



HAL
open science

Intégration d'un modèle d'inattention dans une plateforme de rééducation adaptative pour enfants autistes

Abdallahi Ould Mohamed, Matthieu Perreira da Silva, Vincent Courboulay,
Michel Menard

► **To cite this version:**

Abdallahi Ould Mohamed, Matthieu Perreira da Silva, Vincent Courboulay, Michel Menard. Intégration d'un modèle d'inattention dans une plateforme de rééducation adaptative pour enfants autistes. ASSISTH'2007: Pour une meilleure insertion dans la société, Nov 2007, Toulouse, France. pp.25-32. hal-00215946

HAL Id: hal-00215946

<https://hal.science/hal-00215946>

Submitted on 24 Jan 2008

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

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

Intégration d'un modèle d'inattention dans une plateforme de rééducation adaptative pour enfants autistes

A. Ould Mohamed
L3i, Université de La Rochelle
Av Michel Crépeau
17042 La Rochelle, France
aouldm01@univ-lr

M. Perreira Da Silva
L3i, Université de La Rochelle
Av Michel Crépeau
17042 La Rochelle, France
mperreir@univ-lr.fr

V. Courboulay
L3i, Université de La Rochelle
Av Michel Crépeau
17042 La Rochelle, France
vcourbou@univ-lr

M. Menard
L3i, Université de La Rochelle
Av Michel Crépeau
17042 La Rochelle, France
mmenard@univ-lr.fr

RESUME

L'autisme infantile se caractérise par un trouble sévère des modes de communication, par la cohabitation de déficits cognitifs avec des performances focalisées dans des domaines très spécifiques, et par l'évitement du changement. Une autre caractéristique notable des enfants autistes est qu'ils sont incapables de déterminer le degré d'importance des stimuli auxquels ils sont soumis. Cette caractéristique conduit souvent à une *saturation* liée aux trop nombreux stimuli perçus et dont la conséquence est une conduite auto-agressive et répétitives.

Il a été constaté que l'informatique est un outil qui permet de focaliser l'attention de l'enfant sur une tâche précise mais paramétrable, reproductible à l'infini mais aussi évolutive selon un protocole ajustable à l'âge, aux compétences et aux types de pathologies des enfants.

Notre équipe a développé, en partenariat avec l'hôpital pédopsychiatrique de la Rochelle, une plateforme de rééducation adaptative permettant d'adapter aux mieux l'activité éducative aux réactions de l'enfant. Nous présentons dans cet article l'intégration d'un modèle simple de l'inattention, qui calcule et exploite les informations du mouvement du regard et du visage de l'enfant afin de renforcer l'adaptabilité de la plateforme à ses réactions spécifiques.

Descripteurs de catégorie et de sujet

I.2.10 [Vision et reconnaissance de scène]: analyse de scène, mouvement. J.4 [Sciences sociales et du comportement]: psychologie

Termes généraux

Mesure, expérimentations, facteur humain.

Mots clés

Enfants autistes, analyse de l'attention, étude du comportement.

1. INTRODUCTION

L'autisme n'est pas une maladie. Plutôt que d'autisme, il convient de parler de syndrome autistique, qui appartient à la famille des troubles envahissants du développement selon la classification de l'Organisation Mondiale de la Santé [4]. L'autisme est un ensemble de signes qui se développent dans les trois premières années de la vie et qui est dominé par trois types de difficultés :

- celles éprouvées dans les relations avec les autres (difficultés à nouer des relations spontanées),
- celles rencontrées dans la communication verbale et non verbale,
- enfin, celles auxquelles font face les autistes dans leurs activités.

Ces difficultés se traduisent par un isolement, une absence de réponse aux stimulations, une fuite du contact oculaire, des troubles posturaux ainsi qu'une incapacité à interagir avec autrui de façon appropriée. Un autre trait caractéristique de l'autiste est sa grande intolérance aux changements. En effet, ses activités sont souvent stéréotypées et répétitives. Pour expliquer le dérèglement du fonctionnement cérébral associé à l'autisme, la communauté s'accorde aujourd'hui sur l'intervention de facteurs génétiques en interaction avec l'environnement comme par exemple une infection virale survenu pendant la grossesse [4]. Pour prendre en compte la diversité de ces signes, diverses méthodes d'évaluation et de traitement¹ sont proposées dans la littérature [18]:

¹ Le terme de "traitement" est à prendre avec précaution. En effet, le traitement dont il est question repose sur une éducation, un

- le traitement psychologique et comportemental qui vise à ouvrir l'enfant à la notion de l'autre en lui donnant les moyens de construire et reproduire des actions concrètes qui procure un minimum de maîtrise sur son environnement ;
- la méthode TEACCH qui permet dans une première étape d'évaluer les handicaps tels que la capacité d'initiation et la capacité de compréhension. A partir de cette évaluation, la méthode donne des outils de communication ;
- la communication facilitée qui permet aux enfants de communiquer avec autrui par l'intermédiaire d'un tiers, l'ordinateur par exemple. Dans ce cas, les enfants sont aidés par une personne tuteur.

