991), les personnes ayant un TSA naîtraient avec une incapacité à réaliser normalement les contacts affectifs qui se dérouleraient de manière innée chez les individus neurotypiques, tout comme certains enfants naîtraient avec des handicaps physiques ou intellectuels. Ainsi, les enfants ayant un TSA présenteraient des difficultés sur le plan de la reconnaissance des émotions et des états mentaux à partir de l'expression faciale d'autrui (Baron-Cohen et al., 2009), de même qu'une compréhension limitée des émotions, des gestes, du langage corporel et des autres indices sociaux (Cabibihan et al., 2013). Ces difficultés se manifesteraient par une réponse inappropriée aux émotions des autres et par une difficulté de partage des émotions positives avec les autres (Uljarevic & Hamilton, 2013), ce qui pourrait entraîner des conséquences majeures sur leur capacité de communiquer (Cabibihan et al., 2013). Comme indiqué par Back et al. (2007), la capacité de lire les émotions des autres à partir des expressions faciales permet la régulation des échanges, ce qui a un rôle primordial dans le bon déroulement des interactions sociales et de la communication. En effet, les déficits des compétences sociales vont de pair avec ceux de communication ; ils y sont liés.

Uljarevic et Hamilton (2013) rapportent, dans leur méta-analyse composée de 48 articles, que les conclusions générales de l'ensemble des articles sont très mitigées au sujet de la reconnaissance émotionnelle chez les individus atteints d'un TSA (avec des

participants de 6 à 41 ans). Une des explications serait la variabilité méthodologique existante entre les recherches effectuées (taille des échantillons, tâches, caractéristiques du participant, etc.). Toutefois, les articles évalués permettaient généralement de statuer sur le fait qu'il existe bel et bien une altération générale de la reconnaissance des émotions chez les personnes ayant un TSA. En fait, il semblerait que ce soit uniquement certaines émotions parmi les six de base (surprise, colère, dégoût, peur, joie, tristesse) qui soient difficilement reconnaissables plutôt qu'un déficit généralisé. Ces six émotions ont été choisies au départ dans les critères d'inclusion de la méta-analyse de Uljarevic et Hamilton (2013) à partir des écrits d'Ekman et Friesen (1976) et de Prinz (2004). Ainsi, certaines études indiquent que la reconnaissance de la peur (Ashwin et al., 2006; Corden et al., 2008; Howard et al., 2000; Humphreys et al., 2007; Pelphrey et al., 2002; Wallace et al., 2008) et d'autres émotions négatives telles que la colère (Ashwin et al., 2006), le dégoût (Ashwin et al., 2006; Humphreys et al., 2007; Wallace et al., 2008) ainsi que la tristesse (Boraston et al., 2007; Corden et al., 2008; Wallace et al., 2008) soient plus difficiles à reconnaître pour les personnes ayant un TSA. Toutefois, d'autres études n'ont pas trouvé de difficulté dans la reconnaissance de la peur et d'autres émotions négatives comme la colère et la tristesse (Lacroix et al., 2009; Piggot et al., 2004) ou elles ont trouvé des déficits dans la reconnaissance des émotions positives comme la joie (Humphreys et al., 2007).

Selon Bauminger (2002), la difficulté de ces enfants à comprendre les émotions complexes serait amplifiée par une mauvaise compréhension des normes, des conventions et des règles de la société.

Conséquences des difficultés des compétences sociales chez les adolescents ayant un TSA

Les conséquences des déficits sur le plan des compétences sociales chez les adolescents atteints d'un TSA sont nombreuses et préoccupantes. La capacité de reconnaître et d'identifier les émotions des autres engendre des interactions sociales positives et, à l'inverse, les déficits de cette compétence peuvent entraîner des problèmes de comportement et d'apprentissage (Izard et al., 2001). Aussi, les expériences difficiles avec leurs pairs neurotypiques, engendrées par des malentendus au niveau des émotions, peuvent créer des blessures affectives et être traumatisantes pour ces jeunes (Robinson, 2018). De plus, cette capacité ne s'améliore pas lors de l'avancement en âge chez les enfants ayant un TSA contrairement aux enfants neurotypiques (Lebersfeld, 2018).

Par ailleurs, ces déficits sont fréquemment amplifiés lors de l'adolescence, lorsque l'environnement devient plus complexe et les demandes sur le plan des capacités sociales sont plus exigeantes (White et al., 2007). De plus, si leurs difficultés sociales et émotionnelles ne sont pas prises en charge, leur intégration scolaire peut être compromise, ce qui entraîne des conséquences sur leur bien-être global et leurs apprentissages (Denervaud et al., 2017). Il est donc essentiel que des interventions soient mises en place

tôt dans le développement de l'enfant et de manière adaptée aux particularités de chacun d'eux afin d'espérer pallier ces difficultés et ainsi améliorer leur qualité de vie et celle de leur famille (Cabibihan et al., 2013).

Technologies en contexte d'intervention avec les adolescents atteints d'un TSA

L'utilisation des technologies d'assistance auprès des individus ayant un TSA est de plus en plus répandue (Silton, 2014) et il en existe une grande variété en contexte d'intervention (Grossard & Grynszpan, 2015). Cet aspect peut être expliqué par les nombreux bénéfices de celles-ci ainsi que leurs caractéristiques qui se veulent toutes indiquées pour l'utilisation auprès de cette population (Grossard & Grynszpan, 2015). L'étude de Cored Bandrés et al. (2022), réalisée auprès de 4 enfants atteints d'un TSA verbaux (de 6 à 12 ans) à l'aide d'un programme d'habiletés sociales sur iPad en est un exemple. Elle révèle que les technologies sont très efficaces auprès de cette population. En effet, après son utilisation les participants ont démontré diverses améliorations en ce qui concerne la manifestation de certains comportements sociaux (contact visuel, réponses aux questions, attention) ainsi que l'identification et la conscience des émotions (Cored Bandrés et al., 2022). Les stéréotypies ont aussi diminué chez ces jeunes à la suite de l'intervention technologique (Cored Bandrés et al., 2022).

À cet effet, la revue de littérature de Garnier (2017) permet de faire l'état des connaissances actuelles en ce qui concerne l'utilisation des technologies pour pallier les déficits sur le plan de la communication non verbale et des interactions sociales chez les

individus ayant un TSA. Parmi ces technologies, on peut retrouver des applications sur des ordinateurs, sur des tablettes numériques et des téléphones intelligents, des avatars ainsi que la réalité virtuelle (Mazon et al., 2019) dont l'objectif commun est de venir en aide aux enfants et adolescents ayant un TSA, mais où chacun possède ses particularités. Toutes ces technologies font partie des interventions à privilégier avec cette clientèle, car elles permettent d'envisager des solutions concrètes aux difficultés typiques au TSA, soit le développement des compétences concernant la communication non verbale et les interactions sociales (Garnier, 2017). Selon Garnier (2017), les outils numériques correspondent au profil des individus autistes, car l'informatique est prédictible, ce qui s'applique à la manière de penser des personnes ayant un TSA.

De même, considérant les déficits sur le plan de la théorie de l'esprit (cognition sociale) des enfants atteints d'un TSA, il est beaucoup plus sécurisant pour ceux-ci d'être soumis à un contexte impliquant une technologie, quelle qu'elle soit. En effet, les technologies peuvent être des outils qui offrent à l'enfant des situations ou un environnement dans lequel il peut apprendre d'une manière qui peut être plus sécurisante et agréable qu'avec une autre personne (Huijnen et al., 2016). Par ailleurs, elles permettent de cibler les forces des enfants TSA en créant des environnements contrôlés et prévisibles, réduisant ainsi l'anxiété qui pourrait être engendrée par des situations sociales impliquant les autres (Aresti-Bartolome & Garcia-Zapirain, 2014). Ces interventions avec les robots NAO s'insèrent donc naturellement dans le concept de *sécurisation culturelle* qui a pour objectif de transformer les inégalités en matière de soins de santé chez des populations,

des individus ou des groupes de la société qui peuvent être marginalisés par leurs particularités (Gerlach, 2012). Ainsi, en offrant un environnement plus adapté aux jeunes TSA et en veillant à ce qu'ils soient disposés et en confiance, il serait possible d'explorer les émotions avec eux. Diehl et al. (2012) indiquent qu'il est important de demeurer prudent en ce qui a trait aux conclusions des études impliquant les robots et qu'il sera important de comparer les impacts des interventions avec le robot et sans le robot, et ce, pour le développement des mêmes types de compétences sociales (ton de la voix, regard, attention, proximité, imitation). De plus, les robots ont des avantages dans la prise en charge éducative, dans l'assistance aux tâches du quotidien ou lors de l'apprentissage des habiletés sociales et cognitives, car les jeunes ayant un TSA porteraient un grand intérêt envers tout ce qui concerne les technologies (Silton, 2014). Il semblerait même que certains d'entre eux sachent instinctivement (tout comme les enfants neurotypiques), sans implication autre que des manipulations aléatoires, par exemple, utiliser un iPad (Silton, 2014). De plus, les tablettes intelligentes ou les téléphones intelligents se veulent des outils très faciles à transporter d'un lieu à l'autre, ce qui facilite assurément leur utilisation au quotidien. À cet effet, ils sont même décrits comme de véritables miracles pour ces enfants, quand rien d'autre ne peut les calmer, les apaiser ou les stimuler (Silton, 2014).

Les applications sur ordinateur peuvent aussi être efficaces pour les enfants TSA. Goldsmith et LeBlanc (2004) indiquent, dans leur méta-analyse, que les ordinateurs peuvent être utilisés pour enseigner de nombreuses compétences comme la capacité de prédire et de reconnaître les émotions. Ainsi, l'enseignement par ordinateur entraînerait

des avantages importants tels que l'augmentation de la motivation, une réduction des comportements inappropriés, ainsi qu'une hausse de l'attention, ce qui mènerait à une augmentation de l'apprentissage chez les enfants TSA par rapport aux méthodes traditionnelles (Goldsmith & LeBlanc, 2004). De plus, certaines des caractéristiques intrinsèques des logiciels informatisés tels que la prévisibilité, la cohérence, la rétroaction systématique, l'aspect ludique, le fait qu'ils n'impliquent pas les affects et l'absence de la désapprobation peuvent bien répondre aux besoins des individus présentant un TSA (Delai, 2014).

Toutefois, bien que les technologies se veulent d'une grande importance en intervention avec les jeunes ayant un TSA, il y a un manque d'outils personnalisés, ce qui permettrait de mieux répondre aux besoins propres de chaque individu (Aresti-Bartolome et Garcia-Zapirain, 2014). Les inquiétudes sur l'utilisation de technologies (tels que les ordinateurs chez les individus TSA) persistent même si la technologie est utile. De plus, l'effet négatif des technologies par le biais des médias sociaux est aussi perceptible, depuis deux décennies, chez les individus neurotypiques par une réduction de l'empathie (augmentation du narcissisme) qui serait causée par la mise au premier plan des intérêts personnels et la diminution des interactions en face à face (Alloway et al., 2014; Misra et al., 2016; O'Brien et al., 2010). Certains appareils pourraient entraîner une dépendance chez ces jeunes, augmenter leur isolement social, en plus de présenter de multiples problèmes au plan technique (Bastien et al., 2018).

Robots sociaux, robot humanoïde et TSA

Les robots sociaux et les robots humanoïdes ont une apparence humaine et des caractéristiques comportementales qui permettent d'imiter des comportements humains (Zhang et al., 2019). Ils peuvent ainsi agir comme un outil d'assistance pour améliorer les compétences sociales et émotionnelles des enfants ayant un TSA (Pop et al., 2013). Selon Linert et Kopacek (2018), les robots humanoïdes auraient trois caractéristiques distinctives à savoir : 1) la capacité de marcher (possèdent deux pieds), 2) la communication vocale de même que la reconnaissance de la parole et 3) la communication faciale.

Par ailleurs, ils possèdent de nombreux avantages. En effet, ils sont perçus comme n'ayant pas de jugement, ils peuvent être personnalisés en fonction des besoins particuliers de chaque individu et ils sont en mesure de faire des tâches dites répétitives (comparativement aux humains qui peuvent se fatiguer de faire la même chose). Ils sont amusants et agréables de contact en plus d'être présents physiquement, ce qui renforce l'engagement dans les interactions (Rasouli et al., 2022). Un autre gain de l'utilisation de ces robots ayant une forme humaine est qu'ils possèdent un plus grand potentiel de généralisation, comme l'indiquent Ricks et Colton (2010) dans leur article explorant les tendances actuelles en ce qui concerne les interventions auprès des TSA. Il a également été démontré que certains individus ayant un TSA préfèrent les robots aux jouets (non technologiques) et même aux humains (Cabibihan et al., 2013; Diehl et al., 2012). Ainsi,

il est donc possible de supposer que si ces individus montrent des préférences pour les robots, leurs performances à certaines tâches pourraient s'améliorer si elles sont présentées par un robot plutôt que par un humain (Cabibihan et al., 2013; Diehl et al., 2012).

Robots sociaux en intervention avec les enfants et les adolescents ayant un TSA

Les robots sociaux ou d'assistance se taillent donc une place de choix dans le domaine de l'intervention (Chen & Xiao, 2017), détrônant même les autres technologies d'assistance. Leurs applications sont multiples, passant du diagnostic précoce du TSA, à la thérapie et à l'enseignement de compétences sociales, ainsi que par l'animation d'activités éducatives (Chen & Xiao, 2017). Ils se veulent d'une grande utilité, car ils sont en mesure de reproduire la complexité du monde réel dans un contexte d'intervention (Delai, 2014). Ils peuvent aussi être impliqués afin d'atteindre divers objectifs thérapeutiques, de l'imitation de divers comportements, à la reconnaissance des émotions (Ricks & Colton, 2010). En effet, ils peuvent être utilisés comme outil afin de permettre la communication, l'expression des émotions, le maintien des relations sociales et le développement des compétences sociales (Cabibihan et al., 2013). Par ailleurs, en créant des situations attrayantes auprès des enfants, les robots les poussent à interagir avec eux, ce qui en fait des outils de jeux et d'enseignement de compétences incomparables en plus de faciliter l'adoption des comportements souhaités (Cabibihan et al., 2013). En contexte de thérapie avec les enfants ayant un TSA, certains comportements précis peuvent être modifiés, soit l'imitation, le contact visuel, l'attention, le tour de rôle ainsi que la

reconnaissance et l'expression des émotions, de même que différents types d'interactions (Ricks & Colton, 2010). Ainsi, leurs caractéristiques font d'eux des outils tout désignés pour travailler avec les enfants vivant avec le TSA dans le cadre d'interventions (Cabibihan et al., 2013). À cet effet, ils sont moins complexes que les humains, car ils sont plus simples et plus prévisibles que ces derniers. Il est donc plus facile pour un enfant de suivre les indications données par le robot que celles fournies par un adulte (Cabibihan et al., 2013). En effet, l'enfant ne se sentira pas intimidé par la complexité de la communication verbale et non verbale, ce qui fera en sorte que l'ensemble du processus de communication sera facilité (Cabibihan et al., 2013). Ainsi, dans l'étude de Kumazaki et al. (2018), les adolescents présentant un TSA avaient un niveau élevé de plaisir à discuter avec des robots visuellement simple (comme le NAO) en comparaison avec un robot androïde ayant une apparence humaine. Les robots ont donc avantage à être minimalistes et éloignés de l'apparence humaine. Par ailleurs, les robots sont décrits comme étant moins intimidants que les humains pour les enfants en raison du fait qu'ils peuvent apparaître comme une sorte de jouet coloré (Cabibihan et al., 2013). L'enfant se sent donc beaucoup plus à l'aise lors de l'intervention. Le robot peut aussi être un médiateur entre le thérapeute et l'enfant, en permettant à ce dernier l'apprentissage des comportements souhaités qu'il pourra par la suite généraliser à d'autres contextes avec sa famille, ses amis et ses enseignants (Cabibihan et al., 2013). Ainsi, chez les jeunes ayant un TSA, les comportements émotionnels (lorsqu'appris à l'aide du robot) sont par la suite plus facilement généralisables aux humains (Cabibihan et al., 2013). Les enfants atteints d'un TSA présentent plus de difficulté à faire l'apprentissage de comportements sociaux

simplement en interagissant et en regardant son environnement. En effet, cette capacité est moins développée chez ce dernier (Cabibihan et al., 2013). Le robot pourra donc agir à titre d'acteur social et faciliter l'apprentissage de certains comportements chez l'enfant ayant un TSA. Ainsi, l'enfant pourra acquérir les comportements sociaux à adopter dans les situations appropriées en regardant le robot agir (Cabibihan et al., 2013).

Les résultats de l'un des plus récents projets de Lekova et al. (2019) ont révélé que les événements émotionnels positifs vécus pendant le jeu avec les robots humanoïdes et ceux non humanoïdes peuvent permettre de développer des compétences inattendues en plus de capter rapidement et automatiquement leur attention et de faciliter le processus de perception de l'information chez les enfants ayant des besoins éducatifs spéciaux.

Par ailleurs, l'expérience pilote de Shimaya et al. (2016) révèle qu'un robot agissant comme support social, par des interactions de 40 minutes par jour auprès de trois adolescents atteints d'un TSA, a le potentiel d'améliorer leurs comportements sociaux lors des interactions avec leurs professeurs et leurs pairs (p. ex. garder leur calme, inhiber l'agressivité, communiquer davantage leurs émotions/désirs).

Les interactions avec les robots sociaux présentent donc de nombreux avantages. En effet, il est possible pour les enfants ayant un TSA de développer des compétences inattendues au contact des robots puisque ceux-ci captent rapidement et automatiquement leur attention. De plus, les robots sont moins intimidants et plus prévisibles que les

humains. Également, leurs utilisations s'étendent du diagnostic précoce du TSA jusqu'au support social permettant ici d'améliorer les comportements sociaux. Ils représentent ainsi un outil polyvalent permettant la communication, l'expression des émotions, le maintien des relations sociales et le développement des compétences sociales. L'ensemble de ces applications et caractéristiques font qu'ils sont tout désignés pour le développement d'une intervention technologique auprès d'individus ayant un TSA. Il est donc pertinent de se pencher sur les impacts qu'une intervention avec un robot pourrait avoir auprès d'adolescents ayant un TSA.

