

RÉSUMÉ :

La prise en charge d'une personne autiste exige une connaissance détaillée de son comportement dans les diverses modalités : le discours oral, la gestuelle, les expressions faciales, le regard etc. Certains praticiens filment leurs séances de travail et analysent le comportement en notant sur papier les observations faites lors de visualisations avec un magnétoscope. Néanmoins, cette méthode s'avère fastidieuse, peu précise et elle n'intègre pas de dispositif pour calculer des statistiques comportementales de manière systématique.

Les chercheurs en informatique s'intéressent aussi à l'étude du comportement multimodal afin d'évaluer les différentes possibilités de communication entre l'homme et la machine. Ils ont développé des logiciels d'aide à l'annotation de corpus vidéo.

Dans cet article, nous exposons une méthode qui applique ces avancées récentes à l'analyse du comportement de personnes autistes. Nous avons conçu un schéma de codage du comportement multimodal et des métriques statistiques afin de tester des hypothèses relatives aux comportements stéréotypiques et imitatifs. En raison de la diversité interindividuelle des personnes autistes, nous avons construit un système de transcription qui est configurable en fonction de la personne observée. Nous avons aussi développé des programmes qui effectuent le calcul algorithmique des statistiques à partir des résultats d'annotation. À l'aide de ce système, nous avons annoté et analysé des extraits vidéos de cinq enfants autistes lors de sessions d'orthophonie. Les résultats montrent que la technique d'annotation et les statistiques sont susceptibles d'aider l'orthophoniste à déceler des nuances du comportement imperceptibles par simple observation des vidéos. En outre, nous avons réalisé une étude de besoins auprès de spécialistes de l'autisme afin de délimiter les champs d'application possibles du procédé d'analyse proposé. Par la suite, nous envisageons la conception d'une plate-forme informatique d'analyse du comportement des personnes autistes. Celle-ci serait destinée à l'utilisation par les thérapeutes mais aussi pour évaluer et développer des interfaces homme-machine adaptées aux personnes autistes.

MOTS-CLÉS :

Autisme - Informatique - Communication non verbale - Suivi - Enfant.

ANALYSE DU COMPORTEMENT MULTIMODAL DES PERSONNES AUTISTES, PAR TRAITEMENT INFORMATIQUE DE VIDÉOS

par Ouriel GRYSZPAN, Jean-Claude MARTIN, Nicole OUDIN

SUMMARY : Multimodal behaviour analysis of persons with autism through computerized processing of videos.

Taking care of people with autism requires a detailed understanding of their behaviour under several modalities : speech, gesture, facial expressions, gaze etc. Some practitioners film their therapy sessions and analyse behaviour by manually writing down observations using a VCR. However, this method turns out to be time consuming, not very precise and it does not allow for a systematic computation of behavioural statistics.

Researchers in computer science are also interested by the study of multimodal behaviour to evaluate different communication possibilities between man and machine. They have developed software that helps to annotate video resources.

This article presents a method that aims at using those recent tools for analysing the behaviour of persons with autism. We conceived a coding scheme of multimodal behaviour and statistical metrics to test hypotheses about stereotypical and imitative behaviours. Due to the interindividual diversity among persons with autism, our transcription system was designed so that it can be customised for each person observed. Algorithms were also implemented to compute statistics derived from the resulting annotations. This system was used to annotate and analyse video excerpts of five children with autism during speech therapy sessions. Results show that both annotation techniques and statistics can help the speech therapist to detect behavioural subtleties that are difficult to grasp by merely watching the video. Moreover, we carried out a survey among specialists of autism in order to estimate the possible uses of this analysis process. Future developments aim at creating a behaviour analysis computer platform intended for persons with autism. It would be used by therapists but also to evaluate and design human-machine interfaces adapted for people with autism.

KEY-WORDS :

Autism - Computer - Nonverbal communication - Follow up - Child.

Ouriel Grynszpan,
Docteur en Informatique,
ouriel@limsi.fr

LIMSI-CNRS, BP 133
91403 Orsay Cedex France,

www.limsi.fr
LINC, IUT de Montreuil,
140 rue Nouvelle France
93100 Montreuil, France
www.iut.univ-paris8.fr

Jean-Claude Martin,
Maître de Conférence
en Informatique,
martin@limsi.fr

LIMSI-CNRS, BP 133
91403 Orsay Cedex France,
www.limsi.fr

LINC, IUT de Montreuil,
140 rue Nouvelle France
93100 Montreuil, France
www.iut.univ-paris8.fr

Nicole Oudin, Orthophoniste,
oudin@nicole@hotmail.com
Notre Ecole, 7 place du Cardinal
Amette, 75015 Paris, France

INTRODUCTION

L'autisme est considéré comme un trouble envahissant du développement selon les documents de référence internationaux, tels le DSM IV* et le CIM-10. Une des caractéristiques prépondérantes consiste en des difficultés à interagir avec son entourage. Des troubles sévères s'observent au niveau du comportement : mouvements répétitifs et stéréotypés, utilisation inappropriée des objets. Le langage, s'il existe, est souvent utilisé de manière inadéquate. Dans son livre sur l'autisme, Peeters* décrit en détail ces altérations du comportement. Bien que le diagnostic s'appuie sur des critères généraux, les personnes autistes font preuve d'une très grande diversité interindividuelle.

Dans son travail, l'un(e) orthophoniste s'efforce de construire une relation avec la personne autiste. Il ou elle doit être extrêmement attentif au moindre signe d'interaction qu'il soit de nature gestuelle ou verbale. Pour cela, il a besoin de connaître en détail le comportement de la personne autiste.

L'analyse comportementale est donc un facteur clef de la prise en charge. Elle s'effectue souvent à partir d'enregistrements vidéos de séances de travail entre thérapeute et personne autiste. La méthode d'analyse la plus courante consiste à visionner les enregistrements avec un magnétoscope et à noter ses observations sur papier. Par exemple, dans les travaux de Jaëcques* ou Guillemard-Lagarenne**, les données comportementales sont transcrites grâce à des codes de classification de gestes.

Néanmoins, le magnétoscope n'est pas l'outil le plus adapté à un travail de minutie. Il ne se prête pas à une manipulation apte à détecter les subtilités d'un comportement sous plusieurs modalités. Lorsque le corpus vidéo grossit, l'annotation devient trop fastidieuse. Il n'y a pas non plus de moyen pratique pour effectuer des analyses statistiques systématiques du comportement. D'autre part, il peut s'avérer utile de disposer d'un outil qui gère les annotations itératives d'une même vidéo, effectuées par une ou plusieurs personnes à différentes époques.

Les chercheurs en communication homme-machine se trouvent, eux aussi, confrontés à l'étude des comportements multimodaux. Ils s'intéressent aux différents modes de communication possibles pour les futures interfaces homme-machine : les interactions verbales, la gestuelle, les expressions faciales, le regard. Différents programmes scientifiques dans ce domaine sont énumérés par Maybury et Martin*. L'état actuel des logiciels de traitement d'images ne permet pas d'envisager à moyen terme une reconnaissance et un codage automatiques et fiables des comportements multimodaux. En revanche, des systèmes d'aide à la transcription ont été développés ainsi que des logiciels qui permettent de visionner et d'annoter des vidéos. Par exemple, la figure 1 donne un aperçu du logiciel d'annotation ANVIL développé par Kipp*. Ces annotations peuvent faire l'objet de traitements statistiques dont découlent des mesures comportementales, comme celles proposées par Martin et coll.*.

Dans l'étude que nous exposons ici¹, nous avons appliqué ces logiciels d'annotation à l'analyse du comportement multimodal des personnes autistes.

* 1994

* 1996

* 2001 ** 1998

* 2002

* 2001

* 2001

1 - L'étude s'inscrit au sein du projet FAXCOM, initié en décembre 1999 par un chercheur et un parent d'enfant autiste, respectivement Jean-Claude Martin et Fabrice Bresson. Les objectifs à long terme sont de mieux comprendre les possibilités de communication des personnes autistes et de développer des interfaces homme-machine adaptées.

Ouriel Grynszpan était en stage de DEA au LINC (IUT de Montreuil) d'avril à septembre 2002. Il effectue depuis une thèse financée par une allocation de recherche de l'Ecole Doctorale de l'Université Paris XI au LIMSI-CNRS.