Robot humanoïde NAO et enfants ayant un TSA

Le robot humanoïde NAO est l'un des plus utilisés dans les interactions avec les humains en raison de son design et du fait qu'il est facilement programmable et autonome (Lopez-Rincon, 2019; Malik et al., 2013). Ce robot, d'une hauteur de 58 cm est le premier robot humanoïde français créé en 2008 par Aldebaran Robotics (Malik et al., 2013). Il possède une bonne capacité de mouvement qui lui permet de bouger et de s'adapter à son environnement (Aldebaran & United Robotics Group, 2022). Il peut aussi percevoir son environnement et se repérer dans l'espace grâce à sept capteurs tactiles répartis sur sa tête, ses mains et ses pieds. Par ailleurs, les quatre microphones directionnels et les haut-parleurs dont il est équipé, lui permettent d'interagir avec les humains. Il est aussi doté d'une reconnaissance vocale ainsi que d'un discours disponible dans 20 langues.

Également, les deux caméras deux dimensions dont il est muni lui permettent de reconnaître les formes, les objets et même les humains. Le NAO est blanc, ses épaules peuvent être rouges ou bleues et il possède des lumières autour des yeux. Le robot peut également être touché par le jeune. Ceci est permis considérant que les éléments sensoriels peuvent être importants pour les individus ayant un TSA. Finalement, il possède un logiciel entièrement programmable (Aldebaran & United Robotics Group, 2022).

Maisonnier (2012) évoque le fait que le robot NAO possède de nombreux avantages. En effet, il est en mesure de reconnaître la parole et les visages, en plus d'éviter les obstacles lorsqu'il marche. Le robot NAO est aussi décrit comme étant particulièrement intéressant pour les enfants présentant des besoins spécifiques (comme le TSA) en agissant comme un médiateur pour établir un lien entre l'enfant et son environnement (Maisonnier, 2012). En fait, l'intervenant peut entrer en contact avec l'enfant vivant avec le TSA par l'intermédiaire du robot, ce qui est moins intrusif et intimidant.

Selon Malik et al. (2013), le robot humanoïde NAO est à privilégier dans les études impliquant des enfants, car son corps d'apparence humaine est très utile pour attirer leur attention sans qu'il soit perçu de manière menaçante (en raison du fait qu'il a la taille d'un enfant de deux ans). Également, ce robot est en mesure de produire des gestes complexes qui sont à la base de la communication (Malik et al., 2013). De cette manière, il peut

mimer de nombreuses émotions humaines simplement à l'aide de sa posture (Erden & Tapus, 2010).

En effet, il est démontré, dans l'étude de Cohen et al. (2011), que le robot humanoïde NAO (qui mime les émotions à l'aide de postures) est aussi efficace pour permettre la reconnaissance des émotions chez les enfants que le robot iCat (qui utilise l'expression faciale). En fait, il n'est pas possible pour le robot NAO de faire les expressions faciales humaines, d'où le choix de l'utilisation de sa posture corporelle.

Apprentissage des émotions chez un enfant atteint d'un TSA avec le robot NAO

Conti et al. (2019) avaient réalisé une étude de cas unique auprès d'un enfant TSA de 10 ans qui portait sur la généralisation de l'apprentissage des émotions et le maintien à long terme des compétences acquises avec le robot NAO, mesuré à l'aide de la sous-échelle de reconnaissance des affects du NEPSY-II. Avant de commencer la procédure expérimentale avec le robot, la reconnaissance émotionnelle de l'enfant était évaluée avec le NEPSY-II. Cette sous-échelle comprenait 35 éléments et évaluait la capacité de reconnaître plusieurs émotions comme la joie, la tristesse, la colère, la peur, le dégoût et l'une d'entre elles était neutre. Les douze rencontres de l'étude étaient d'une durée d'approximativement de dix minutes et elles étaient composées d'un jeu dans lequel le robot humanoïde NAO demandait à l'enfant d'identifier en pointant un carton (sur lequel les émotions possibles étaient présentées) lesquelles émotions le robot mimait. Chaque rencontre était composée de trois sous-sessions et chaque sous-session présentait trois

émotions aléatoires. Après une semaine, pour renforcer l'apprentissage et étudier la généralisation, l'enfant faisait une activité de jeu de rôle avec le thérapeute. Au cours de cette séance, le thérapeute demandait à l'enfant de jouer le rôle du robot et d'imiter les émotions pour lui. Les cinq émotions étaient proposées par le thérapeute dans un ordre aléatoire. Après trois mois, une autre évaluation avait été réalisée où il demandait à l'enfant d'imiter devant le thérapeute les émotions apprises avec le robot. L'objectif était de généraliser les comportements appris hors du contexte de l'étude. Dans la phase initiale, l'enfant présentait des difficultés marquées à reconnaître certaines émotions (colère, dégoût et peur) par rapport à d'autres (joie, tristesse et émotion neutre). Les résultats obtenus soutenaient l'impact positif d'un robot humanoïde comme support dans l'apprentissage des émotions chez les enfants présentant un TSA (réduction considérable du nombre d'erreurs). Par ailleurs, selon les résultats obtenus, l'enfant ayant un TSA aurait eu plus de facilité à reconnaître les émotions dites de base (heureux et triste). Une amélioration constante de la reconnaissance des émotions lors des rencontres avec le robot a pu être observée chez l'enfant. Le thérapeute a aussi pu être témoin du maintien de l'apprentissage à long terme de l'enfant, ce dernier était en mesure de lui transmettre ce qu'il avait appris avec le robot même après trois mois. Enfin, cette étude d'une durée de cinq mois a été effectuée dans le cadre du programme « Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren » (TEACCH). Bien que cette étude soit fort intéressante en raison des résultats obtenus, elle ne concerne qu'un seul enfant, il est donc difficile de savoir si elle fonctionnera avec un adolescent.

Finalement, l'étude de Shamsuddin et al. (2013) réalisée auprès de deux enfants, de 9 et 7 ans, ayant reçu un diagnostic d'autisme léger, où cinq émotions ou états (faim, joie, colère, peur et amour) sont mimés par le robot humanoïde NAO, implique que ce dernier a le potentiel d'enseigner aux enfants atteints d'un TSA les postures de la tête et du corps associées à certaines émotions. Cette étude suggère donc des effets positifs du robot NAO dans l'intervention auprès des enfants ayant un TSA.

Par ailleurs, les études présentées s'intéressaient aux enfants, mais aucune ne portait sur la population adolescente; c'est pourquoi cette population a été choisie afin de vérifier si les résultats obtenus dans l'étude de Conti et al. (2019) peuvent y être généralisés. Ainsi, l'objectif principal de la présente étude émane du besoin de l'école participante à trouver des solutions technologiques innovantes pouvant aider les adolescents atteints d'un TSA sur le plan de leurs relations sociales ainsi que leur fonctionnement avec les autres adolescents et intervenants de la classe.

Reconnaissance des émotions avec les robots sociaux chez les adolescents

Peu d'études concernent la reconnaissance des émotions avec le robot NAO et les adolescents. Ainsi, une grande partie de celles énumérées précédemment traite des enfants, d'autres compétences sociales ou de l'utilisation de robots humanoïdes ou non (Costa et al., 2010; Shimaya et al., 2016).

Il est donc pertinent de développer une telle étude qui s'adresse aux adolescents en raison de leurs besoins ainsi que des particularités propres à ce trouble et à cette période de la vie qui vient évidemment avec son lot de changements importants et, par le fait même, de défis qui étaient absents durant l'enfance.

Représentation des émotions par le robot NAO

L'étude de Conti et al. (2019) indique que le robot avait été programmé à l'aide du logiciel *Choregraphe* afin de mimer les émotions de la sous-échelle de reconnaissance des affects du NEPSY-II (soit la joie, la tristesse, la colère, la peur, le dégoût ainsi qu'une émotion dite neutre). Les émotions ont pu être exprimées en utilisant les comportements non verbaux du robot comme les gestes, les lumières et les sons. En fait, un logiciel contenant les émotions préprogrammées spécialement conçues pour les enfants ayant un TSA, vendues avec le robot NAO au coût de 3000 \$ par année avait été utilisé. Dans la recherche actuelle, afin de s'adapter aux besoins et aux réalités financières du milieu scolaire pour lequel l'étude est développée, des postures émotionnelles humaines seront développées par un programmeur à l'aide du logiciel *Choregraphe*, tout en respectant les capacités du robot à les représenter.

Objectif de l'étude

C'est en se basant sur l'étude de Conti et al. (2019) afin de viser une généralisation de leurs résultats avec un adolescent que le projet est réalisé. L'objectif de l'étude est donc d'évaluer l'amélioration de la reconnaissance des émotions chez un adolescent atteint d'un

TSA à la suite de la réalisation d'une intervention technologique (créé pour la présente étude) avec le robot humanoïde NAO.

Hypothèse

L'hypothèse est que l'intervention pour la reconnaissance des émotions avec le robot NAO permettra l'amélioration de la performance du participant à la sous-échelle de *Reconnaissance des affects* du *NEPSY-II*.

Méthode

Devis de recherche

Dans l'optique d'atteindre l'objectif de la présente étude et d'adapter celle-ci au participant du Centre de services Scolaire des Rives du Saguenay (CSRS), l'approche collaborative alliant à la fois la recherche action et la recherche orientée par la conception a été utilisée. Cette approche était la plus appropriée, car ses cadres théoriques permettaient la réalisation d'un travail réflexif en mettant de l'avant une collaboration entre les chercheurs et les intervenants du milieu pour résoudre un problème éducatif. Les critères qui étaient visés par ce type de recherche concordent avec la présente étude (Sanchez & Monod-Ansaldi, 2015). En effet, les différents critères sont présents soit : 1) la pertinence, il existe un besoin avéré de l'intervention mise en œuvre ; 2) la validité, la conception est fondée sur des savoirs scientifiques ; 3) la cohérence, l'intervention présente une organisation logique ; 4) la praticabilité, l'intervention peut être mise en œuvre dans le cadre pour lequel elle a été développée ; et 5) l'efficacité : l'intervention donne les résultats escomptés. De plus, cette approche permettait simultanément l'adaptation des concepts scientifiques et du matériel d'intervention aux besoins du milieu participant, la formation du personnel et d'une étudiante en neuropsychologie, l'apprentissage de la collaboration de tous ces acteurs de même que de l'évaluation de cette intervention pour répondre aux besoins particuliers du milieu et du participant.

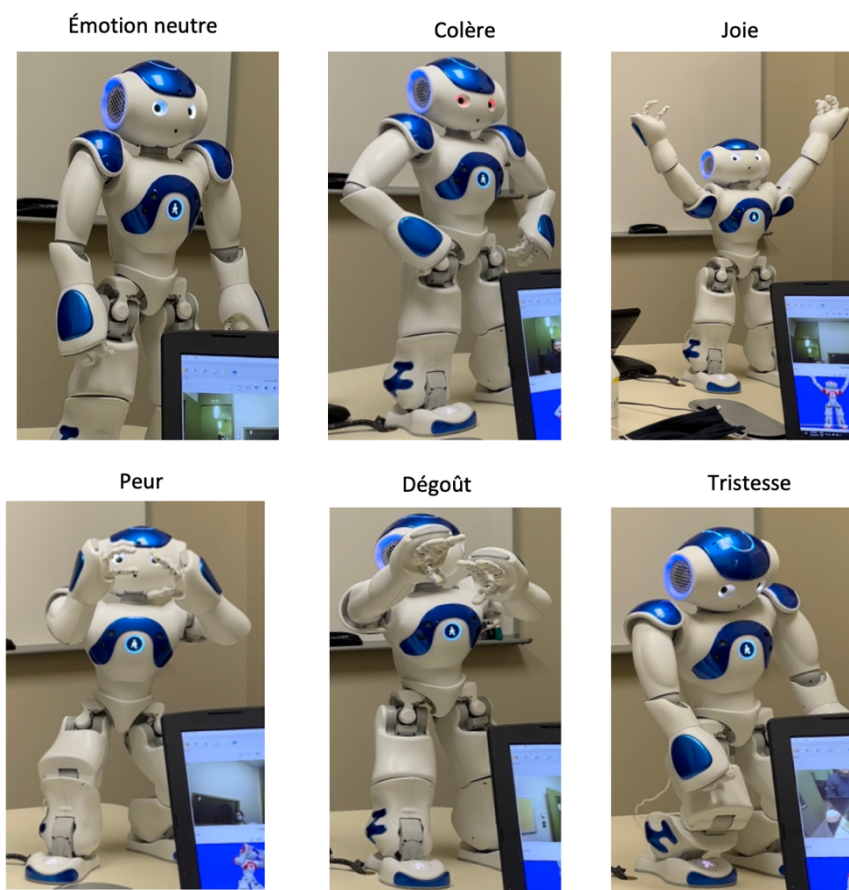
Par ailleurs, le cadre expérimental utilisé correspondait à un schème expérimental à cas unique de type A-B-A, qui offrait une grande fiabilité pour déterminer l'effet d'un traitement en limitant l'impact des facteurs confondants (Zhan & Ottenbacher, 2001). Dans le modèle décrit par Zhan et Ottenbacher (2001), le comportement cible du participant était mesuré à plusieurs reprises lors d'une phase, dite de référence, représentant la condition de base, soit sans intervention (Zhan & Ottenbacher, 2001). Par la suite, une intervention était introduite, dans le but de modifier le comportement cible, ce dernier continuant d'être évalué pendant la phase d'intervention, le traitement est ensuite retiré dans la troisième phase (Zhan & Ottenbacher, 2001). Les informations recueillies lors de ces phases ont été analysées afin de déterminer s'il existe une relation entre l'intervention et le comportement cible (Zhan & Ottenbacher, 2001).

Développement des émotions du robot NAO

Les émotions ont été développées par un étudiant à la maîtrise en informatique et une étudiante au doctorat en neuropsychologie. En effet, cette dernière a fait des recherches afin de déterminer les postures humaines et du robot qui sont associées aux émotions neutres, de tristesse, de colère, de joie, de dégoût et de peur (Greczek et al., 2011; Schindler et al., 2008; Shamsuddin et al., 2013). L'étudiant en informatique a ensuite pu les programmer dans le logiciel *Choregraphe*, tel que réalisé dans des études utilisant le NAO (Conti et al., 2019; Shamsuddin et al., 2013). Le résultat obtenu a été présenté aux directeurs de recherche afin de valider les émotions perçues par ces derniers.

L'étudiant en informatique avait programmé l'apparition du rouge autour des yeux du robot, pour représenter la colère en plus de la posture émotionnelle associée. Ainsi, une étude pilote réalisée par Greczek et al. (2011) a permis de soutenir l'hypothèse que le changement de forme des yeux du NAO à l'aide de la lumière, combinée aux postures émotionnelles (joie, colère, tristesse, surprise, peur, dégoût) permettait une meilleure reconnaissance des émotions que lorsque les postures émotionnelles étaient présentées seules.

Ainsi, à partir d'un ordinateur relié au robot, il était possible de faire jouer de manière aléatoire les diverses émotions par le robot NAO (voir Figure 1).

Figure 1*Émotions mimées par le robot NAO*

Participant

Recrutement du participant

Considérant que la recherche développée émanait des besoins de la Commission scolaire des Rives du Saguenay, le recrutement du participant s'est fait par les intervenants du milieu scolaire en fonction des besoins de l'étude et des critères d'inclusion et d'exclusion utilisés (voir les outils de recrutements voir appendices A, B et C).

Les critères d'inclusion pour être admissible à l'étude (et appliquées par les intervenants du milieu scolaire ayant recruté les jeunes) sont les suivants :

1. Adolescent(e)s ayant un TSA (verbaux)
2. Être âgé entre 12 et 16 ans

Les critères d'exclusion sont les suivants :

1. Adolescent(e)s ayant un TSA (non verbaux)

Deux adolescents correspondaient à ces critères, mais le consentement des parents du deuxième jeune n'a pu être obtenu. Un seul participant de 16 ans (17 ans à la fin de l'expérimentation) s'est donc prêté à la présente étude considérant les critères établis préalablement par l'équipe de recherche. En raison de la vulnérabilité de cette population, le formulaire de consentement et le projet étaient présentés au jeune par son enseignante. Ensuite, il était obtenu auprès des parents qui prenaient connaissance du formulaire par l'entremise de l'enseignante du participant et ils la contactaient s'ils souhaitaient communiquer avec les responsables de l'étude afin de faire partie du groupe de discussion. Pour la présente étude, le niveau de TSA et le type d'atteinte du langage importent peu étant donné le petit nombre de sujets et que l'étude est descriptive. L'important est qu'ils soient verbaux et qu'ils fréquentent le milieu scolaire. Ces informations sont décrites dans les résultats de l'étude.

Instruments

NEPSY-II (sous-test de Reconnaissance des affects)

Le NEPSY-II (Korkman et al., 2012) est une batterie neuropsychologique de tests développée pour évaluer les capacités cognitives des enfants et des adolescents (Brooks et al., 2009). Il est composé de 32 sous-tests divisés en 6 catégories distinctes du fonctionnement cognitif soit : le langage, la mémoire, l'apprentissage, le sensorimoteur, le traitement visuo-spatial et la perception sociale (Brooks et al., 2009). Cette dernière catégorie, qui est composée de la sous-échelle de *Reconnaissance des affects*, est celle qui nous intéresse pour la présente étude. Ce sous-test, qui s'adresse aux enfants de 5 à 16 ans, est conçu pour évaluer à l'aide de quatre tâches différentes la capacité à reconnaître un affect (content, triste, neutre, inquiet, fâché, dégoûté) à partir de photos de visages d'enfants. Lors de la réalisation de la première tâche, l'enfant doit indiquer si oui ou non deux photos représentent le même affect (Korkman et al., 2007). Ensuite, dans la deuxième tâche, l'enfant sélectionne (à partir de trois ou quatre photos) deux photos de visages illustrant le même affect (Korkman et al., 2007). Dans la troisième tâche, on montre à l'enfant un total de 5 visages, il doit choisir parmi les quatre visages du bas de la page celui présentant le même affect que celui du visage du haut de la page (Korkman et al., 2007). Finalement, après avoir montré brièvement un visage à l'enfant, il doit, de mémoire, choisir deux photos qui représentent le même affect que celui du visage présenté précédemment (Korkman et al., 2007). Lors de la réalisation du présent sous-test, il importe de noter l'ensemble des commentaires que l'enfant fait en ce qui concerne les visages qui lui sont présentés (Korkman et al., 2007). Un point est accordé pour les

réponses correctes pour une note principale sur 35 (7 à 16 ans). Par ailleurs, des notes de processus (qui correspondent au nombre d'erreurs) sont aussi disponibles pour les six émotions. Enfin, les commentaires spontanés sont également comptabilisés (Korkman et al., 2007). Afin de déterminer si l'ensemble des trois notes obtenues sont dans les normes pour l'âge, il importe de se référer à la Table appropriée du Manuel clinique et d'interprétation (Korkman et al., 2007). Le NEPSY-II a été spécialement conçu pour améliorer l'évaluation des fonctions cognitives liées aux troubles sociaux (comme le TSA) en plus d'être validées auprès de cette population (Korkman et al., 2007).