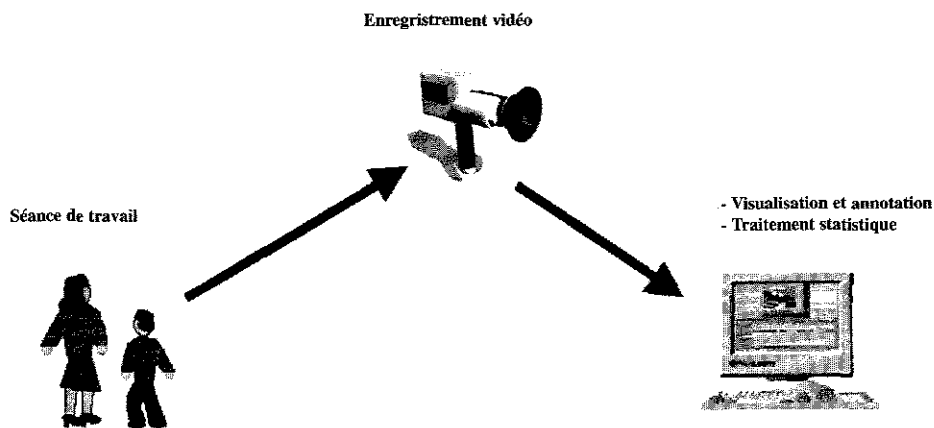


Figure 2 : Procédé d'analyse vidéo des séances de travail thérapeutique.

Cette méthode a été appliquée sur 8 extraits vidéos de 5 enfants pendant des sessions d'orthophonie qui s'étaient déroulées sur une période d'un an. La durée totale de ces passages annotés est de 147 secondes. Les vidéos ont été fournies par notre partenaire orthophoniste.

Les modalités du comportement étudiées se limitent aux parties supérieures du corps. Le schéma de codage qui a été conçu, se divise en deux groupes. Le premier groupe décrit les modalités du comportement du patient tandis que le second groupe décrit celles du thérapeute. Les comportements que l'on peut annoter dans chaque modalité sont spécifiés grâce à des attributs. Les mêmes modalités et attributs ont été choisis pour le patient et le thérapeute. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous. Le schéma de codage a été concrétisé sous la forme d'un fichier informatique qui sert à configurer le logiciel d'annotation ANVIL.

Modalité	Signification	Attributs
Mouvements de la tête	Code les mouvements de la tête	<ul style="list-style-type: none"> - Forme du mouvement - Direction du mouvement - Amplitude du mouvement - Ordre de grandeur de la vitesse - Mouvement répétitif ? (Oui/Non) - Type de comportement - Mouvement imité par le partenaire ? (Oui/Non)
Pauses du regard	Code les pauses successives du regard	<ul style="list-style-type: none"> - Direction du regard - Attention stable, instable ou conjointe ? - Cible du regard - Type de comportement - Regard imité par le partenaire ? (Oui/Non)
Etats du visage	Code les états du visage (expression faciale, bouche, sourcils)	<ul style="list-style-type: none"> - Type d'état du visage - Expression du visage - Etat de la bouche - Etat des sourcils - Mouvement répétitif ? (Oui/Non) - Type de comportement - Etat du visage imité par le partenaire ? (Oui/Non)
Voix	Code la production vocale	<ul style="list-style-type: none"> - Type de production vocale - Parole - Production vocale répétitive ? (Oui/Non) - Type de comportement - Production vocale imitée par le partenaire ? (Oui/Non)

Modalité	Signification	Attributs
Membres droits	Code les gestes des membres supérieurs droits du corps, c'est à dire l'épaule, le bras et la main droites.	<ul style="list-style-type: none"> - Type de geste - Direction du mouvement de l'épaule - Mouvement du coude - Direction du mouvement du poignet - Torsion de l'avant-bras - Torsion du bras - Forme type de la main - Mouvement du pouce - Mouvement de l'index - Mouvement du majeur - Mouvement de l'annulaire - Mouvement de l'auriculaire - Cible du mouvement - Mouvement répétitif ? (Oui/Non) - Ordre de grandeur de la vitesse - Type de comportement - Mouvement imité par le partenaire ? (Oui/Non)
Membres gauches	Code les gestes des membres supérieurs gauches du corps, c'est à dire l'épaule, le bras et la main gauches.	Idem que « Membres droits »
Mouvements de proxémie	Code les changements de proxémie (mouvements de la personne pour se rapprocher ou s'éloigner de son partenaire).	<ul style="list-style-type: none"> - Mouvement de rapprochement ou d'éloignement ? - Amplitude du mouvement - Type de comportement - Mouvement imité par le partenaire ? (Oui/Non)
Pauses posturales	Code les pauses posturales successives.	<ul style="list-style-type: none"> - Type de posture - Torsion du tronc - Type de comportement - Position des épaules - Posture imitée par le partenaire ? (Oui/Non)

Tableau 1: Modalités intégrées dans le schéma de codage.

Chacune de ces modalités correspond à une piste d'annotation dans le logiciel ANVIL.

Les modalités considérées ainsi que leurs attributs ne varient pas d'un sujet autiste à un autre. Cependant, les codes utilisés pour les transcrire reflètent les gestes, postures et expressions faciales caractéristiques de la personne observée. Le schéma de codage propose un ensemble de valeurs possibles pour les attributs. Certaines sont personnalisées, l'utilisateur d'ANVIL les ajoute au fur et à mesure de l'annotation. D'autres valeurs pour les attributs sont génériques et proviennent d'observations empiriques ou de classifications de gestes trouvées dans la littérature. En particulier, l'attribut « Type de comportement » incorpore une typologie de gestes empruntée à Cosnier*.

* 1982

* 2001

* 1996

ETUDE DU CONTEXTE MULTIMODAL DES STÉRÉOTYPIES

Certains chercheurs, dont Jaëcques*, considèrent que les stéréotypies sont des gestes communicatifs. Selon Peeters*, elles ont un sens. Afin d'aider à les interpréter, il nous a semblé intéressant d'étudier comment elles sont liées à d'autres comportements. Nous avons donc émis l'hypothèse suivante qui a été testée sur des extraits vidéos de 5 enfants grâce au logiciel d'analyse :

Hypothèse : Il existe des corrélations entre une stéréotypie dans une modalité et des comportements dans les autres modalités.

Pour étayer cette hypothèse, nous avons conçu des algorithmes qui calculent les métriques ci-dessous :

- Nombre d'occurrences simultanées entre une stéréotypie et les autres comportements annotés.
- Durée de recouvrement temporel entre les comportements annotés et la stéréotypie.²

Pour déduire ces statistiques des résultats d'une annotation, nous avons développé des programmes décrits dans les travaux de Grynszpan*. La figure 1 montre l'annotation d'une vidéo où apparaît une stéréotypie « d'ouverture et fermeture répétitive de la bouche ». Plusieurs comportements ayant une concordance temporelle avec la stéréotypie ont été détectés. Comme le montre la figure 3, l'un d'eux a été particulièrement mis en évidence par la métrique « Durée de recouvrement temporel entre comportement et stéréotypie ». Il s'agit de la stabilité du regard. En effet, en visionnant à nouveau la vidéo, on s'aperçoit que lorsque le regard varie la stéréotypie s'arrête. Cette constatation peut suggérer des hypothèses relatives aux fonctions qu'exerce la stéréotypie.

2 - Nous considérons que cette durée est égale au temps pendant lequel la stéréotypie et le comportement sont soit tous deux présents, soit tous deux absents.

* 2002

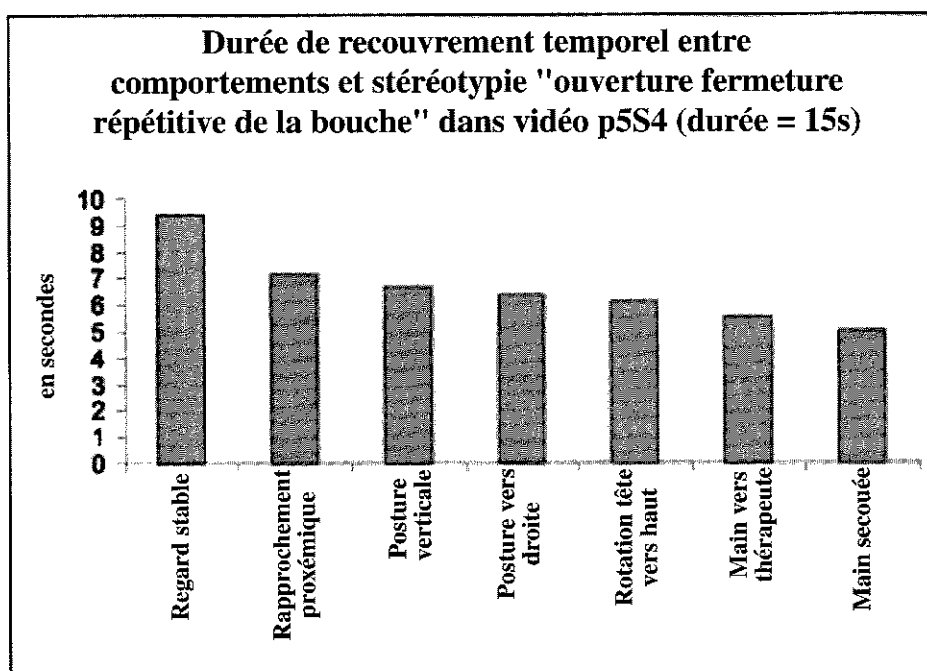


Figure 3 : Durées de recouvrement temporel entre les comportements annotés et la stéréotypie « ouverture et fermeture répétitive de la bouche ».