La fidélité et la validité sont satisfaisantes pour l'ensemble des sous-tests du NEPSY-II (Brooks et al., 2009). Le coefficient de fidélité des notes étalonnées principales pour l'échantillon d'étalonnage pour les trois groupes d'âge suivant : 5 à 6 ans, 7 à 12 ans et 13 à 16 ans sont respectivement de 0,67, 0,87 et 0,85 (Korkman et al., 2012). Le coefficient de validité de construit est de 0,53 dans les échantillons cliniques (Korkman et al., 2012). D'ailleurs, la fidélité du sous-test de *Reconnaissance des affects* est de 0,80 ou plus dans tous les groupes d'âge, à l'exception des enfants de 4 ans (0,68), 5 ans (0,70) et 6 ans (0,64). La validité est aussi adéquate (Korkman et al., 2007). De plus, dans l'étude de Yao et al. (2018), les propriétés psychométriques du sous-test *Reconnaissance des affects* ont été évalués auprès d'une population constituée de 1222 enfants fréquentant des écoles primaires de Singapour où l'âge moyen était de 57,74 mois ($ÉT = 3,89$ mois), la fidélité pour des enfants d'âge préscolaire est de 0,51.

Grille d'observations

Une grille d'observation (voir appendice G) a aussi été construite en collaboration avec l'enseignante du jeune. Cette grille visait à identifier si les comportements de reconnaissance émotionnelle étaient généralisés dans le contexte scolaire du participant à la suite de l'expérimentation (quelques jours après la dernière séance d'expérimentation). Ces thèmes ont été développés lors d'une discussion avec l'enseignante du jeune. Ainsi, les comportements émotionnels qu'il présentait ont été mentionnés de même que ceux qu'elle souhaitait qu'il développe afin de faciliter son fonctionnement en ce qui concerne les émotions.

Procédures et déroulement de l'expérimentation

Phase 1 : Signature du formulaire de consentement, complétion de la grille d'observation des comportements par l'enseignante du jeune

L'adolescent pouvant participer à l'étude a été déterminé par les responsables de l'école selon les critères d'inclusion/exclusion. Une grille d'observation des comportements a aussi été développée et complétée par l'enseignante du participant afin de bien cibler les comportements où on s'attendait à une amélioration.

Phase 2 : Expérimentations en laboratoire

Expérimentation A : Administration de la sous-échelle de Reconnaissance des affects du NEPSY-II (une rencontre de 10-15 minutes)

Dans la semaine suivant la phase 1, la sous-échelle de *Reconnaissance des affects* du *NEPSY-II* avait été administrée (selon les consignes du manuel du test) par une assistante de recherche.

Expérimentation B : Familiarisation avec le robot (2 rencontres de 10 minutes sur deux semaines)

Le participant a été mis en contact avec le robot durant 10-20 minutes afin qu'il puisse interagir avec lui de la manière qui le souhaitait, sous la supervision de l'assistante de recherche ou de l'intervenant scolaire. Ceci permettait au participant de se familiariser avec ce dernier afin qu'il ne soit pas surpris ou intimidé lors de l'expérimentation (minimiser l'effet de nouveauté indésirable).

Expérimentation C : Intervention avec le robot humanoïde NAO\Programme de reconnaissance des émotions (12 rencontres de 10 minutes, sur 4 semaines, 3 rencontres par semaine)

Lors de ces rencontres, des images d'humains représentant des visages mimant les cinq émotions (joie, tristesse, colère, peur, dégoût) ainsi qu'un carton représentant un visage neutre étaient placées devant le participant sur la table de manière aléatoire, en face de laquelle il était assis. Après avoir regardé le robot mimer une émotion, il devait associer l'émotion exprimée par le robot à l'émotion représentée sur les cartons devant lui (voir appendice H) en pointant le carton représentant l'émotion qu'il pensait avoir été mimé par le robot. Chaque rencontre comprenait trois sous-sessions et chacune d'entre elles

présentait trois émotions aléatoires au participant. L'ordre dans lequel les émotions étaient proposées était déterminé de manière aléatoire (préalablement déterminé à l'aide d'un site de tirage au sort). Lorsque l'enfant avait la bonne réponse, l'assistante pouvait renforcer le comportement en lui disant « Bravo ». Ensuite, la programmation de l'autre émotion à mimer était lancée. Si la réponse de l'enfant n'était pas adéquate, l'assistante devait revenir brièvement sur le mime du robot et dire la bonne réponse à l'enfant. Les cartons étaient utilisés les trois premières semaines, ensuite ils étaient enlevés et l'enfant devait nommer lui-même les émotions afin de favoriser son autonomie. Après avoir regardé le robot mimer une émotion, il devait l'indiquer verbalement, de la même manière qu'avec les cartons. Cette procédure a été répétée trois fois. Les douze rencontres d'intervention réalisées avec l'adolescent ont été à un enregistrement audio à l'aide d'un magnétophone. Les dispositions des éléments lors des séances 1 à 6 et 7 à 12 sont respectivement présentées aux Figures 2 et 3.

Figure 2

Disposition lors de l'expérimentation pour les séances 1 à 6

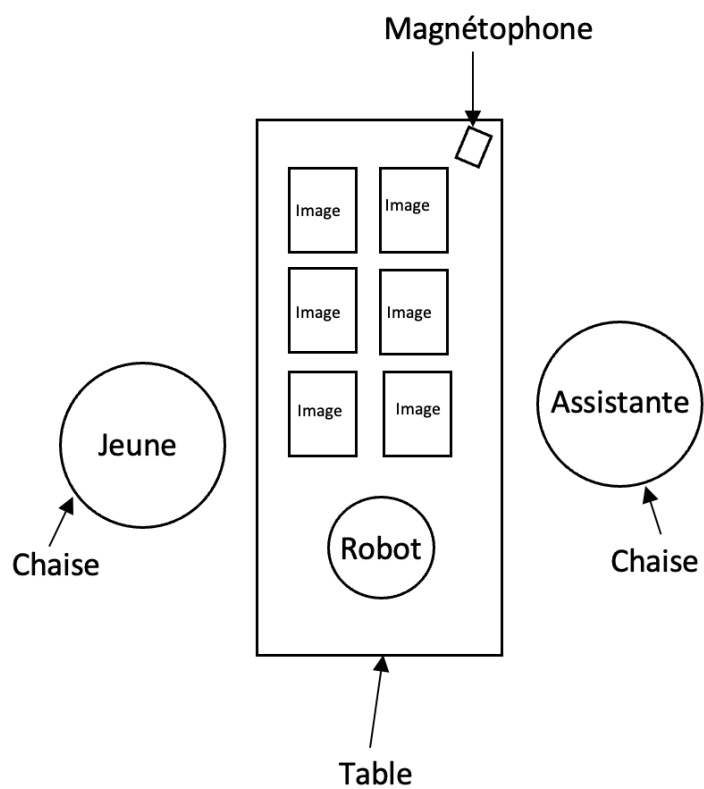
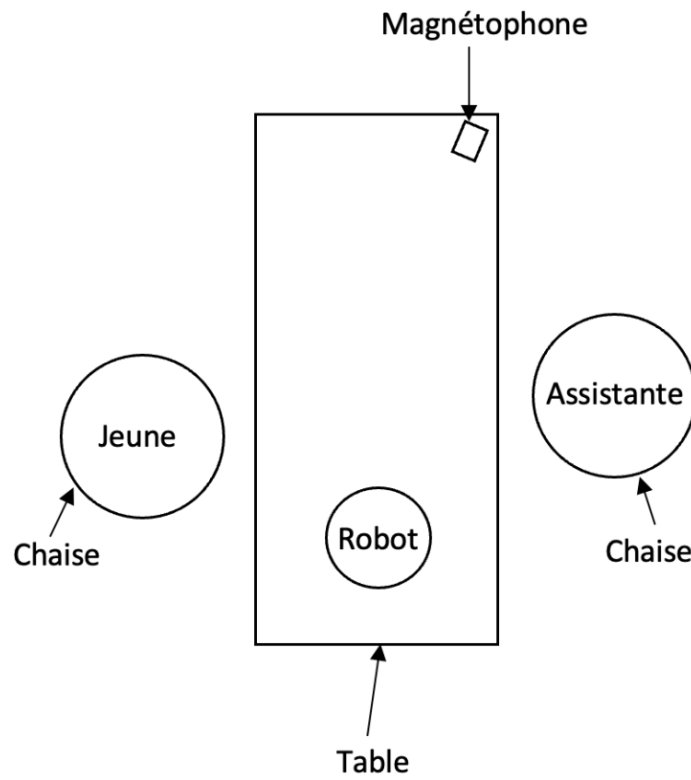


Figure 3

Disposition lors de l'expérimentation pour les séances 7 à 12



Expérimentation D : Administration de la sous-échelle de Reconnaissance des affects du NEPSY-II (une rencontre de 10-15 minutes)

Lors de cette phase, le sous-test *Reconnaissance des affects* a été administré de nouveau selon les consignes du manuel du test par une assistante de recherche (pour une durée de 10-15 minutes).

Phase 3 : Entrevue individuelle avec l'enseignante de l'adolescent (une rencontre)

Afin de recueillir des informations sur les comportements de reconnaissance des émotions du participant après l'intervention, une entrevue individuelle auprès de l'enseignante a été réalisée, quatre jours après la dernière rencontre avec le jeune, afin de vérifier les comportements de reconnaissance émotionnelle que l'adolescent présentait (ou non) après ces interventions. Aucun enregistrement audio ou vidéo n'a été réalisé. La grille de l'entrevue individuelle est présentée à l'appendice F.

Phase 4 : Analyse des résultats

Les résultats ont été analysés et interprétés de manière qualitative, principalement descriptive (voir section analyses effectuées). Dans une étude à plan unique, la description a été centrée sur les performances individuelles de l'individu (Robert, 1988) et basée sur les résultats obtenus lors de rencontres en face à face avec le jeune ainsi que sur les observations de son enseignante.

Analyses effectuées

Considérant qu'il y a qu'un seul participant, des analyses descriptives ont été effectuées. Ainsi, les sous-tests ont été cotés et une comparaison des résultats (moyennes du nombre d'émotions reconnues) avant et après l'intervention technologique de reconnaissance des émotions pour le participant a été effectuée. De cette manière, il sera possible de déterminer si les résultats se sont améliorés sur le plan clinique.

Résultats

L'hypothèse postule que l'apprentissage des émotions avec le robot NAO permettrait l'amélioration de la performance du participant à la sous-échelle de *Reconnaissance des affects* du *NEPSY-II* après la réalisation de l'intervention technologique de reconnaissance des émotions. Dans les prochaines sections, il sera question de la description de l'échantillon et des différents résultats obtenus.

Description de l'échantillon

L'échantillon se compose d'un seul participant âgé de 16 ans, atteint d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA), qui habite la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

Résultats au sous-test *Reconnaissance des affects* pré-expérimentation et post-expérimentation

Dans un premier temps, il importe de rappeler que la note totale obtenue au test de *Reconnaissance des affects* procure une mesure de l'aptitude générale de l'adolescent à reconnaître les expressions faciales courantes, ce qui est une composante importante des interactions sociales. Les notes brutes du jeune au sous-test en pré et en post-test ont été converties en scores pondérés et en rangs centiles afin de permettre l'interprétation en fonction des normes du test pour son âge. Les résultats présentés sont donc interprétés en tenant compte de l'âge du participant (Tableau 1).

Ainsi, pour le sous-test *Reconnaissance des affects*, comparé à des jeunes neurotypiques, les résultats du jeune passent donc du niveau inférieur à la moyenne à celui de la basse moyenne comme on peut le voir dans le tableau 1, une amélioration des performances était donc visible.

Tableau 1

Performances à la sous-échelle Reconnaissance des affects avant et après l'expérimentation

<i>Performances à la sous-échelle Reconnaissance des affects</i>	<i>Score brut</i>	<i>Scores pondérés</i>	<i>Rangs centiles (Percentile)²</i>	<i>Interprétation (étiquettes descriptives)</i>
<i>Pré-test (avant l'expérimentation)</i>	21	5	2-8 ^e	Inférieure à la moyenne
<i>Post-test (après l'expérimentation)</i>	25	7	9-24 ^e	Basse moyenne

Résultats pré-expérimentation au sous-test *Reconnaissance des affects*

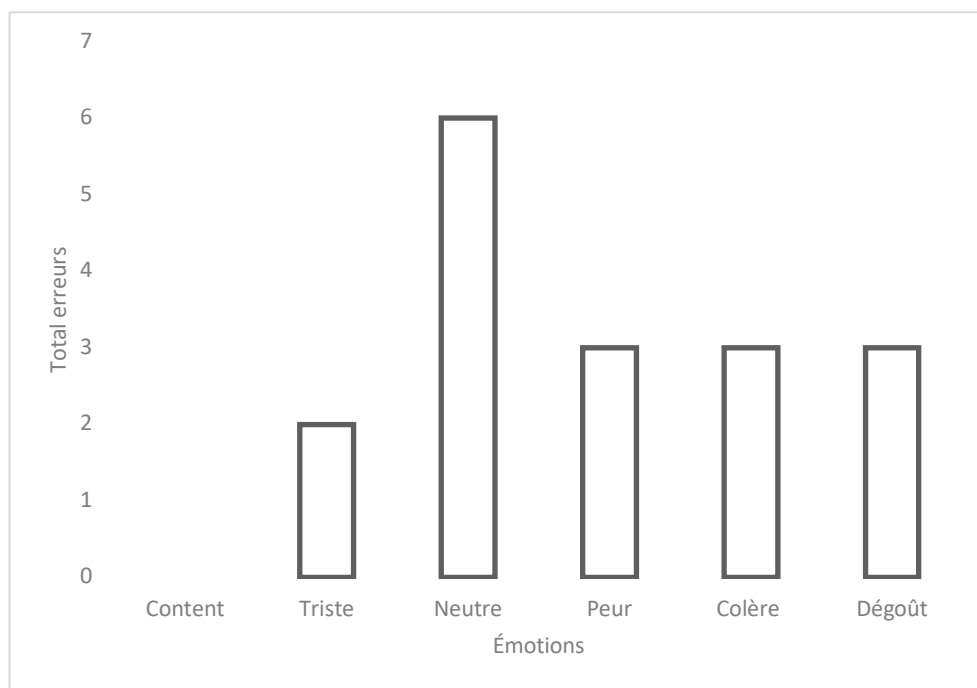
Avant l'expérimentation, 21 bonnes réponses ont été données sur une possibilité de 35, ce qui représente 60 % d'émotions bien reconnues. Selon l'analyse des réponses, il semble que l'émotion neutre ait été difficile à reconnaître par le participant, six erreurs ont été commises comme on peut le voir à la Figure 4. On peut aussi remarquer qu'il n'y avait aucune erreur pour content. La proportion d'erreurs de reconnaissance de chacune

² Le rang centile (percentile) indique la position relative des habiletés du participant en pourcentage, par rapport aux individus appartenant au même groupe d'âge. Un rang centile de X % indique donc que l'individu performe mieux que X % des gens de son âge. Un rang centile est dans la moyenne lorsqu'il est situé entre le 25^e rang centile et le 75^e rang centile. Elle est sous forme des étiquettes descriptives suivantes : score extrêmement élevé (supérieur au 98^e percentile), score supérieur à la moyenne (entre 91^e et 97^e percentile), score dans la haute moyenne (entre 75^e et 90^e percentile), score dans la moyenne (entre 25^e et 74^e percentile), score dans la basse moyenne (entre 9^e et 24^e percentile), score inférieur à la moyenne (entre 2^e et 8^e percentiles), et score extrêmement bas (inférieur au 2^e percentile). (Bertrand et al., 2022)

des émotions (obtenue en considérant le nombre de fois qu'elles étaient présentées) est de 0 % pour content, 13,33 % pour la tristesse, 40 % pour l'émotion neutre, 20 % pour la peur, 21,43 % pour la colère et 27,27 % pour le dégoût.

Figure 4

*Nombre total d'erreurs pour les diverses émotions lors du sous-test
Reconnaissance des affects en pré-expérimentation*



Résultats de l'intervention avec le robot

On rappelle que lors de l'expérimentation, des émotions étaient mimées (ordre déterminé au hasard) par le robot et le participant devait deviner ce qu'elles étaient en regardant les images (voir Appendice H) qui étaient présentes sur la table, et ce, jusqu'à

la séance 6. Par la suite, de la séance 7 à 12, le robot mimait les émotions et le jeune devait dire à quoi elles correspondaient sans avoir recours aux images.

Lors de la séance 1, les 9 émotions mimées au hasard par le robot ont été successivement celles présentées dans le Tableau 2. Le participant a été en mesure d'identifier 7 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 2). Ainsi, les émotions qu'il n'a pas été en mesure d'identifier sont la tristesse (qu'il a confondue avec la peur) ainsi que la peur (qu'il a confondue avec le dégoût).

Tableau 2

Séance 1 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Dégoût	Dégoût
Neutre	Neutre
Colère	Colère
Tristesse	Peur
Dégoût	Dégoût
Colère	Colère
Neutre	Neutre
Peur	Dégoût
Joie	Joie

Lors de la séance suivante, neuf émotions déterminées de manière aléatoire ont été présentées de nouveau au jeune, et ce, dans l'ordre affiché dans le tableau suivant. Il a été en mesure d'identifier 9 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 3). Lors de cette séance, le jeune était collaboratif. Il indiquait qu'il avait hâte de venir, il parlait du robot

et il était très attentif à ce que ce dernier faisait. À plusieurs reprises, le robot ne reconnaissait pas ce que le jeune disait et le faisait donc répéter. À ce moment, l'automatisation a été suspendue afin qu'il ne demande pas à l'enfant de répéter sans arrêt et que le jeune devienne démotivé.