ETUDE DE L'IMITATION MULTIMODALE

L'imitation peut intervenir sur plusieurs modalités : la voix, les expressions faciales, les gestes etc. Afin de comparer l'imitation dans les diverses modalités, nous avons posé l'hypothèse suivante.

Hypothèse : L'imitation du comportement du thérapeute par la personne autiste est plus fréquente dans certaines modalités que dans d'autres.

Il est apparu nécessaire d'établir une distinction entre les comportements imitatifs et imités. Les comportements imitatifs correspondent aux comportements du patient lorsqu'il imite le thérapeute et les comportements imités sont ceux du thérapeute que le patient imite. L'hypothèse a été testée grâce à des programmes calculant les métriques suivantes :

- La liste des comportements imitatifs et imités dans chaque modalité. Ceux-ci sont étiquetés manuellement lors de l'annotation avec le logiciel ANVIL.
- Pourcentage de temps consacré à l'imitation dans chaque modalité.
- Rapport entre la durée des comportements imitatifs et la durée des comportements imités pour chaque modalité.

La figure ci-dessous montre un exemple d'annotation de vidéo où l'imitation intervient.



Figure 4 : Exemple d'annotation d'une vidéo où le patient imite le thérapeute. Les éléments d'annotation colorés en gris foncé, en bas de la fenêtre d'annotation, représentent des comportements du thérapeute (comportements imités). L'imitation de ces comportements par le patient (comportements imitatifs) est représentée par les éléments d'annotation en gris clairs sur les pistes du patient, qui sont en haut de la fenêtre d'annotation.

Une lecture rapide de la figure 5 permet déjà de s'apercevoir que l'imitation intervient plus fréquemment dans les modalités « état du visage » et « membres droits » que dans la modalité « voix » du patient. Le calcul de la métrique « rapport entre durée des comportements imitatifs et imités » apporte un résultat qui affine cette observation. Elle met en évidence la prééminence de l'imitation dans la modalité « geste des membres droits » vis à vis des modalités « état du visage » et « voix ».

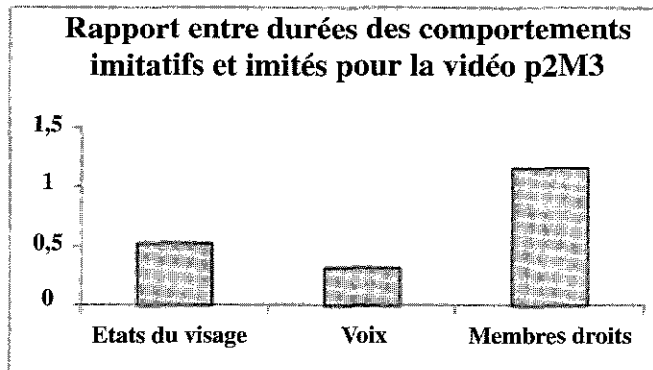


Figure 5 : Rapport entre durées des comportements imitatifs du patient et imités du thérapeute.

Dans la modalité « membres droits », le rapport est supérieur à 1, ce qui signifie que les gestes imitatifs du patient avec ses membres droits ont une durée plus longue que les gestes imités du thérapeute dont ils sont issus. En regardant à nouveau la vidéo, nous avons effectivement pu vérifier, qu'en ce qui concerne les membres droits, certains gestes du thérapeute reproduits par le patient persistaient plus longtemps chez le patient que chez le thérapeute.

DISCUSSION

Les résultats que nous avons décrits illustrent, selon nous, l'intérêt de l'approche proposée : l'annotation conjointe aux résultats statistiques suscite une relecture de la vidéo à la lumière d'une nouvelle interprétation du comportement. En effet, ils permettent de placer une stéréotypie dans un contexte comportemental et d'évaluer l'imitation dans les différentes modalités. Ils ajoutent un degré de compréhension susceptible d'influencer l'interprétation de ces comportements dans l'extrait vidéo concerné mais aussi dans des passages vidéos examinés ultérieurement. L'originalité de ce procédé réside dans ses possibilités d'analyse fine du comportement.

L'annotation du comportement est une pratique courante dans le milieu de la prise en charge de l'autisme. Le diagnostic clinique s'appuie sur des échelles d'évaluation telles que le CARS ou le BOS. Elles servent à la cotation de différents signes comportementaux typiques de l'autisme. Dans ses travaux de recherche, Jaëcques* fait état d'une grille de transcription pour relever et classifier les comportements observés sur magnétoscope. L'annotation du comportement est utilisée dans d'autres domaines que l'autisme : Mayberry et Jaques* définissent un système de transcription pour classifier les gestes et l'élocution de personnes bègues. Malécot* expose une grille d'évaluation de la démence à partir du comportement verbal et non verbal. Ces grilles requièrent de classifier chaque comportement dans des catégories interindividuelles pré-établies. A contrario, notre schéma de codage peut être modifié en fonction de la personne observée et, par conséquent, refléter son comportement propre. Ainsi, l'outil que nous développons ne se cantonne pas à l'évaluation générique des capacités multimodales mais permet de personnaliser l'analyse et d'aider à comprendre chaque individu.

En outre, les grilles citées précédemment ont été conçues pour une annotation manuelle du comportement observé avec un magnétoscope, contrairement aux outils que nous proposons. L'interface d'ANVIL permet d'annoter le comportement avec une granularité plus fine que ne le permet le magnétoscope. Cette annotation minutieuse peut s'avérer coûteuse : le travail d'annotation devient fastidieux lorsqu'il s'agit d'annoter les moindres mouvements sur chacune des modalités prises séparément. Le fait que le schéma de codage doive être adapté à la personne observée ralentit l'annotation des premières vidéos pour cette personne. Cependant, l'annotation s'accélère une fois que le schéma de codage est suffisamment bien adapté. Quoi qu'il en soit, la différence de précision entre l'annotation manuelle et logicielle rend difficile toute comparaison de coût en temps de travail.

Afin de cerner les besoins des spécialistes de l'autisme en terme d'analyse du comportement, nous avons présenté un questionnaire à plusieurs professionnels. Il contient des questions relatives au comportement multimodal des personnes autistes, à l'intérêt de la vidéo, à ses utilisations dans la pratique clinique et à l'emploi de logiciels d'analyse. Le questionnaire a été soumis à des chercheurs, orthophonistes, psychiatres, et psychologues lors de contacts directs ou par courrier électronique. Nous avons reçu 7 réponses sur 15 personnes sollicitées. Il en est ressorti que les spécialistes interrogés utilisent fréquemment la vidéo. Parmi les principales raisons invoquées, figuraient l'analyse du comportement et l'établissement de diagnostics. De manière plus sporadique, l'ordinateur leur sert à visualiser et analyser les enregistrements vidéos. Il est effectivement plus maniable que le magnétoscope. Trois des spécialistes emploient ou employaient des logiciels dédiés à l'analyse du comportement, dont le logiciel d'annotation The Observer® développé par la société Noldus © (<http://www.noldus.com>). Cependant, ce dernier a été abandonné car le processus d'annotation a été jugé trop complexe.

* 2001

* 2000

* 2002

Les conclusions de cette étude de besoins rejoignent nos propres constatations quant aux utilisations possibles des logiciels d'annotation et d'analyse du comportement. Ces outils semblent convenir pour décrypter de manière fine des séquences comportementales courtes. Ils deviennent donc intéressants dans le cadre de schémas de comportements spécifiques. Par exemple, ils pourraient se prêter à l'étude du tour de parole lors de dialogues entre personne autiste et thérapeute. L'analyse du tour de parole ainsi que d'autres éléments d'organisation du discours ont été abordés par Stibi et Amorosa* mais ces derniers n'utilisaient pas de logiciels d'annotation.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons décrit un procédé d'analyse du comportement observé dans des vidéos et les outils informatiques que nous avons développés. Lors d'apprentissage ou de communication par imitation, les résultats de ce procédé pourraient inciter le thérapeute à utiliser une modalité plutôt qu'une autre suivant les dispositions de son partenaire autiste. Par ailleurs, les liens entre une stéréotypie et d'autres comportements, mis en évidence par le recouvrement temporel, pourraient aider à appréhender le contexte de la stéréotypie.