Tableau 3

Séance 2 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Colère	Colère
Neutre	Neutre
Joie	Joie
Colère	Colère
Joie	Joie
Tristesse	Tristesse
Tristesse	Tristesse
Peur	Peur
Dégoût	Dégoût

À la séance 3, d'autres émotions déterminées aléatoirement ont été successivement mimées par le robot. Le jeune a été en mesure d'identifier 8 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 4). Ainsi, l'émotion qu'il n'a pas été en mesure d'identifier est la peur qu'il a confondue avec le dégoût (une seconde fois).

Tableau 4

Séance 3 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Peur	Dégoût
Colère	Colère
Joie	Joie
Neutre	Neutre
Tristesse	Tristesse
Dégoût	Dégoût
Colère	Colère
Tristesse	Tristesse
Neutre	Neutre

Au moment de réaliser la 4^{ième} séance, la peur et le dégoût ont de nouveau été confondus ; il a identifié la peur au lieu du dégoût. Il a donc été en mesure de reconnaître 8 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 5).

Tableau 5

Séance 4 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Dégoût	Dégoût
Neutre	Neutre
Peur	Dégoût
Joie	Joie
Tristesse	Tristesse
Tristesse	Tristesse
Colère	Colère
Dégoût	Tristesse
Peur	Neutre

Lors de la séance 5, il a été en mesure d'identifier 8 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 6). Ainsi, l'émotion qu'il n'a pas été en mesure d'identifier est la peur (qu'il a confondue avec la colère). Il était collaboratif et attentif. Lors de cette séance, le robot est tombé sur le dos en raison de dysfonctionnements technologiques ; le jeune est devenu très préoccupé et il anticipait que ceci se produise de nouveau.

Tableau 6

Séance 5 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Peur	Dégoût
Colère	Neutre
Dégoût	Dégoût
Peur	Colère
Tristesse	Tristesse
Neutre	Neutre
Neutre	Neutre
Peur	Peur
Joie	Joie

Lors de la réalisation de la séance 6, le jeune a été en mesure de reconnaître l'ensemble des neuf émotions présentées (Tableau 7). Le robot est tombé de nouveau en raison de dysfonctionnements technologiques. Le jeune était préoccupé de nouveau et il anticipait encore que ceci se reproduise. Il mentionnait qu'il craignait de sursauter, il demandait si le robot allait tomber de nouveau et il demandait lorsque l'autre robot allait revenir.

Tableau 7

Séance 6 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Neutre	Neutre
Colère	Colère
Dégoût	Dégoût
Peur	Peur
Colère	Colère
Neutre	Neutre
Joie	Joie
Tristesse	Tristesse
Dégoût	Dégoût

La séance 7 représente la première séance sans la présence des images. L'utilisation d'un autre robot (qui ne diffère qu'en couleur ; il est bleu plutôt que rouge) a été nécessaire en raison des dysfonctions technologiques du premier. Le jeune a réagi en ayant peur, en demandant si le nouveau allait tomber à nouveau, il demandait fréquemment si l'autre allait revenir et questionnait sur les raisons de l'absence de l'autre ; il souhaitait avoir l'autre. Il était tout de même mobilisé à l'exécution de la tâche. Le participant a été en mesure de reconnaître 8 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 8). Ainsi, la peur a été confondue avec la tristesse.

Tableau 8

Séance 7 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Tristesse	Tristesse
Colère	Colère
Dégoût	Dégoût
Colère	Colère
Neutre	Neutre
Joie	Joie
Dégoût	Dégoût
Peur	Tristesse
Joie	Joie

Lors de la séance 8, le jeune a reconnu 8 émotions sur un total de 9 (Tableau 9). Il a confondu la peur avec la tristesse.

Tableau 9

Séance 8 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Colère	Colère
Joie	Joie
Neutre	Neutre
Peur	Tristesse
Dégoût	Dégoût
Tristesse	Tristesse
Peur	Peur
Neutre	Neutre
Joie	Joie

Lors de la séance suivante, le jeune a reconnu 8 émotions sur un total de 9 (Tableau 10). Il a confondu la peur avec la colère. La collaboration était bonne, mais il demandait toujours le robot précédent.

Tableau 10

Séance 9 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Dégoût	Dégoût
Tristesse	Tristesse
Joie	Joie
Joie	Joie
Peur	Colère
Colère	Colère
Neutre	Neutre
Colère	Colère
Peur	Peur

À la séance 10, le jeune a été en mesure d'identifier 9 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 11)

Tableau 11

Séance 10 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Joie	Joie
Neutre	Neutre
Colère	Colère
Joie	Joie
Tristesse	Tristesse
Peur	Peur
Dégoût	Dégoût
Colère	Colère
Neutre	Neutre

Lors de la séance 11, le jeune a reconnu 9 émotions sur une possibilité de 9 (Tableau 12).

Tableau 12

Séance 11 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Colère	Colère
Peur	Peur
Neutre	Neutre
Tristesse	Tristesse
Colère	Colère
Dégoût	Dégoût
Neutre	Neutre
Tristesse	Tristesse
Dégoût	Dégoût

Finalement, à la séance 12, le jeune avait de nouveau identifié correctement l'ensemble des émotions (Tableau 13).

Tableau 13

Séance 12 : Émotions mimées par le robot et les réponses données par le jeune

Émotions mimées	Réponses du jeune
Dégoût	Dégoût
Joie	Joie
Peur	Peur
Colère	Colère
Tristesse	Tristesse
Dégoût	Dégoût
Neutre	Neutre
Peur	Peur
Colère	Colère

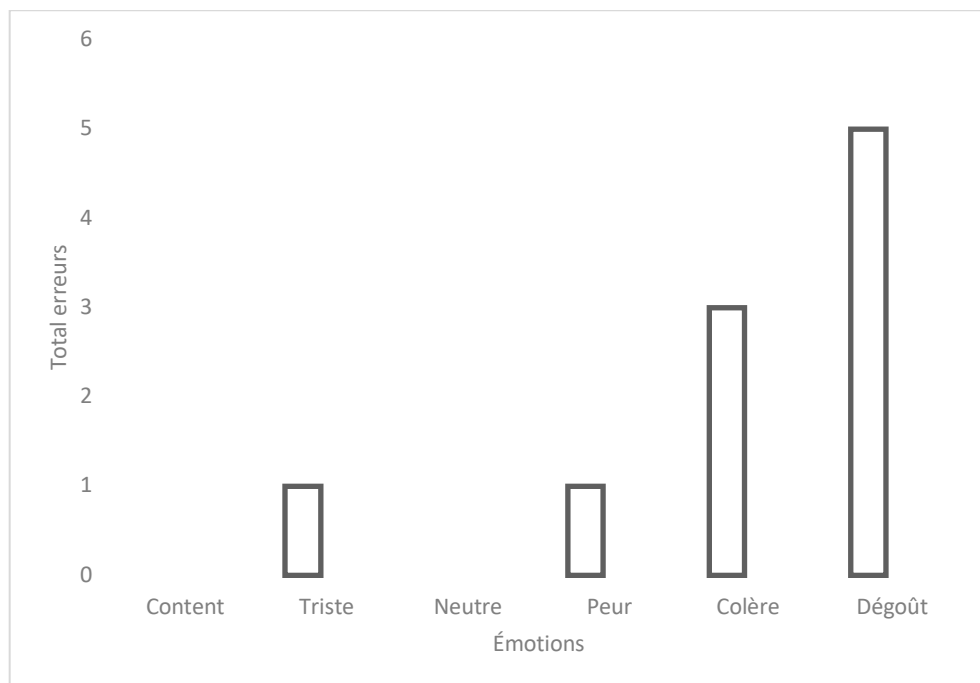
Lors de la réalisation de l'expérimentation avec le robot, le participant a fait 9 erreurs pour l'ensemble des séances. Il avait plus de difficulté à reconnaître la peur (8 erreurs) et la tristesse (1 erreur). Il confondait la peur avec le dégoût (4 erreurs), la colère (2 erreurs) et la tristesse (2 erreurs). Il a aussi confondu la tristesse avec la peur (1 erreur). Il a donc commis des erreurs d'identification des émotions : 0 pour joie, 2 pour la tristesse, 0 pour l'émotion neutre, 1 pour la peur, 2 pour la colère et 4 pour le dégoût.

Résultats post-expérimentation au sous-test *Reconnaissance des affects*

En post-expérimentation, le jeune a obtenu 25 bonnes réponses sur une possibilité de 35 au sous-test *Reconnaissance des affects*, ce qui représente 71,42 % d'émotions bien reconnues. Le nombre d'erreurs de reconnaissance des émotions était de 0 pour l'émotion content, 1 pour la tristesse, 0 pour l'émotion neutre, 1 pour la peur, 3 pour la colère et 5 pour le dégoût (Figure 5). Selon l'analyse des réponses, il semble que le dégoût ait été le plus difficile à reconnaître, le nombre d'erreurs ayant augmenté par rapport à la pré-expérimentation. On peut aussi remarquer qu'il n'y avait toujours aucune erreur pour l'émotion content. La proportion d'erreurs de reconnaissance de chacune des émotions (obtenue en considérant le nombre de fois qu'elles étaient présentées) est de 0 % pour content, 6,67 % pour triste, 0 % pour l'émotion neutre, 6,67 % pour la peur, 21,43 % pour la colère et 45,45 % pour le dégoût.

Figure 5

*Nombre total d'erreurs pour les diverses émotions lors du sous-test
Reconnaissance des affects en post-expérimentation*



Total des erreurs pour les six émotions avant (temps 1) et après (temps 2)

l'expérimentation

En résumé, le nombre d'erreurs de reconnaissance des émotions a diminué de manière globale avant et après l'expérimentation. En revanche, bien que le nombre d'émotions reconnues ait augmenté en post-expérimentation et que le nombre d'erreurs a augmenté pour dégoût, il est resté le même pour content et colère et il s'est amélioré pour les autres émotions : triste, neutre et peur (Tableau 14).

Tableau 14

*Total des erreurs pour les six émotions avant (temps 1) et après (temps 2)
l'expérimentation*

	Temps 1 Sous-test Reconnaissance des affects	Temps 2 Sous-test Reconnaissance des affects
Total erreurs pour Content	0	0
Total erreurs pour Triste	2	1
Total erreurs pour émotion Neutre	6	0
Total erreurs pour Peur	3	1
Total erreurs pour Colère	3	3
Total erreurs pour Dégoût	3	5
Total erreurs	17	10

Résultats de l'enseignante (entrevue individuelle et grille d'observation)

Avant de débiter l'expérimentation, il a été mentionné à l'intervenante d'indiquer les comportements en lien avec les émotions qu'elle aimerait que le jeune améliore ou qu'il mette en place. Elle a indiqué qu'elle aimerait qu'il soit en mesure de reconnaître les émotions, de savoir les différencier, de savoir identifier les bonnes émotions et, ultimement, d'améliorer la gestion des émotions (en les reconnaissant chez lui-même).

Quatre jours après la fin de l'expérimentation, une entrevue a eu lieu avec l'enseignante du jeune. Elle a indiqué que l'expérience était « très positive et enrichissante pour le jeune ». Elle indique qu'il mimait les émotions que le robot faisait, qu'il en parlait beaucoup, qu'il avait aimé son expérience et qu'il écoutait des vidéos en lien avec le robot. Également, les points positifs qu'elle nommait étaient que l'expérience aurait « apporté beaucoup au jeune, qu'il était toujours content de faire les activités ». Elle a perçu le

changement de robot lors de l'expérimentation comme étant positive, car ceci obligeait le jeune à faire preuve de flexibilité. Il n'y aurait, selon elle, aucun point négatif ou élément à améliorer. Il n'a pas été possible de vérifier auprès de la mère ce que l'enseignante rapportait. Selon l'enseignante, il s'agirait maintenant de travailler la gestion des émotions. En effet, il serait toujours difficile pour lui de cerner les émotions qu'il ressent et de parvenir à les maîtriser. Il présenterait donc toujours de la difficulté à reconnaître les émotions dans un contexte réel.

Discussion

Rappel de l'objectif de l'étude

L'objectif de l'étude était d'évaluer si l'intervention technologique de reconnaissance des émotions avec le robot humanoïde NAO pouvait permettre de participer à l'amélioration de cette capacité chez un adolescent ayant un TSA.

Discussion de l'hypothèse

Hypothèse

L'hypothèse postulait que l'apprentissage des émotions avec le robot NAO permettrait l'amélioration de la performance du participant à la sous-échelle de Reconnaissance des affects du NEPSY-II, et ce, après la réalisation de l'intervention technologique de reconnaissance des émotions.

Cette dernière est validée, car il y a une amélioration des scores au sous-test *Reconnaissance des affects* après l'intervention avec le robot.

Il est important de garder en tête que les performances sont généralement plus basses pour la *Reconnaissance des affects* chez les jeunes atteints d'un TSA en comparaison au groupe contrôle apparié (Korkman et al., 2007), ce qui est soutenu par les résultats de l'étude. Cependant, bien que les résultats de l'étude montrent une

amélioration, ils ne seraient pas perceptibles dans le contexte scolaire. Ceci pourrait s'expliquer par un processus de généralisation des apprentissages déficitaire chez les individus ayant un TSA, engendré par une plasticité neuronale atypique (Church et al., 2015). En effet, selon Church et al. (2015), les difficultés de généralisation ne s'appliqueraient pas uniquement aux compétences sociales, mais seraient plutôt liées à un déficit d'apprentissage perceptuel plus généralisé qui pourrait avoir des conséquences sur plusieurs capacités. Ainsi, il n'est pas étonnant que les performances au sous-test soient demeurées basses.

Toutefois, selon Uljarevic et Hamilton (2013), seulement certaines émotions parmi les six de base (surprise, colère, dégoût, peur, joie, tristesse) seraient difficilement reconnaissables, il ne s'agirait donc pas d'un déficit généralisé de reconnaissance des émotions chez les individus atteints de TSA, comme ce qui a été observé dans la présente étude. En effet, le total des erreurs de reconnaissance commises par le jeune concorde avec les résultats de certaines études qui indiquent que la reconnaissance de la peur (Ashwin et al., 2006; Corden et al., 2008; Howard et al., 2000; Humphreys et al., 2007; Pelphrey et al., 2002; Wallace et al., 2008), la colère (Ashwin et al., 2006), le dégoût (Ashwin et al., 2006; Humphreys et al., 2007; Wallace et al., 2008) et la tristesse (Boraston et al., 2007; Corden et al., 2008; Wallace et al., 2008) sont plus difficiles à reconnaître pour les personnes ayant un TSA. Ainsi, Baron-Cohen et al. (1993) suggèrent qu'un déficit de la théorie de l'esprit pourrait entraîner des difficultés à reconnaître les émotions comme la surprise. Elle n'a pas été intégrée dans la présente intervention technologique, car il

était difficile de la différencier de la peur du dégoût lorsqu'elles étaient mimées par le robot. Par ailleurs, la surprise n'aurait pas été intégrée dans le sous-test *Reconnaissance des affects*, car il était difficile d'exprimer la surprise sans que la peur soit impliquée (Korkman et al., 2007).

Également, dans l'étude de Conti et al. (2019), avant l'expérimentation, l'enfant présentait plus de difficultés à reconnaître la colère, le dégoût et la peur plutôt que la joie, l'émotion neutre et la colère. Les erreurs pour chaque émotion avaient été considérablement réduites après l'expérimentation. Dans la présente étude, en pré-expérimentation, l'adolescent a plus de difficulté à reconnaître l'émotion neutre, le dégoût, la peur et la colère, ce qui va dans le même sens que les résultats de l'étude de Conti et al. (2019). Toutefois, en ce qui concerne plus spécifiquement l'amélioration du nombre d'erreurs pour chacune des émotions, il y a des différences. En effet, il ne commet plus d'erreur pour l'émotion neutre, le nombre d'erreurs pour la peur a été réduit, il est demeuré le même pour la colère et a augmenté pour le dégoût. Ceci pourrait être expliqué par le fait que la même programmation pour les émotions mimées par le robot que dans l'étude modèle n'a pas été utilisée. Un logiciel contenant les émotions préprogrammées spécialement conçues pour les enfants atteints d'un TSA, vendues avec le robot NAO au coût de 3000 \$ par année avait été utilisé dans l'étude de Conti et al. (2019). Les procédures derrière l'élaboration de la représentation des émotions n'a pu être comparé et leur équivalence validée. Cette variation qu'elle soit minime ou majeure, n'a pu être contrôlé et a pu influencer l'apprentissage du jeune. Le jeune est tout de même en mesure

de reconnaître plus d'émotions en post-expérimentation qu'en pré-expérimentation et le nombre d'erreurs global est réduit.

Forces et limites de l'étude

Forces

Cette étude possède plusieurs forces. Elle est la seule à adopter le programme de l'étude de Conti et al. (2019) afin de viser une généralisation de leurs résultats avec un adolescent. Par ailleurs, elle est avant-gardiste, car très peu d'études concernent des interventions avec le robot humanoïde NAO auprès d'adolescents atteints d'un TSA. En effet, une autre étude concerne l'accompagnement thérapeutique à l'aide du NAO, de cinq adolescents de 12 à 15 ans ayant un TSA, a mis de l'avant une amélioration de plusieurs compétences, dont la concentration, de la communication volontaire et des performances au niveau de la lecture et de l'écriture (Sakka & Gaboriau, 2017). Bien qu'elle soit intéressante, elle ne traitait pas spécifiquement de la reconnaissance des émotions auprès des adolescents.

L'utilisation du robot NAO présente des avantages. En fait, pour les jeunes vivant avec le TSA les interactions avec d'autres personnes peuvent provoquer une détresse importante. Pour leur part, les interactions avec le robot sont différentes, car elles impliquent seulement les émotions de base (Cabibihan et al., 2013). Ainsi, le NAO présente des comportements prévisibles et répétitifs (Shamsuddin et al., 2012). Le robot NAO, un robot humanoïde, aurait de grands avantages à être utilisé dans les interventions

auprès de la population autiste en raison de son potentiel de généralisation des apprentissages. En effet, les robots à l'apparence humaine peuvent permettre à des enfants d'apprendre des compétences reliées à l'imitation et la reconnaissance des émotions (Ricks & Colton, 2010). Finalement, en comparaison avec d'autres robots humanoïdes (*Kaspar, Robota, Infanoid et ifbot*), seul le NAO est disponible à l'achat (Trigo et al., 2019), ce qui permet de l'utiliser en recherche, mais aussi au sein d'autres milieux.

Un autre avantage est que peu de personnes ont été impliquées dans la présente, ce qui fait qu'il a été possible d'établir un contact privilégié avec le participant et ainsi respecter les particularités en ce qui concerne la rigidité et les difficultés à entrer en relation avec autrui (American Psychiatric Association, 2015).

Limites

Le devis utilisé soit une étude à cas unique limite les généralisations. En effet, comme il n'y a qu'un participant, la généralisation des résultats obtenus ne peut être appliquée à une plus grande population.

Il est aussi important d'orienter l'ensemble de l'étude de manière à respecter les particularités des individus atteints d'un TSA: difficultés à partager des intérêts, des émotions et à initier des interactions sociales (American Psychiatric Association, 2015). Ils ont aussi de la difficulté avec les changements mineurs et adhèrent de manière inflexible aux routines (American Psychiatric Association, 2015). Aussi, comme il a été

mentionné, ces jeunes présentent des difficultés à entrer en relation. Alors, s'ils sont exposés à des intervenants différents, ils pourraient être déstabilisés et ne pas être disposés à l'intervention proposée. Il est donc indispensable d'être prévisibles pour ces individus, ce qui fait que peu de personnes peuvent être impliquées dans l'expérimentation. Pour ces raisons, ce type d'étude nécessite un encadrement important et donc beaucoup d'implication des individus gravitant autour des jeunes, ce qui pourrait décourager certaines personnes à y participer.

Les dysfonctionnements technologiques rencontrés avec le robot (robot qui tombe, qui brise, changement de robot, robot qui perd sa charge, robot qui n'entend pas ce que le jeune dit, mise à jour pendant les séances, long avant qu'il ouvre) limitent son utilisation. Afin de pallier ces inconvénients, il pourrait être pertinent d'avoir des robots de la même couleur, plutôt qu'un rouge et un bleu. Ainsi, si nous sommes obligés de changer de robot, en raison d'un dysfonctionnement technologique, le jeune ne s'en rendrait pas compte. Il ne serait donc pas déstabilisé par ce changement. Aussi, il pourrait être pertinent de se procurer des batteries de rechange. Il faudrait aussi être en mesure de démarrer préalablement le robot ainsi que la programmation informatique afin de s'assurer que les mises à jour ne se produiront pas pendant la séance d'intervention.

Avant de débiter l'expérimentation, afin de créer la grille d'observation, il a été demandé à l'enseignante d'indiquer les comportements en lien avec les émotions qu'elle aimerait que le jeune améliore ou qu'il mette en place. Il y a donc pu y avoir un biais chez

l'enseignante, lors de la création puis la complétion de cette grille d'observation, car les comportements nommés ont été déterminés de manière subjective, ce qui suggère qu'elle aurait pu orienter ses réponses en lien avec l'étude. Ainsi, ce biais potentiel aurait pu être évité en prédéterminant les comportements à observer de manière objective.

Par ailleurs, certaines émotions (peur, tristesse, dégoût) ont été incorrectement identifiées par le jeune, mais il est possible de se questionner sur la représentation des émotions par le robot. Ainsi, avant de refaire une telle expérimentation, un test de la reconnaissance des émotions choisies, validées avec un grand nombre d'individus (représentants la neurodiversité de la population) pourrait être réalisé afin de déterminer s'ils sont en mesure de reconnaître les émotions présentées. Ainsi, si tel était le cas, nous pourrions considérer que ces émotions ont le potentiel d'être reconnues. Il aurait aussi été très intéressant de tester diverses représentations d'une même émotion. Ainsi, nous aurions pu choisir celle qui était plus souvent et plus facilement associée à l'émotion qu'elle représente.

Le coût du robot NAO est plus important que bien d'autres robots non humanoïdes (Trigo et al., 2019). Il pourrait donc être difficile de l'implanter dans les écoles considérant le budget limité des milieux scolaires. La généralisation de cette étude serait difficile pour une école. En effet, la programmation du robot avait demandé la participation d'un étudiant en informatique, il pourrait donc être difficile pour le personnel scolaire de programmer le robot et l'utilisation du logiciel proposé dans l'étude de Conti et al. (2019)

représentait un investissement de plusieurs milliers de dollars. À cet effet, selon l'étude de Trigo et al. (2019), réalisée à partir de l'analyse de 18 études qui utilisent le robot en éducation, cinq raisons seraient à l'origine de la faible réplique des études impliquant les robots dans les écoles (éducation spécialisée avec des individus présentant un TSA ou des jeunes ayant des troubles d'apprentissage), soit 1) le prix/la disponibilité, 2) la difficulté d'utilisation, 3) le faible éventail d'activités proposées, 4) les moyens limités d'interaction offerts et 5) l'impossibilité d'utiliser différents robots avec le même logiciel aurait été identifiée comme brimant l'adoption des robots dans les écoles après la réalisation des études. L'ensemble de ces enseignants s'entendaient toutefois sur les avantages d'utiliser les robots et ils souhaiteraient les implanter dans leur classe (Trigo et al., 2019). Ainsi, les concepteurs auraient avantage à développer des plateformes plus conviviales et simples d'utilisation. Comme le suggèrent Trigo et al. (2019), il pourrait être intéressant de développer des lignes directrices sur les caractéristiques pour aider à la conception de robots qui répondent aux besoins du milieu scolaire.

Considérations futures

Il serait pertinent d'élaborer des interventions qui permettent aux individus atteints d'un trouble du spectre de l'autisme de palier d'autres difficultés que celle concernant la reconnaissance des émotions.

Certains auteurs Diehl et al. (2012) indiquent qu'il est important de comparer les impacts des interventions avec le robot et sans le robot, et ce, pour le développement des

mêmes types de compétences sociales (ton de la voix, regard, attention, proximité, imitation). De ce fait, il serait intéressant d'élaborer un second programme de développement des compétences sociales qui n'implique pas la technologie robotique. Il serait donc possible de déterminer si la participation du robot comporte des avantages réellement significatifs.

Toutefois, une amélioration de la reconnaissance des émotions est possible avec l'entraînement chez les individus présentant un TSA, mais les interventions doivent être introduites tôt, car la généralisation des acquis d'une situation à l'autre est un déficit connu chez cette population (Kuusikko et al., 2009). L'étude Bölte et al. (2002), réalisé auprès de dix adolescents ayant un TSA et misant sur le développement de la reconnaissance des émotions à l'aide d'un programme sur l'ordinateur (2 heures de formation par semaine pendant 5 semaines) est un exemple d'interventions ayant permis le développement de ces compétences. Cette étude pourrait servir de modèle au développement de solutions technologiques qui pallieraient les difficultés rencontrées par les individus présentant un TSA.

Un seul adolescent participait à l'étude. Ainsi, il est difficile de généraliser les conclusions obtenues avec un si petit nombre d'individus. Il est donc difficile de dire si leurs caractéristiques étaient équivalentes et similaires entre le participant de l'étude modèle et celle actuelle. On ne peut donc pas éliminer les facteurs externes ayant pu influencer les résultats obtenus. Ainsi, il pourrait être intéressant de reprendre cette étude

et de la reproduire avec un plus grand nombre d'individus, enfants, adolescents et adultes atteints d'un trouble du spectre de l'autisme. Ceci nous permettrait aussi de réaliser des analyses quantitatives (plutôt que qualitative) qui se veulent puissantes sur le plan statistique. À cet effet, l'étude de Ozonoff et al. (1990), comparant deux groupes d'enfants ayant un TSA à des groupes témoins (enfants neurotypiques), a révélé que la perception des émotions ne serait probablement pas un déficit principal chez cette population. Ainsi, les déficits trouvés étaient présents dans des domaines affectifs et non affectifs plutôt que dans celui de la perception des émotions. En fait, la preuve de tel déficit n'est pas puissante considérant qu'ils ont été trouvés seulement dans deux des quatre mesures de la batterie expérimentale et seulement lorsque les enfants témoins étaient appariés selon l'âge mental. Cette étude est décrite comme étant très rigoureuse, car les auteurs utilisent de nombreuses façons d'évaluer les capacités de perceptions des émotions et deux groupes contrôles. La conclusion de cette étude laisse présager qu'un tel déficit ne serait pas présent chez tous les individus présentant un TSA, d'où l'importance d'impliquer un plus grand nombre de participants dans une étude future. Toutefois, les adolescents présentant un trouble du spectre de l'autisme représentent une faible partie de la population, il peut donc être plus difficile de les atteindre. En effet, la prévalence brute du TSA chez les enfants et les jeunes de 1 à 17 ans est de 2,0 % au Canada (Agence de la Santé publique du Canada, 2019). Également, en 2015-2016, 560 jeunes de 1 à 24 ans habitant le Saguenay-Lac-Saint-Jean ayant un diagnostic de TSA, ce qui représente une prévalence de 0,9, soient une des plus basses parmi les autres régions sociosanitaires du Québec (Centre intégré de santé et de services sociaux de Laval, 2018). Par ailleurs, une telle étude

nécessite que l'individu atteint d'un TSA participant soit verbal, ce qui peut donc éliminer la possibilité de participer d'une portion de cette population.

Également, il pourrait être intéressant de développer d'autres interventions technologiques en s'inspirant de déficits présents chez les individus atteints d'un TSA. À cet effet, l'attention conjointe est considérée comme un déficit central de l'autisme (Cilia et al., 2018; David et al., 2018). Cette fonction serait décrite comme permettant de prendre conscience que nos gestes et comportements engendrent des réactions chez les autres et elle serait un élément essentiel de la communication sociale (Girardot et al., 2009). Il pourrait donc être intéressant de mettre en place une intervention technologique visant le développement de l'attention conjointe de manière précoce pour les enfants autistes en s'inspirant de l'étude de David et al. (2018), mais auprès d'une population adolescente. Il est donc possible de penser qu'en améliorant cette fonction ainsi que d'autres, les habiletés sociales seraient améliorées, ce qui offre donc une piste future à explorer.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'évaluer si l'intervention technologique de reconnaissance des émotions avec le robot humanoïde NAO avait la capacité d'engendrer une amélioration du score du sous-test *Reconnaissance des affects* chez un adolescent ayant un TSA. Afin d'évaluer l'hypothèse à l'effet qu'il y ait une amélioration du score à cette tâche, une intervention a été réalisée après la première administration de la sous-échelle de *Reconnaissance des affects* du NEPSY-II et la rencontre de familiarisation entre le participant et le robot. L'intervention avec le robot humanoïde NAO consistait en 12 rencontres de 10 minutes pendant 4 semaines (3 rencontres par semaine). Le jeune devait associer l'émotion exprimée par le robot à l'émotion représentée sur les cartons qui étaient disposés devant lui, et ce lors des 6 premières rencontres, ensuite, lors des 6 dernières rencontres, les cartons n'étaient plus étalés devant lui pour l'aider. Après l'intervention, la sous-échelle a été administrée de nouveau. Finalement, l'entrevue individuelle avec l'enseignante a été réalisée quelques jours après la dernière rencontre avec l'adolescent, pour recueillir des informations sur les comportements de reconnaissance des émotions du participant après l'intervention.

Les résultats obtenus suggèrent que l'intervention permet le passage d'une performance inférieure à la moyenne à une performance dans la basse moyenne à la sous-

échelle de Reconnaissance des affects, il y aurait donc une légère amélioration au sous-test, qui ne serait pas généralisée dans le quotidien, selon l'enseignante.

L'hypothèse de départ est validée, car il y a bel et bien une amélioration du score total à la sous-échelle *Reconnaissance des affects* après l'intervention avec le robot. Le jeune a donc présenté une diminution du nombre global d'erreurs commises. L'intervention avec le robot NAO permet donc au participant d'obtenir une légère amélioration de reconnaissance des affects à une échelle de mesure. Toutefois, il est important de demeurer prudent avec ces conclusions, car le nombre d'erreurs ne s'est pas amélioré pour chaque émotion prise individuellement. En effet, il est demeuré le même ou a augmenté pour certaines émotions. Il est possible que ce soit la représentation des émotions créée qui ait biaisé le résultat même si elle a été conçue de manière à être le plus similaire possible aux émotions présentées dans l'étude modèle. Ainsi, si cette étude était répliquée la représentation des émotions fournie par le développeur serait utilisée, et ce, malgré son coût.

Bien que l'utilisation du NAO présente des avantages indéniables en intervention avec les jeunes qui sont atteints d'un trouble du spectre de l'autisme, il possède tout de même des désavantages : coût élevé, difficulté d'implantation dans un contexte scolaire et dysfonctionnements technologiques. Dans le but de contrer certains désavantages comme ceux liés aux coûts, un groupe de développement des habiletés sociales chez des adolescents ayant un TSA dans lequel un humain serait responsable de l'intervention

pourrait être mis en place. Ainsi, selon les ressources financières de l'établissement, l'implication potentielle d'un robot qui agirait à titre de facilitateur pourrait être envisagée, il n'aurait donc pas à être programmé de manière complexe et les bénéfices à son utilisation seraient conservés.

En fait, les robots ont des applications multiples et leurs bénéfices sont nombreux. Ils peuvent ainsi permettre de pallier certains déficits propres aux individus ayant un TSA en favorisant, entre autres, le développement de comportements sociaux. Les robots représentent une voie très prometteuse en ce qui concerne l'intervention avec les enfants et les adolescents atteints d'un TSA.

Références

Agence de la Santé publique du Canada. (2018). *Trouble du spectre de l'autisme chez les enfants et les adolescents au Canada 2018 Un rapport du système national de surveillance du trouble du spectre de l'autisme*
<https://www.canada.ca/content/dam/phacaspc/documents/services/publications/diseases-conditions/autism-spectrum-disorder-children-youth-canada-2018/trouble-spectre-autisme-enfants-adolescents-canada-2018.pdf>

Agence de la Santé publique du Canada. (2019). *Trouble du spectre de l'autisme: Faits saillants de l'enquête canadienne sur la santé des enfants et des jeunes de 2019*.
<https://www.canada.ca/content/dam/phacaspc/documents/services/publications/diseases-conditions/autism-spectrum-disorder-canadian-health-survey-children-youth-2019/trouble-spectre-autisme-enquete-sante-canadienne-enfants-jeunes-2019.pdf>

Aldebaran & United Robotics Group. (2022). *NAO 6*. Repéré le 18 novembre à
<https://www.aldebaran.com/fr/nao>

Alloway, T., Runac, R., Quershi, M., & Kemp, G. (2014). Is Facebook linked to selfishness? Investigating the relationships among social media use, empathy, and narcissism. *Social Networking, 2014*.

American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5: manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (M.A. Crocq, & J.D. Guelfi, trad.; 5e éd.). Elsevier Mason. (Ouvrage original publié en 2013).

Andanson, J., Pourre, F., Maffre, T., & Raynaud, J.-P. (2011). Les groupes d'entraînement aux habiletés sociales pour enfants et adolescents avec syndrome d'Asperger: revue de la littérature. *Archives de pédiatrie, 18(5)*, 589-596.

Aresti-Bartolome, N., & Garcia-Zapirain, B. (2014). Technologies as Support Tools for Persons with Autistic Spectrum Disorder: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health, 11(8)*, 7767-7802.

- Ashwin, C., Chapman, E., Colle, L., & Baron-Cohen, S. (2006). Impaired recognition of negative basic emotions in autism: A test of the amygdala theory. *Social neuroscience, 1*(3-4), 349-363.
- Back, E., Ropar, D., & Mitchell, P. (2007). Do the eyes have it? Inferring mental states from animated faces in autism. *Child development, 78*(2), 397-411.
- Baron-Cohen, S. (1991). Do people with autism understand what causes emotion ? C. *Child Development, 62*, 385-395.
- Baron-Cohen, S. (2006). Empathy. *Psychologist, 19*(9), 536-537.
- Baron-Cohen, S., Golan, O., & Ashwin, E. (2009). Can emotion recognition be taught to children with autism spectrum conditions? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364*(1535), 3567-3574.
- Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a “theory of mind”? *Cognition, 21*(1), 37-46.
- Baron-Cohen, S., Spitz, A., & Cross, P. (1993). Do children with autism recognise surprise? A research note. *Cognition & Emotion, 7*(6), 507-516.
- Bastien, R., Garnier, P., Haelewyck, M.-C., Judge, H., Martin, J.-C., Sellers, T., & Thommen, E. (2018). *Autisme et nouvelles technologies: témoignages des parents, professionnels et enfants autistes sur les usages numériques. . Rapport inter-pays.*
- Bauminger, N. (2002). The facilitation of social-emotional understanding and social interaction in high-functioning children with autism: Intervention outcomes. *Journal of autism and developmental disorders, 32*(4), 283-298.
- Beck, A., Cañamero, L., & Bard, K. A. (2010). *Towards an affect space for robots to display emotional body language.* 19th International symposium in robot and human interactive communication. IEEE.
- Beck, A., Cañamero, L., Hiolle, A., Damiano, L., Cosi, P., Tesser, F., & Sommavilla, G. (2013). Interpretation of emotional body language displayed by a humanoid robot: A case study with children. *International Journal of Social Robotics, 5*, 325-334.