Les résultats des calculs statistiques sur les annotations peuvent apporter des informations supplémentaires, cependant ce n'est pas toujours le cas. L'interprétation ne doit pas s'appuyer uniquement sur ces résultats, elle doit avant tout rester fidèle aux annotations de vidéos.

Nous continuerons d'appliquer ce procédé sur de nouveaux extraits vidéos avec différents enfants. Cela nous permettra de vérifier que la méthode est généralisable à condition d'adapter le schéma de codage à chaque personne. De surcroît, nous prévoyons de tester d'autres hypothèses que celles mentionnées dans cet article en modifiant uniquement les algorithmes de calcul statistique : les annotations et le schéma de codage resteraient inchangés.

Dans la suite de nos travaux, nous appliquerons ce modèle théorique pour mettre à la disposition des thérapeutes une plate-forme informatique d'étude du comportement. Elle sera dotée de logiciels d'analyse et d'une banque de données pour gérer le corpus vidéo. En outre, elle pourra être utilisée ultérieurement pour l'évaluation et le développement d'interfaces homme-machine adaptées aux besoins spécifiques des personnes autistes.

BIBLIOGRAPHIE

- COSNIER J. (1982). Communications et langages gestuels. In *Les voies du langage Communications verbales gestuelles et animales* (pp. 258-274). Paris : Dunod.
- DSM-IV. (1994). *Diagnostic and Statistical Manual 4th Edition*, Washington D.C. : American Psychiatric Association.
- GRYSZPAN O. (2002). *Rapport de stage de DEA de Sciences Cognitives*. Université Paris XI, sous la direction de J.C. Martin maître de conférence en informatique. Orsay : Bibliothèque du LIMSI, Université Paris XI, référence R200201.
- GUILLEMARD-LAGARENNE B. (1998). Les stéréotypies sont des « gestes communicatifs » : L'organisation gestuelle d'un handicapé mental. In *Actes du colloque ORAGE'98 – Besançon* (pp. 227-233). Paris : L'Harmattan. ISBN : 2-7384-6941-8.
- JAËCQUES H. (2001). Analyse structurelle des comportements verbaux et non verbaux d'engagement de l'attention conjointe dans une situation dyadique semi-structurée enfant autiste / adulte non autiste. In *Actes du colloque ORAGE 2001 – Aix-en Provence* (pp. 132-138). Paris : L'Harmattan. ISBN : 2-7384-6942-6.
- KIPP M. (2001). Anvil – A Generic Annotation Tool for Multimodal Dialogue. In *Proceedings of Eurospeech - Aalborg* (pp. 1367-1370). <http://www.dfki.de/~kipp/research/publications.html>.
- MALÉCOT C. (2002). Etudes de la communication non-verbale chez des patients déments. *Glossa*, n° 80, 54-67.
- MARTIN J.C., GRIMARD S., ALEXANDRI K. (2001). On the annotation of the multimodal behavior and computation of cooperation between modalities. In *Proceedings of the workshop on " Representing, Annotating, and Evaluating Non-Verbal and Verbal Communicative Acts to Achieve Contextual Embodied Agents "*. Montreal (pp. 1-7). <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-46/>.

- MAYBERRY R.I., JAQUES J. (2000). Gesture production during stuttered speech : insights into the nature of gesture-speech integration. In *Language and Gesture* (pp. 199-214). Cambridge : Cambridge University Press.
- MAYBURY M., MARTIN J.-C. (2002). Preface. In *Proceedings of the Workshop on "Multimodal Resources and Multimodal Systems Evaluation" during the Third International Conference On Language Resources And Evaluation (LREC'2002) - Canary Islands* (pp. xiii-xvi). <http://www.lrec-conf.org/lrec2002/index.html>.
- NADEL J. (1999). L'enfant autiste aurait-il des difficultés spécifiques d'imitation ? In *Les activités physiques adaptées* (pp.157-176), Paris : EPS.
- PEETERS T. (1996). *L'autisme*, Paris : DUNOD, 229 p. ISBN : 2-10-002823-5.
- STIBI S., AMOROSA H. (1998). Features of communicative behaviour in children with language disorders. In *Actes du colloque ORAGE'98 - Besançon* (pp.247-251). Paris : L'Harmattan. ISBN : 2-7384-6941-8.