- Bertrand, J.-A., Chartrand, J.-P., Lemay, S., & Saj, A. (2022). *Descripteurs des résultats de tests neuropsychologiques* Association québécoise des neuropsychologues. <https://aqnp.ca/outils/enonce-aqnp-libelles-2022/>
- Bölte, S., Feineis-Matthews, S., Leber, S., Dierks, T., Hubl, D., & Poustka, F. (2002). The development and evaluation of a computer-based program to test and to teach the recognition of facial affect. *International journal of circumpolar health*, 61(sup2), 61-68.
- Bon, L., Lesur, A., Hamel-Desbruères, A., Gaignard, D., Abadie, P., Moussaoui, E., Guillery-Girard, B., Guérolé, F., & Baleyte, J.-M. (2016). Cognition sociale et autisme: bénéfices de l'entraînement aux habiletés sociales chez des adolescents présentant un trouble du spectre de l'autisme. *Revue de neuropsychologie*, 8(1), 38-48.
- Boraston, Z., Blakemore, S.-J., Chilvers, R., & Skuse, D. (2007). Impaired sadness recognition is linked to social interaction deficit in autism. *Neuropsychologia*, 45(7), 1501-1510.
- Boulanger, C., & Lançon, C. (2006). L'empathie : réflexions sur un conceptEmpathy: Reflexions on a concept. *Annales Médico-psychologiques, revue psychiatrique* 164, 497-505. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.amp.2006.05.001>
- Brooks, B. L., Sherman, E. M., & Strauss, E. (2009). NEPSY-II: A developmental neuropsychological assessment. *Child Neuropsychology*, 16(1), 80-101.
- Cabibihan, J.-J., Javed, H., Ang, M., & Aljunied, S. M. (2013). Why robots? A survey on the roles and benefits of social robots in the therapy of children with autism. *International journal of social robotics*, 5(4), 593-618.
- Cashin, A., & Barker, P. (2009). The triad of impairment in autism revisited. *Journal of Child and Adolescent Psychiatric Nursing*, 22(4), 189-193.
- Celani, G., Battacchi, M. W., & Arcidiacono, L. (1999). The understanding of the emotional meaning of facial expressions in people with autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 29(1), 57-66.
- Centre intégré de santé et de services sociaux de Laval. (2018). Les troubles du spectre de l'autisme (TSA) à Laval: Prévalence et incidence du TSA pour la population de 1 à 24 ans https://www.lavalensante.com/fileadmin/internet/cisss_laval/Documentation/

[Sante publique/Profils et portraits/Portraits/Portrait du TSA Laval FINAL.pdf](#)

- Chen, J., & Xiao, C.-P. (2017). Application of robot in intervention for autistic children. / Application of robot in intervention for autistic children. *Chinese Journal of Clinical Psychology, 25*(4), 789–792.
- Church, B. A., Rice, C. L., Dovgopoly, A., Lopata, C. J., Thomeer, M. L., Nelson, A., & Mercado, E. (2015). Learning, plasticity, and atypical generalization in children with autism. *Psychonomic Bulletin & Review, 22*, 1342-1348.
- Cilia, F., Garry, C., Brisson, J., & Vandromme, L. (2018). Attention conjointe et exploration visuelle des enfants au développement typique et avec TSA: synthèse des études en oculométrie. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 66*(5), 304-314.
- Claes, M., & Lannegrand-Willems, L. (2014). *La psychologie de l'adolescence*. JSTOR.
- Cohen, I., Looije, R., & Neerincx, M. A. (2011). *Child's recognition of emotions in robot's face and body*. Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction.
- Conti, D., Trubia, G., Buono, S., Di Nuovo, S., & Di Nuovo, A. (2019). Affect Recognition in Autism: A single case study on integrating a humanoid robot in a standard therapy. *Qwerty-Open and Interdisciplinary Journal of Technology, Culture and Education, 14*(2), 66-87.
- Corden, B., Chilvers, R., & Skuse, D. (2008). Avoidance of emotionally arousing stimuli predicts social-perceptual impairment in Asperger's syndrome. *Neuropsychologia, 46*(1), 137-147.
- Cored Bandrés, S., Vázquez Toledo, S., & Liesa Orús, M. (2022). Social skills, autism and technologies: An analysis of the effectiveness of this triad. *Education and Information Technologies, 1*-20.
- Costa, S., Santos, C., Soares, F., Ferreira, M., & Moreira, F. (2010). *Promoting interaction amongst autistic adolescents using robots*. 2010 annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology. IEEE.

- Crick, N. R., & Dodge, K. A. (1994). A review and reformulation of social information-processing mechanisms in children's social adjustment. *Psychological bulletin*, *115*(1), 74.
- Critchley, H. D., Daly, E. M., Bullmore, E. T., Williams, S. C., Van Amelsvoort, T., Robertson, D. M., Rowe, A., Phillips, M., McAlonan, G., & Howlin, P. (2000). The functional neuroanatomy of social behaviour: changes in cerebral blood flow when people with autistic disorder process facial expressions. *Brain*, *123*(11), 2203-2212.
- David, D. O., Costescu, C. A., Matu, S., Szentagotai, A., & Dobrean, A. (2018). Developing joint attention for children with autism in robot-enhanced therapy. *International Journal of Social Robotics*, *10*, 595-605.
- Davidson, J., & Orsini, M. (2013). *Worlds of autism : across the spectrum of neurological difference*. University of Minnesota Press.
- Delai, P. (2014). *Utilisation des TIC dans le domaine de l'autisme pour favoriser la communication et la reconnaissance des émotions*. Haute école pédagogique BEJUNE.
- Denervaud, S., Franchini, M., Gentaz, E., & Sander, D. (2017). Les émotions au cœur des processus d'apprentissage. *La pédagogie spécialisée à l'épreuve des neurosciences*, 20-25.
- Diehl, J. J., Schmitt, L. M., Villano, M., & Crowell, C. R. (2012). The clinical use of robots for individuals with Autism Spectrum Disorders: A critical review. *Research in autism spectrum disorders*, *6*(1), 249-262. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rasd.2011.05.006>
- Duris, O. (2020). De la tablette numérique au robot compagnon: nouvelles médiations thérapeutiques dans la prise en charge des enfants « TSA ». *Psychologie clinique*, (1), 59-71.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1976). Measuring facial movement. *Environmental psychology and nonverbal behavior*, *1*(1), 56-75.
- Erden, M. S., & Tapus, A. (2010). *Postural expressions of emotions in a humanoid robot for assistive applications*. Poster paper in workshop on learning for human–robot interaction modeling under the conference of robotics science and systems-RSS.

Fédération québécoise de l'autisme. (2021). *Qu'est-ce que l'autisme?* <https://www.autisme.qc.ca/comprendre/quest-ce-que-le-tsa.html>

Garnier, P. (2017). Autisme et Nouvelles Technologies. Revue de littérature sur les questions de l'usage des outils numériques dans l'aide à la communication non verbale et à l'interaction sociale chez les personnes avec des troubles du spectre de l'autisme (TSA).

Gerlach, A. J. (2012). A critical reflection on the concept of cultural safety. *Canadian Journal of Occupational Therapy, 79*(3), 151-158.

Girardot, A., De Martino, S., Rey, V., & Poinso, F. (2009). Étude des relations entre l'imitation, l'interaction sociale et l'attention conjointe chez les enfants autistes. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence, 57*(4), 267-274.

Goldsmith, & LeBlanc. (2004). Use of technology in interventions for children with autism. *Journal of Early and Intensive Behavior Intervention, 1*(2), 166.

Greczek, J., Swift-Spong, K., & Matarić, M. (2011). *Using Eye Shape to Improve Affect Recognition on a Humanoid Robot with Limited Expression.*

Grossard, C., & Grynszpan, O. (2015). Entraînement des compétences assistées par les technologies numériques dans l'autisme : une revue. *Enfance, 1*, 67-85.

Harmsen, I. E. (2019). Empathy in autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 49*(10), 3939-3955.

Hobson, R. P. (1986). The autistic child's appraisal of expressions of emotion. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 27*(3), 321-342.

Howard, M. A., Cowell, P. E., Boucher, J., Broks, P., Mayes, A., Farrant, A., & Roberts, N. (2000). Convergent neuroanatomical and behavioural evidence of an amygdala hypothesis of autism. *Neuroreport, 11*(13), 2931-2935.

Huijnen, C. A. G. J., Lexis, M. A. S., Jansens, R., & Witte, L. P. d. (2016). Mapping Robots to Therapy and Educational Objectives for Children with Autism Spectrum Disorder. *Journal of autism and developmental disorders, 46*(6), 2100-2114.

Humphreys, K., Minshew, N., Leonard, G. L., & Behrmann, M. (2007). A fine-grained analysis of facial expression processing in high-functioning adults with autism. *Neuropsychologia, 45*(4), 685-695.

- Izard, C., Fine, S., Schultz, D., Mostow, A., Ackerman, B., & Youngstrom, E. (2001). EMOTION KNOWLEDGE AS A PREDICTOR OF SOCIAL BEHAVIOR AND ACADEMIC COMPETENCE IN CHILDREN AT RISK. *PSYCHOLOGICAL SCIENCE*. <https://doi.org/https://doi-org.sbiproxy.ugac.ca/10.1111/1467-9280.00304>
- Keifer, C. M., Mikami, A. Y., Morris, J. P., Libsack, E. J., & Lerner, M. D. (2020). Prediction of social behavior in autism spectrum disorders: Explicit versus implicit social cognition. *Autism*, 24(7), 1758-1772. <https://doi.org/10.1177/1362361320922058>
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *NEPSY II: Clinical and interpretive manual*. Harcourt Assessment, PsychCorp.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2012). Bilan neuropsychologique de l'enfant, Seconde Edition: NEPSY II. Paris: Les Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Kumazaki, H., Warren, Z., Swanson, A., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Takahashi, H., Sarkar, N., Ishiguro, H., Mimura, M., & Minabe, Y. (2018). Can robotic systems promote self-disclosure in adolescents with autism spectrum disorder? A pilot study. *Frontiers in psychiatry*, 9, 36.
- Kuusikko, S., Haapsamo, H., Jansson-Verkasalo, E., Hurtig, T., Mattila, M.-L., Ebeling, H., Jussila, K., Bölte, S., & Moilanen, I. (2009). Emotion recognition in children and adolescents with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 39, 938-945.
- Lacroix, A., Guidetti, M., Rogé, B., & Reilly, J. (2009). Recognition of emotional and nonemotional facial expressions: A comparison between Williams syndrome and autism. *Research in developmental disabilities*, 30(5), 976-985.
- Lebersfeld, J. B. (2018). *Effectiveness of a Robot Social Skills Therapy for Children with an Autism Spectrum Disorder*. The University of Alabama at Birmingham.
- Lekova, A., Tanev, T., Vassileva-Aleksandrova, V., Kostova, S., Dachkinov, P., & Bouattane, O. (2019). Social Robots for Reinforcing Attention and Forming Emotional Knowledge of Children with Special Educational Needs. *International Journal of Information Science & Technology*, 3(6).
- Linert, J., & Kopacek, P. (2018). Humanoid robots robotainment. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 220-225.

- Lopez-Rincon, A. (2019). *Emotion recognition using facial expressions in children using the NAO Robot*. International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)
- Loveland, K. A. (2005). Social-emotional impairment and self-regulation in autism spectrum disorders. *Emotional development: Recent research advances*, 365-382.
- Macdonald, H., Rutter, M., Howlin, P., Rios, P., Conteur, A. L., Evered, C., & Folstein, S. (1989). Recognition and expression of emotional cues by autistic and normal adults. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 30(6), 865-877.
- Maisonnier, B. (2012). Des robots humanoïdes multi-applications: le Nao et ses successeurs. *Annales des Mines-Realites industrielles*, 1, 86-93.
- Malik, N. A., Shamsuddin, S., Yussof, H., Miskam, M. A., & Hamid, A. C. (2013). *Feasibility of using a humanoid robot to elicit communicational response in children with mild autism*. 5th International Conference on Mechatronics (ICOM'13), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Marino, F., Chilà, P., Sfrassetto, S. T., Carrozza, C., Crimi, I., Failla, C., Busà, M., Bernava, G., Tartarisco, G., & Vagni, D. (2020). Outcomes of a robot-assisted social-emotional understanding intervention for young children with autism spectrum disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 50(6), 1973-1987.
- Mazon, C., Fage, C., & Sauzéon, H. (2019). Effectiveness and usability of technology-based interventions for children and adolescents with ASD: A systematic review of reliability, consistency, generalization and durability related to the effects of intervention. *Computers in Human Behavior*, 93, 235–251. <https://doi.org/https://doi-org.sbiproxy.ugac.ca/10.1016/j.chb.2018.12.001>
- Michelson, L., Sugai, D. P., Wood, R. P., & Kazdin, A. E. (2013). *Social skills assessment and training with children: An empirically based handbook*. Springer Science & Business Media.
- Misra, S., Cheng, L., Genevie, J., & Yuan, M. (2016). The iPhone effect: The quality of in-person social interactions in the presence of mobile devices. *Environment and Behavior*, 48(2), 275-298.

- O'Brien, E. H., Hsing, C., & Konrath, S. (2010). *Changes in dispositional empathy over time in American college students: A meta-analysis*. Association for Psychological Science Annual convention.
- Ozonoff, S., Pennington, B. F., & Rogers, S. J. (1990). Are there emotion perception deficits in young autistic children? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 31(3), 343-361.
- Participate! (2022). *Des points forts*. <https://www.participe-autisme.be/go/fr/comprendre-l-autisme/vivre-avec-autisme/des-points-forts.cfm>
- Pelphrey, K. A., Sasson, N. J., Reznick, J. S., Paul, G., Goldman, B. D., & Piven, J. (2002). Visual scanning of faces in autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 32(4), 249-261.
- Pierce, K., Müller, R.-A., Ambrose, J., Allen, G., & Courchesne, E. (2001). Face processing occurs outside the fusiformface area'in autism: evidence from functional MRI. *Brain*, 124(10), 2059-2073.
- Piggot, J., Kwon, H., Mobbs, D., Blasey, C., Lotspeich, L., Menon, V., Bookheimer, S., & Reiss, A. L. (2004). Emotional attribution in high-functioning individuals with autistic spectrum disorder: a functional imaging study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 43(4), 473-480.
- Pop, C. A., Simut, R., Pinte, S., Saldien, J., Rusu, A., David, D., Vanderfaeillie, J., Lefeber, D., & Vanderborght, B. (2013). Can the social robot Probo help children with autism to identify situation-based emotions? A series of single case experiments. *International Journal of Humanoid Robotics*, 10(03). <https://doi.org/https://doi.org/10.1142/S0219843613500254>
- Prinz, J. (2004). Which emotions are basic. *Emotion, evolution, and rationality*, 69, 88.
- Rasouli, S., Gupta, G., Ghafurian, M., & Dautenhahn, K. (2022). *Proposed Applications of Social Robots in Interventions for Children and Adolescents with Social Anxiety*. Sixteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction.
- Ricks, D. J., & Colton, M. B. (2010). *Trends and considerations in robot-assisted autism therapy*. 2010 IEEE international conference on robotics and automation. IEEE.

- Robert, M. (1988). *Fondements et étapes de la recherche scientifique en psychologie*. St-Hyacinthe, Québec: Edisem.
- Robinson, A. (2018). Emotion-focused therapy for autism spectrum disorder: a case conceptualization model for trauma-related experiences. *Journal of contemporary psychotherapy*, 48(3), 133-143.
- Sakka, S., & Gaboriau, R. (2017). A Robotic “Puppet Master” Application to ASD Therapeutic Support. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 11(8), 1502-1510.
- Sanchez, É., & Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. Un paradigme méthodologique pour prendre en compte la complexité des situations d’enseignement-apprentissage. *Éducation et didactique*, (9-2), 73-94.
- Schindler, K., Van Gool, L., & De Gelder, B. (2008). Recognizing emotions expressed by body pose: A biologically inspired neural model. *Neural networks*, 21(9), 1238-1246.
- Shamsuddin, S., Yussof, H., Ismail, L. I., Mohamed, S., Hanapiah, F. A., & Zahari, N. I. (2012). Initial response in HRI-a case study on evaluation of child with autism spectrum disorders interacting with a humanoid robot Nao. *Procedia Engineering*, 41, 1448-1455.
- Shamsuddin, S., Yussof, H., Miskam, M. A., Hamid, A. C., Malik, N. A., & Hashim, H. (2013). *Humanoid robot NAO as HRI mediator to teach emotions using game-centered approach for children with autism*. HRI 2013 workshop on applications for emotional robots.
- Shimaya, J., Yoshikawa, Y., Matsumoto, Y., Kumazaki, H., Ishiguro, H., Mimura, M., & Miyao, M. (2016). *Advantages of indirect conversation via a desktop humanoid robot: Case study on daily life guidance for adolescents with autism spectrum disorders*. 2016 25th IEEE international symposium on robot and human interactive communication (RO-MAN). IEEE.
- Silton, N. R. (2014). *Innovative technologies to benefit children on the autism spectrum*. IGI Global.
- Tardif, C. (2006). Autisme: problèmes sociaux, communicatifs et émotionnels à l’adolescence. *Le Bulletin scientifique de l’ARAPI*, 18, 32-37.

- Teunisse, J.-P., & Gelder, B. D. (1994). Do autistics have a generalized face processing deficit? *International Journal of Neuroscience*, 77(1-2), 1-10.
- Trigo, M. J. G., Standen, P. J., & Cobb, S. V. G. (2019). Robots in special education: reasons for low uptake. *Journal of Enabling Technologies*, 13(2), 59-69.
- Tse, J., Strulovitch, J., Tagalakis, V., Meng, L., & Fombonne, E. (2007). Social skills training for adolescents with Asperger syndrome and high-functioning autism. *Journal of autism and developmental disorders*, 37(10), 1960-1968.
- Uljarevic, M., & Hamilton, A. (2013). Recognition of Emotions in Autism: A Formal Meta-Analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders* 43, 1517–1526 (2013). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10803-012-1695-5>
- Wallace, S., Coleman, M., & Bailey, A. (2008). An investigation of basic facial expression recognition in autism spectrum disorders. *Cognition and Emotion*, 22(7), 1353-1380.
- White, S. W., Keonig, K., & Scahill, L. (2007). Social Skills Development in Children with Autism Spectrum Disorders: A Review of the Intervention Research. *Journal of Autism and Developmental Disorders volume*, 37, 1858–1868.
- Yao, S.-Y., Bull, R., Khng, K. H., & Rahim, A. (2018). Psychometric properties of the NEPSY-II affect recognition subtest in a preschool sample: a Rasch modeling approach. *The Clinical Neuropsychologist*, 32(1), 63-80.
- Yirmiya, N., Sigman, M. D., Kasari, C., & Mundy, P. (1992). Empathy and cognition in high-functioning children with autism. *Child development*, 63(1), 150-160.
- Zhan, S., & Ottenbacher, K. J. (2001). Single subject research designs for disability research. *Disability and rehabilitation*, 23(1), 1-8.
- Zhang, Y., Song, W., Tan, Z., Zhu, H., Wang, Y., Lam, C. M., Weng, Y., Hoi, S. P., Lu, H., & Chan, B. S. M. (2019). Could social robots facilitate children with autism spectrum disorders in learning distrust and deception? *Computers in Human Behavior*, 98, 140-149.

Appendice A

Outil de recrutement (parents)

EXPLICATION DU PROJET

TITRE DU PROJET : Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)

RESPONSABLE(S) DU PROJET : Julie Bouchard, Ph. D., Professeur en neuropsychologie clinique, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Dans le cadre du présent projet de recherche, nous voulons évaluer si le petit robot humanoïde Nao peut participer à l'amélioration de la reconnaissance des émotions et la généralisation dans divers contextes sociaux, à l'aide d'un programme de reconnaissance des émotions auprès d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)³. Afin d'y arriver nous comparerons la performance des participants (vos adolescents) dans une tâche de « Reconnaissance des affects » avant et après la réalisation du programme de reconnaissance des émotions. Aussi, afin de vérifier si les comportements de reconnaissance émotionnelle sont généralisés à d'autres contextes sociaux, nous utiliserons une grille d'observation développée avec le milieu scolaire et remplie par vous, les enseignants et les divers intervenants du milieu scolaire, afin de voir

³ Pour la présente étude, le niveau de TSA et le type d'atteintes du langage importent peu étant donné le petit nombre de sujets et que l'étude est descriptive. L'important est qu'ils soient verbaux et qu'ils fréquentent le milieu scolaire. Ces informations seront décrites dans les résultats de l'étude.

si des améliorations sont visibles dans les comportements liés aux habiletés sociales de votre jeune à la suite du programme. Plus précisément, si vous acceptez que votre jeune prenne part à ce projet de recherche, sa participation consistera à se présenter dans un local de son école secondaire, durant ses heures de cours, afin de réaliser 2 rencontres de familiarisation avec le robot Nao et 12 rencontres de 10 à 20 minutes d'intervention avec le robot Nao. Votre participation sera aussi sollicitée afin de remplir une grille d'observation et de participer à un groupe de discussion composé des parents et de l'équipe de recherche à la fin de l'expérimentation. Bien entendu, les règles pandémiques en vigueur à ce moment seront respectées (distanciation sociale, port du masque et désinfection, etc.).

Les critères d'inclusion à l'étude (et appliquées par les intervenants du milieu scolaire ayant recruté les jeunes) sont les suivants :

- Adolescents TSA verbaux
- 12-16 ans

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- Adolescents TSA non verbaux

vous remercions de l'intérêt que vous portez à la recherche et espérons vous compter parmi nos participant(e)s!

Appendice B

Outil de recrutement (intervenants)

EXPLICATION DU PROJET

TITRE DU PROJET : Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)

RESPONSABLE(S) DU PROJET : Julie Bouchard, Ph. D., Professeur en neuropsychologie clinique, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Dans le cadre du présent projet de recherche, nous voulons évaluer si le petit robot humanoïde Nao peut participer à l'amélioration de la reconnaissance des émotions et la généralisation dans divers contextes sociaux, à l'aide d'un programme de reconnaissance des émotions auprès d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)⁴. Afin d'y arriver nous comparerons la performance des participants (adolescents) dans une tâche de « Reconnaissance des affects » avant et après la réalisation du programme de reconnaissance des émotions. Aussi, afin de vérifier si les comportements de reconnaissance émotionnelle sont généralisés à d'autres contextes sociaux, nous utiliserons une grille d'observation développée et remplie par vous (les divers autres intervenants du milieu scolaire et les enseignants), afin de voir si des améliorations sont

⁴ Pour la présente étude, le niveau de TSA et le type d'atteintes du langage importent peu étant donné le petit nombre de sujets et que l'étude est descriptive. L'important est qu'ils soient verbaux et qu'ils fréquentent le milieu scolaire. Ces informations seront décrites dans les résultats de l'étude.

visibles dans les comportements liés aux habiletés sociales du jeune à la suite du programme. Plus précisément, la participation du jeune consistera à se présenter dans un local de son école secondaire, durant ses heures de cours, afin de réaliser 2 rencontres de familiarisation avec le robot Nao et 12 rencontres de 10 à 20 minutes d'intervention avec le robot Nao. Votre participation sera aussi sollicitée afin de remplir une grille d'observation et de participer à un groupe de discussion composé de tous les intervenants du milieu scolaire et de l'équipe de recherche à la fin de l'expérimentation. Bien entendu, les règles pandémiques en vigueur à ce moment seront respectées (distanciation sociale, port du masque et désinfection, etc.).

Les critères d'inclusion à l'étude (et appliquées par les intervenants du milieu scolaire ayant recruté les jeunes) sont les suivants :

- Adolescents TSA verbaux
- 12-16 ans

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- Adolescents TSA non verbaux

Nous vous remercions de l'intérêt que vous portez à la recherche et espérons vous compter parmi nos participant(e)s!

Appendice C

Outil de recrutement (adolescent)

EXPLICATION DU PROJET

TITRE DU PROJET : Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)

RESPONSABLE(S) DU PROJET : Julie Bouchard, Ph. D., Professeur en neuropsychologie clinique, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Dans le cadre du présent projet de recherche, nous voulons évaluer si le petit robot humanoïde Nao peut participer à l'amélioration de la reconnaissance des émotions et la généralisation dans divers contextes sociaux, à l'aide d'un programme de reconnaissance des émotions auprès d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)⁵. Afin d'y arriver nous comparerons ta performance dans une tâche de « Reconnaissance des affects » avant et après la réalisation du programme de reconnaissance des émotions. Aussi, afin de vérifier si tes comportements de reconnaissance émotionnelle sont généralisés à d'autres contextes sociaux, nous utiliserons une grille d'observation développée avec le milieu scolaire et remplie par tes parents, tes enseignants et les divers intervenants de ton milieu scolaire, afin de voir si des améliorations sont visibles

⁵ Pour la présente étude, le niveau de TSA et le type d'atteintes du langage importent peu étant donné le petit nombre de sujets et que l'étude est descriptive. L'important est qu'ils soient verbaux et qu'ils fréquentent le milieu scolaire. Ces informations seront décrites dans les résultats de l'étude.

dans tes comportements liés aux habiletés sociales à la suite du programme. Plus précisément, si tu acceptes de prendre part à ce projet de recherche, ta participation consistera à te présenter dans un local de ton école secondaire, durant tes heures de cours, afin de réaliser 2 rencontres de familiarisation avec le robot Nao et 12 rencontres de 10 à 20 minutes d'intervention avec le robot Nao. Bien entendu, les règles pandémiques en vigueur à ce moment seront respectées (distanciation sociale, port du masque et désinfection, etc.).

Les critères d'inclusion à l'étude (et appliquées par les intervenants du milieu scolaire ayant recruté les jeunes) sont les suivants :

- Adolescents TSA verbaux
- 12-16 ans

Les critères d'exclusion sont les suivants :

- Adolescents TSA non verbaux

Nous te remercions de l'intérêt que tu portes à la recherche et espérons te compter parmi nos participant(e)s!

Appendice D

Formulaire de consentement (parents/tuteur/adolescent)

**FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT
CONCERNANT LA PARTICIPATION
(PARENTS/TUTEUR/ADOLESCENTS)**

1 TITRE DU PROJET

Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)

2 RESPONSABLES DU PROJET DE RECHERCHE

**2.1 Chercheurs responsables
du projet**

Julie Bouchard, Ph. D., Professeur en neuropsychologie clinique, Université du Québec
à Chicoutimi (UQAC)

Sébastien Gaboury, Ph. D., Professeur adjoint en mathématique, Université du Québec
à Chicoutimi (UQAC)

2.2 Cochercheur

Camille Harvey, Ba. psy, candidate au D. Psy

3 FINANCEMENT

Ce projet est financé par le Consortium Régional de Recherche en Éducation (CRRE), le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FRQNT).

4 PRÉAMBULE

Nous sollicitons la participation de votre enfant à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable du projet ou aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

5 NATURE, OBJECTIFS ET DÉROULEMENT DU PROJET DE RECHERCHE

5.1 Description du projet de recherche

Dans le cadre du présent projet de recherche, nous voulons évaluer si le petit robot humanoïde Nao peut participer à l'amélioration de la reconnaissance des émotions et la généralisation dans divers contextes sociaux, à l'aide d'un programme de reconnaissance des émotions auprès d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)⁶. Afin d'y arriver, nous comparerons la performance individuelle de chacun des adolescents (vos enfants) dans une tâche de « Reconnaissance des affects » avant et après la réalisation du programme de reconnaissance des émotions. Aussi, afin de vérifier si les comportements de reconnaissance émotionnelle sont généralisés à d'autres contextes sociaux, nous utiliserons une grille d'observation développée avec le milieu scolaire et remplie de manière individuelle par vous, les enseignants et les divers intervenants du milieu scolaire, afin de voir si des améliorations sont visibles dans les comportements liés aux habiletés sociales de votre jeune à la suite de la réalisation du programme.

5.2 Déroulement

Si vous acceptez que votre enfant prenne part à ce projet de recherche, sa participation consistera à se présenter dans un local de son école secondaire, durant ses heures de cours, afin de réaliser 2 rencontres de familiarisation avec le robot Nao, 2 rencontres servant à administrer le sous-test de « Reconnaissance des affects » (une fois avant et une fois après l'expérimentation, soit le bloc de 12 séances d'intervention avec le robot Nao) et 12 rencontres de 10 à 20 minutes d'intervention avec le robot Nao. L'ensemble du projet se déroulera dans le milieu scolaire de votre adolescent, plus spécifiquement dans un local préalablement défini qui vous sera communiqué dans les jours entourant le début du projet (à déterminer). Votre participation sera aussi sollicitée afin de compléter à deux reprises soit au début et à la fin du projet, une grille d'observation (durée de 10-15 minutes). Nous vous demanderons également, de participer à un groupe de discussion composé de vous et de l'équipe de recherche (durée de 30 minutes) à la fin du projet. Bien entendu, les règles pandémiques en vigueur à ce moment seront respectées (distanciation sociale, port du masque et désinfection, etc.).

De manière précise, l'expérimentation se déroulera comme suit :

Phase 1 : Présentation du projet aux parents et grille d'observation des comportements (une rencontre)

Lors de la première rencontre qui se déroulera dans un local de l'école secondaire de votre enfant, vous serez invité à participer à la présentation du projet (rencontre comprenant vous, les enseignants visés et l'équipe de recherche) d'une durée approximative de 30 minutes. Ensuite, nous vous demanderons de remplir la grille d'observation (durée 10-15 minutes) de manière individuelle, afin de dresser un portrait des habiletés sociales de votre jeune. Aucun enregistrement audio ou vidéo ne sera réalisé.

Phase 2 : Expérimentations en laboratoire

⁶ Pour la présente étude, le niveau de TSA et le type d'atteintes du langage importent peu étant donné le petit nombre de sujets et que l'étude est descriptive. L'important est qu'ils soient verbaux et qu'ils fréquentent le milieu scolaire. Ces informations seront décrites dans les résultats de l'étude.

Expérimentation A : Administration du sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II (une rencontre de 10-15 minutes)

Cette rencontre impliquera uniquement votre enfant et l'assistante de recherche. Au cours de celle-ci, le sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II sera administré selon les consignes du manuel du test par une assistante de recherche pour une durée de 10-15 minutes.

Expérimentation B : Familiarisation avec le robot (2 rencontres de 10-20 minutes sur deux semaines)

Votre enfant sera mis en contact avec le robot à deux reprises, durant 10-20 minutes, afin qu'il puisse interagir avec lui de la manière qu'il le souhaite, sous la supervision de l'assistante de recherche et/ou de l'intervenant scolaire. Ceci permettra à votre enfant de se familiariser avec le robot dans l'optique qu'il ne soit pas surpris par celui-ci lors de l'expérimentation.

Expérimentation C : Interventions avec le robot humanoïde Nao\ Programme de reconnaissance des émotions (12 rencontres de 10-15 minutes, sur 4 semaines, 3 rencontres par semaine)

Lors de ces rencontres, des images représentant des visages mimant les cinq émotions ainsi qu'un carton représentant un visage neutre seront placées devant votre jeune sur la table en face de laquelle il sera assis. Après avoir regardé le robot mimer une émotion, il devra associer ce que le robot a mimé à l'émotion que cela représente sur les cartons devant lui. Les cartons seront utilisés les trois premières semaines, ensuite ils seront enlevés et l'enfant devra nommer lui-même les émotions, afin de favoriser son autonomie. Cette procédure sera répétée trois fois au cours de chacune des rencontres d'une durée de 10 à 15 minutes chacune.

Les douze rencontres d'intervention réalisées avec votre adolescent seront soumises à un enregistrement audio à l'aide d'une enregistreuse. Ceci a pour but de faciliter l'analyse des résultats. Ces enregistrements seront codifiés et conservés dans un ordinateur verrouillé auquel seuls les chercheurs du projet ont accès, le nom de votre enfant ne sera jamais divulgué.

Expérimentation D: Administration du sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II (une rencontre de 10-15 minutes)

Cette rencontre impliquera uniquement votre enfant et l'assistante de recherche. Au cours de celle-ci, le sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II sera administré de nouveau selon les consignes du manuel du test par une assistante de recherche pour une durée de 10-15 minutes.

Phase 3 : Groupes de discussion avec les parents, les intervenants du milieu scolaire et les enseignants et grille d'observation des comportements (une rencontre)

Afin de recueillir des informations sur l'impact des interventions sur les comportements de reconnaissance des émotions de votre enfant, vous serez sollicités de nouveau afin de participer au groupe de discussion, d'une durée approximative de 30 minutes, composé de vous et de l'équipe de recherche et pour remplir la grille d'observation des comportements (durée 10-15 minutes) de manière individuelle dans un local destiné à cet effet afin de mentionner les comportements de reconnaissance émotionnelle que votre enfant présente ou

non. Aucun enregistrement audio ou vidéo ne sera réalisé. Un autre groupe de discussion différent réunira les intervenants scolaires et les chercheurs.

6 AVANTAGES, RISQUES ET/OU INCONVÉNIENTS ASSOCIÉS AU PROJET DE RECHERCHE

Les principaux bénéfices de cette recherche concernent l'acquisition de nouvelles connaissances sur le plan des habiletés sociales par votre enfant et vous-même.

La recherche entraîne un risque qui est minimal. Les stratégies prises pour diminuer la vulnérabilité sont nombreuses. Ainsi, il y a des rencontres de familiarisation avec le robot, l'étude est réalisée avec les intervenants scolaires connus par votre jeune, il s'agit d'interventions qui peuvent être travaillées par d'autres moyens dans la scolarisation régulière des jeunes, les jeunes demeurent dans leur milieu scolaire et lors de la participation à cette étude les jeunes recevront l'ensemble des interventions qu'ils reçoivent habituellement. L'étude n'interfère donc dans aucun processus déjà existant.

De plus, le temps requis est faible et ils n'ont pas à se déplacer de leur milieu scolaire. En cas de besoin, vous pourrez vous référer à vos intervenants pour vous orienter vers les ressources appropriées.

7 CONFIDENTIALITÉ DES DONNÉES

7.1 Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, les chercheuses responsables du projet ainsi que leur personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements concernant vous et votre enfant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements peuvent comprendre vos réponses aux groupes de discussion ainsi qu'à la grille d'observation, ainsi que les résultats aux tests de votre enfant.

Il est impossible d'assurer la confidentialité de votre jeune de même que celle des données étant donné le faible nombre d'adolescents participant à l'étude. Cependant, les effets potentiellement négatifs de l'absence de confidentialité durant la recherche seront limités par le fait que les résultats fournis seront interprétés et que les noms ne seront jamais utilisés. Les données seront codifiées et la clé du code ne sera conservée que par la chercheuse responsable dans le but d'apparier les documents de pré-post intervention.

Les données recueillies seront détruites de manière sécuritaire et confidentielles. Les codes seront détruits dès que les données seront entrées dans la base de données. L'identité des personnes ayant refusé de participer ne pourra pas demeurer confidentielle (pour l'organisation scolaire en raison du fait que les intervenants scolaires connaissent l'ensemble des jeunes TSA du milieu et qu'ils fournissent la liste des adolescents), mais le sera pour la publication (elle ne sera pas diffusée).

Les données papier seront détruites par des entreprises spécialisées dans la destruction de données (déchetées). Pour ce qui est des fichiers, un logiciel de destruction sera utilisé.

7.2 Diffusion

Les données feront l'objet d'un essai doctoral et pourront également être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de présentations ou articles scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier. Également, les données du projet pourraient servir pour d'autres analyses de données reliées au projet ou pour l'élaboration de projets de recherches futurs. Une rencontre aura lieu à l'école secondaire des adolescents après l'analyse des données. Elle permettra de procéder à la remise des résultats interprétés de l'étude aux parents et aux intervenants scolaires intéressés.

7.3 Conservation

Les données recueillies dans le cadre de ce projet de recherche seront versées dans une banque qui pourrait être utilisée pour d'autres études en lien avec l'utilisation du robot humanoïde NAO. Ces études devront au préalable être évaluées et approuvées par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). Les données seront conservées de façon sécuritaire par les chercheurs responsables du projet à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).

Les données recueillies dans le cadre de ce projet seront conservées pour une période de 25 ans et seront détruites par la suite. Dans l'éventualité où nous voudrions conserver vos données pour une période excédant les 25 ans pour que d'autres études en lien avec l'utilisation du robot humanoïde NAO puissent être faites ultérieurement et si vous avez au préalable consenti à cette possibilité, nous demanderons l'approbation du Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) pour prolonger la période de conservation.

Les formulaires d'information et de consentement en format papier et les autres documents en format numérique (mis sur une clé USB ou autre support) seront conservés dans un classeur barré dans le bureau de la direction de recherche. La liste des codes sera conservée dans un endroit protégé différent des données.

8 PARTICIPATION VOLONTAIRE ET DROIT DE RETRAIT

Votre participation et celle de votre enfant à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet, et ce, sans qu'il y ait de préjudices.

En cas de retrait, les données recueillies et toujours liées à un code seront détruites. Lorsque la clé du code sera détruite, il sera impossible d'identifier les données.

Enfin, toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai. En faisant la

demande aux chercheurs, il pourra en tout temps accéder à ses données, tant que les codes ne seront pas détruits.

Bien entendu, la participation de l'adolescent et de ses parents est aussi dépendante de celle de l'enseignant et de l'intervenant.

9 INDEMNITÉ COMPENSATOIRE

Aucune rémunération ou compensation n'est offerte, outre les libérations nécessaires à la participation au projet de recherche.

10 PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous ou votre enfant éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le responsable du projet de recherche aux coordonnées suivantes :

Chercheure responsable du projet : Julie Bouchard, Ph. D. au 418-545-5011 poste 5667
Julie1_bouchard@uqac.ca

Pour toute question d'ordre éthique concernant votre participation ou celle de votre enfant à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le Comité d'éthique de la recherche (par téléphone au 418-545-5011 poste 4704 (ligne sans frais : 1-800-463-9880 poste 4704) ou par courriel à l'adresse cer@uqac.ca).

11 CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

- Je consens à ce que les données recueillies soient conservées pendant plus de 25 ans.

Dans le cadre du projet intitulé ***Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)***, nous avons pris connaissance du formulaire d'information et de consentement et comprenons suffisamment bien le projet pour que le consentement soit éclairé. Nous sommes satisfaits des réponses à nos questions et du temps que nous avons eu pour prendre une décision. Le consentement à participer à ce projet de recherche est lié aux conditions énoncées dans le présent document. Nous comprenons que nous sommes libres d'accepter et que nous pouvons nous retirer de la recherche en tout temps, sans aucun préjudice ni justification de notre part. Nous conservons une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement et remettons à l'équipe de recherche la dernière page de ce document.

Nom l'école et groupe ou classe de mon enfant, s'il y a lieu

	ENFANT	PARENT / TUTEUR
<i>Nom :</i>		
<i>Signature :</i>	<i>(si possible)</i>	
<i>Date :</i>		

Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant à la recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie avoir moi-même, ou un membre autorisé de l'équipe de recherche, expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement, répondu aux questions qu'il a posées et lui avoir clairement indiqué qu'il pouvait à tout moment mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au participant à cette recherche.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

12 CONSENTEMENT DU PARTICIPANT (Copie de l'équipe de recherche)

Je consens à ce que les données recueillies soient conservées pendant plus de 25 ans.

Dans le cadre du projet intitulé ***Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)***, nous avons pris connaissance du formulaire d'information et de consentement et comprenons suffisamment bien le projet pour que le consentement soit éclairé. Nous sommes satisfaits des réponses à nos questions et du temps que nous avons eu pour prendre une décision. Le consentement à participer à ce projet de recherche est lié aux conditions énoncées dans le présent document. Nous comprenons que nous sommes libres d'accepter et que nous pouvons nous retirer de la recherche en tout temps, sans aucun préjudice ni justification de notre part. Nous conservons une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement et remettons à l'équipe de recherche la dernière page de ce document.

Nom l'école et groupe ou classe de mon enfant, s'il y a lieu

	ENFANT	PARENT / TUTEUR
Nom :		
Signature :	(si possible)	

Date :		
---------------	--	--

Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au participant à la recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement
Date

Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie avoir moi-même, ou un membre autorisé de l'équipe de recherche, expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement, répondu aux questions qu'il a posées et lui avoir clairement indiqué qu'il pouvait à tout moment mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au participant à cette recherche.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche
Date

Appendice E

Formulaire de consentement (enseignants/intervenants)

**FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE
CONSENTEMENT CONCERNANT LA
PARTICIPATION (ENSEIGNANTS/INTERVENANTS)**

13 TITRE DU PROJET

Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)

14 RESPONSABLES DU PROJET DE RECHERCHE

**2.3 Chercheurs
responsables
du projet**

Julie Bouchard, Ph. D., Professeur en neuropsychologie clinique,
Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

Sébastien Gaboury, Ph. D., Professeur adjoint en mathématique,
Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)

2.4 Cochercheur

Camille Harvey, Ba. psy, candidate au D. Psy

15 FINANCEMENT

Ce projet est financé par le Consortium Régional de Recherche en Éducation (CRRE), le Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FRQNT).

16 PRÉAMBULE

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur

responsable du projet ou aux autres membres du personnel affecté au projet de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

17 DESCRIPTION DU PROJET DE RECHERCHE, OBJECTIFS ET DÉROULEMENT

17.1 Description du projet de recherche

Dans le cadre du présent projet de recherche, nous voulons évaluer si le robot humanoïde Nao peut participer à l'amélioration de la reconnaissance des émotions et la généralisation dans divers contextes sociaux, à l'aide d'un programme de reconnaissance des émotions auprès d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)⁷. Afin d'y arriver, nous comparerons la performance individuelle de chacun des adolescents dans une tâche de « Reconnaissance des affects » avant et après la réalisation du programme de reconnaissance des émotions. Aussi, afin de vérifier si les comportements de reconnaissance émotionnelle sont généralisés à d'autres contextes sociaux, nous utiliserons une grille d'observation (qui sera remplie de manière individuelle par vous et les autres intervenants du milieu scolaire) afin d'évaluer si des améliorations sont visibles dans les comportements liés aux habiletés sociales de l'adolescent à la suite de la réalisation du programme.

17.2 Déroulement

Votre participation sera sollicitée afin de compléter à deux reprises, soit au début et à la fin du projet, une grille d'observation des comportements de l'adolescent (durée de 10-15 minutes). Vous aurez également à participer à un groupe de discussion composé de vous, des autres intervenants de l'adolescent et de l'équipe de recherche (durée de 30 minutes) à la fin du projet. L'ensemble du projet se déroulera dans le milieu scolaire des adolescents, plus spécifiquement dans un local de l'école préalablement défini qui vous sera communiqué dans les jours entourant le début du projet (à déterminer). Bien entendu, les règles pandémiques en vigueur à ce moment seront respectées (distanciation sociale, port du masque et désinfection, etc).

De manière précise, l'expérimentation se déroulera comme suit :

Phase 1 : Présentation du projet aux intervenants et grille d'observation des comportements (une rencontre)

⁷ Pour la présente étude, le niveau de TSA et le type d'atteinte du langage importent peu étant donné le petit nombre de sujets et que l'étude est descriptive. L'important est qu'ils soient verbaux et qu'ils fréquentent le milieu scolaire. Ces informations seront décrites dans les résultats de l'étude.

***Présence des enseignants et des intervenants du milieu scolaire requise**

Lors de la première rencontre qui se déroulera dans un local de l'école secondaire des adolescents, vous serez invité à participer à la présentation du projet (comprenant vous, les autres enseignants et intervenants visés et l'équipe de recherche) d'une durée approximative de 30 minutes. Ensuite, nous vous demanderons de remplir la grille d'observation (durée 10-15 minutes) de manière individuelle, afin de dresser un portrait des habiletés sociales du jeune. Aucun enregistrement audio ou vidéo ne sera réalisé.

Phase 2 : Expérimentations en laboratoire***Présence des adolescents et de l'assistante de recherche uniquement****Expérimentation A : Administration du sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II (une rencontre de 10-15 minutes)*****Présence des adolescents et de l'assistante de recherche uniquement**

Cette rencontre impliquera uniquement l'adolescent et l'assistante de recherche. Au cours de celle-ci, le sous-test Reconnaissance des affects du NEPSY-II sera administré selon les consignes du manuel du test par une assistante de recherche pour une durée de 10-15 minutes.

Expérimentation B : Familiarisation avec le robot (2 rencontres de 10-20 minutes sur deux semaines)***Présence des adolescents et de l'assistante de recherche uniquement**

L'adolescent sera mis en contact avec le robot durant 10-20 minutes afin qu'il puisse interagir avec lui de la manière qui le souhaite sous la supervision de l'assistante de recherche. Ceci permettra à l'adolescent de se familiariser avec ce dernier dans l'optique qu'il ne soit pas surpris par le robot lors de l'expérimentation.

Expérimentation C : Intervention avec le robot humanoïde Nao\Programme de reconnaissance des émotions (12 rencontres de 10-15 minutes, sur 4 semaines, 3 rencontres par semaine)***Présence des adolescents et de l'assistante de recherche uniquement**

Lors de ces rencontres, des images représentant des visages mimant les cinq émotions ainsi qu'un carton représentant un visage neutre seront placées sur la table devant l'adolescent. Après avoir regardé le robot mimer une émotion, il devra associer l'émotion mimée par le robot à l'émotion que cela représente sur les cartons devant lui. Les cartons seront utilisés les trois premières semaines, ensuite ils seront enlevés et le jeune devra nommer lui-même les émotions; ceci permettra de favoriser son autonomie. Après avoir regardé le robot mimer une émotion, il devra indiquer verbalement l'émotion représentée par le robot. Cette procédure sera répétée trois fois au cours de chacune des rencontres (qui auront une durée totale de 10 à 15 minutes chacune).

Les douze rencontres d'intervention réalisées avec l'adolescent seront soumises à un enregistrement audio à l'aide d'une enregistreuse. Ceci a pour but de faciliter l'analyse des résultats. Ces enregistrements seront codifiés et conservés dans un ordinateur verrouillé auquel seuls les chercheurs du projet ont accès, le nom de l'adolescent ne sera jamais divulgué.

Expérimentation D: Administration du sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II (Une rencontre de 10-15 minutes)

****Présence des adolescents et de l'assistante de recherche uniquement***

Cette rencontre impliquera uniquement l'adolescent et l'assistante de recherche. Au cours de celle-ci, le sous-test de Reconnaissance des affects du NEPSY-II sera administré de nouveau selon les consignes du manuel du test par une assistante de recherche (pour une durée de 10-15 minutes).

Phase 3 : Groupe de discussion avec les intervenants du milieu scolaire et les enseignants et grille d'observation des comportements (une rencontre)

****Présence des enseignants et des intervenants du milieu scolaire requis***

Afin de recueillir des informations sur les comportements de reconnaissance des émotions de l'adolescent après l'intervention, vous serez sollicités afin de participer au groupe de discussion d'une durée approximative de 30 minutes, composé de vous, des autres intervenants du milieu scolaire du jeune et de l'équipe de recherche. Vous devrez également remplir la grille d'observation des comportements (durée 10-15 minutes) de manière individuelle dans un local de l'école destiné à cet effet afin de mentionner les comportements de reconnaissance émotionnelle que l'adolescent présente ou non. Aucun enregistrement audio ou vidéo ne sera réalisé.

18 AVANTAGES, RISQUES ET/OU INCONVÉNIENTS ASSOCIÉS AU PROJET DE RECHERCHE

Il se peut que vous retiriez un bénéfice de votre participation à ce projet de recherche, tel que l'acquisition de nouvelles connaissances personnelles sur les thèmes abordés par la recherche, mais on ne peut vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats contribueront à l'avancement des connaissances dans le domaine de l'enseignement et de l'intervention avec les jeunes TSA. Il n'y a aucun risque ou inconvénient associés à cette étude si ce n'est le temps requis pour votre participation.

19 CONFIDENTIALITÉ, DIFFUSION ET CONSERVATION

19.1 Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, les chercheuses responsables du projet ainsi que leur personnel recueilleront et consigneront dans un dossier de recherche les renseignements concernant les jeunes et vous. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements peuvent comprendre vos réponses aux groupes de discussion ainsi qu'à la grille d'observation, ainsi que les résultats aux sous-tests réalisés par les adolescents.

Il est impossible d'assurer la confidentialité de votre participation et de celle des autres participants de même que celle des données, étant donné le faible nombre de participants. Cependant, les effets potentiellement négatifs de l'absence de confidentialité durant la recherche seront limités par le fait que les résultats fournis seront interprétés et que les noms ne seront jamais utilisés. Les données seront codifiées et la clé du code ne sera conservée que par la chercheuse responsable dans le but d'apparier les documents de pré-post intervention.

Les données recueillies seront détruites de manière sécuritaire et confidentielles. Les codes seront détruits dès que les données seront entrées dans la base de données. L'identité des personnes ayant refusé de participer ne pourra pas demeurer confidentielle (pour l'organisation scolaire en raison du fait que les intervenants scolaires connaissent l'ensemble des jeunes TSA du milieu et qu'ils fournissent la liste des adolescents), mais le sera pour la publication (elle ne sera pas diffusée).

Les données papier seront détruites par des entreprises spécialisées dans la destruction de données (déchetées). Pour ce qui est des fichiers, un logiciel de destruction sera utilisé.

19.2 Diffusion

Les données feront l'objet d'un essai doctoral et pourront également être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de présentations ou articles scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier. Également, les données du projet pourraient servir pour d'autres analyses de données reliées au projet ou pour l'élaboration de projets de recherches futurs. Une rencontre aura lieu à l'école secondaire des adolescents. Elle permettra de procéder à la remise des résultats interprétés de l'étude aux parents et aux intervenants scolaires intéressés.

19.3 Conservation

Les données recueillies dans le cadre de ce projet de recherche seront versées dans une banque qui pourrait être utilisée pour d'autres études en lien avec l'utilisation du robot humanoïde NAO. Ces études devront au préalable être évaluées et approuvées par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC). Les données seront conservées de façon sécuritaire par les chercheurs responsables du projet à l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC).

Les données recueillies dans le cadre de ce projet seront conservées pour une période de 25 ans et seront détruites par la suite. Dans l'éventualité où nous voudrions conserver vos données pour une période excédant les 25 ans pour que d'autres études en lien avec l'utilisation du robot humanoïde NAO puissent être faites ultérieurement et si vous avez au préalable consenti à cette possibilité, nous demanderons l'approbation du Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) pour prolonger la période de conservation.

Les formulaires d'information et de consentement en format papier et les autres documents en format numérique (mis sur une clé USB ou autre support) sont conservés dans un classeur barré dans le bureau de la direction de recherche et les données recueillies ne seront pas être conservées au même endroit que la liste des codes. La liste des codes sera conservée dans un endroit protégé différent des données.

20 PARTICIPATION VOLONTAIRE ET DROIT DE RETRAIT

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable du projet, et ce, sans qu'il y ait de préjudices.

En cas de retrait, les données recueillies seront conservées aussi longtemps que nécessaire pour rencontrer les exigences réglementaires.

Enfin, toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement et par écrit.

Bien entendu, la participation de l'adolescent est aussi dépendante de celle du parent, de l'enseignant et de l'intervenant.

21 INDEMNITÉ COMPENSATOIRE

Aucune rémunération ou compensation n'est offerte, outre les libérations nécessaires à la participation au projet de recherche.

22 PERSONNES-RESSOURCES

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le responsable du projet de recherche aux coordonnées suivantes :

Chercheure responsable du projet : Julie Bouchard, Ph. D. au 418-545-5011 poste 5667
Julie1_bouchard@uqac.ca

Pour toute question d'ordre éthique concernant votre participation à ce projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le Comité d'éthique de la recherche (par téléphone au 418-545-5011 poste 4704 (ligne sans frais : 1-800-463-9880 poste 4704) ou par courriel à l'adresse cer@uqac.ca

23 CONSENTEMENT DU PARTICIPANT

- Je consens à ce que les données recueillies soient conservées pendant plus de 25 ans.

Dans le cadre du projet intitulé *Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)*, j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement et je comprends suffisamment bien le projet pour que mon consentement soit éclairé. Je suis satisfait des réponses à mes questions et du temps que j'ai eu pour prendre ma décision. Je consens donc à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Je comprends que je suis libre d'accepter de participer et que je pourrai me retirer en tout temps de la recherche si je le désire, sans aucun préjudice ni justification de ma part. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom et signature du participant

Date

Signature de la personne qui a obtenu le consentement

J'ai expliqué au participant à la recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie avoir moi-même, ou un membre autorisé de l'équipe de recherche, expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement, répondu aux questions qu'il a posées et lui avoir clairement indiqué qu'il pouvait à tout moment mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au participant à cette recherche.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

24 CONSENTEMENT DU PARTICIPANT (Copie de l'équipe de recherche)

- Je consens à ce que les données recueillies soient conservées pendant plus de 25 ans.

Dans le cadre du projet intitulé *Interventions avec le robot Nao pour le développement des habiletés sociales d'adolescents atteints d'un trouble du spectre de l'autisme (TSA)*, j'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement et je comprends suffisamment bien le projet pour que mon consentement soit éclairé. Je suis satisfait des réponses à mes questions et du temps que j'ai eu pour prendre ma décision. Je consens donc à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées. Je comprends que je suis libre d'accepter de participer et que je pourrai me retirer en tout temps de la recherche si je le désire, sans aucun préjudice ni justification de ma part. Une copie signée et datée du présent formulaire d'information et de consentement m'a été remise.

Nom et signature du participant

Date

Signature de la personne qui a obtenu le consentement

J'ai expliqué au participant à la recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Nom et signature de la personne qui obtient le consentement

Date

Signature et engagement du chercheur responsable du projet

Je certifie que j'ai (ou un membre autorisé de l'équipe de recherche) expliqué au participant les termes du présent formulaire d'information et de consentement, répondu aux questions qu'il a posées et lui ai clairement indiqué qu'il pouvait à tout moment mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice. Je

m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée au participant à cette recherche.

Nom et signature du chercheur responsable du projet de recherche

Date

Appendice F

Guide entrevue individuelle

Entrevue individuelle

- Comment avez-vous trouvé l'expérience ?

- Quels sont les points positifs de cette expérience selon vous?

- Quels sont les points négatifs de cette expérience selon vous ?

- Quels sont les aspects à améliorer selon vous ?

- Cette intervention a-t-elle entraîné davantage de changements dans le comportement de l'adolescent que les méthodes d'intervention de groupe utilisées auparavant?

- Si oui, quels sont les impacts de cette intervention dans le comportement de l'adolescent?

Appendice G

Grille d'observations

Grille d'observation des comportements

Code associé à l'adolescent : _____

Prénom et nom de l'observateur : _____

Rôle par rapport à l'adolescent : _____

Date : _____

Grille d'observation des comportements			
Comportement de l'adolescent	Oui	Non	Commentaires
1. *			
2. *			
3. *			
4. *			
5. *			
6. *			
7. *			
8. *			
9. *			
10. *			

*Les questions de la section « Comportement de l'adolescent » seront développées en collaboration étroite avec l'équipe d'intervenants du milieu scolaire de l'école impliqués dans l'étude afin qu'elles correspondent aux aptitudes des adolescents qui participent à l'étude. Par ailleurs, il est possible qu'une grille d'observation différente soit développée pour les deux jeunes.

Appendice H

Cartons représentant les émotions



Peur



Dégout



Joie



Colère



Neutre



Tristesse

Appendice I

Certification éthique

Cet essai doctoral a fait l'objet d'une certification éthique. Le numéro du certificat est 2022-618.