En se basant sur la dernière méthode (la communication facilitée), plusieurs travaux scientifiques dans le domaine de l'autisme soutiennent le champ de recherche théorico-clinique sur l'usage de l'informatique dans l'autisme. A titre d'exemple, l'article [8] concerne les troubles du traitement visuel du mouvement dans l'autisme infantile, d'autres travaux [7] s'intéressent entre autres au rôle des émotions dans l'encodage des perceptions. L'intérêt de ces travaux éducatifs pratiqués dans les unités spécialisées comme celui du centre pédiopsychiatrique de l'hôpital Marius Lacroix de La Rochelle vise à permettre à l'enfant d'appréhender le monde et à l'aider à comprendre ce qui lui est proposé, à modifier sa façon d'agir et à s'accepter tel qu'il est.

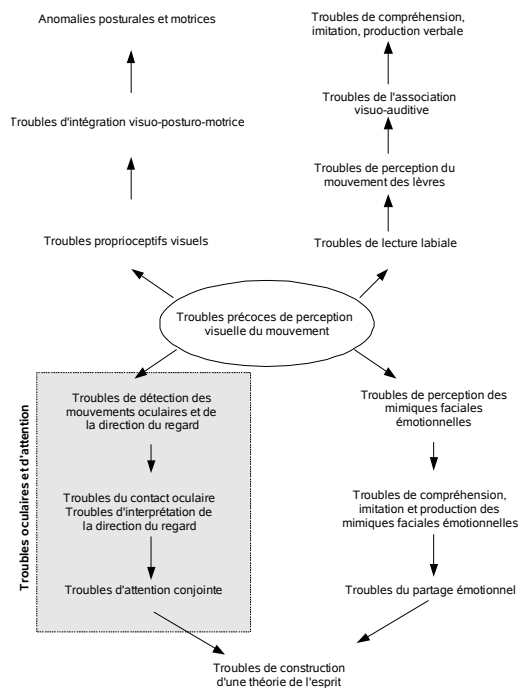


Figure 1. Schéma synthétique des cascades maldéveloppementales.

accompagnement et des soins adaptés à chacun afin de contribuer à aménager l'évolution et à limiter les conséquences pour l'enfant et les proches.

L'intérêt de la technologie informatique est justifié par les différences interindividuelles très importantes des personnes autistes. De fait, les nouvelles technologies peuvent donc être considérées comme particulièrement pertinentes puisqu'elles permettent d'intégrer de manière contrôlée les comportements communicatifs et émotionnels de chaque personne autiste. En conséquence, de nombreux systèmes interactifs d'aide à la structuration des enfants autistes sont développés [6], [7], [14], [17]. Il s'agit de systèmes robotiques ou de logiciels qui peuvent interagir avec l'utilisateur humain. Parmi les systèmes robotiques, citons le robot KISMET [3] et la poupée ROBOTA [1], [2]. D'autres systèmes [7], [16] utilisent un environnement virtuel pour la compréhension des expressions émotionnelles des enfants autistes. Dans [10], les auteurs s'intéressent à la conception d'IHM destinées aux personnes autistes.

A ce stade, il nous paraît opportun de faire figurer le schéma synthétique des *cascades maldéveloppementales* [8] (cf. Figure 1). La branche des troubles oculaires et d'attention (en bas à gauche) est celle qui a guidé une partie de nos travaux de recherche. Dans la section suivante, nous introduisons le projet dans lequel s'intéressent les recherches présentées dans cet article, ainsi que le contexte d'utilisation de l'information relative au regard et à l'attention de l'enfant.

2. L'ATTENTION

Dans ce paragraphe, nous présentons les différents types d'attention, issus des classifications faites en neuropsychologie et en psychologie cognitive [12].

- **L'éveil**: ouverture sensorielle sur le monde qui nous entoure.
- **L'attention sélective**: habileté qu'une personne manifeste en sélectionnant dans l'environnement une source de stimulation qu'elle juge, consciemment ou non, plus importante. Il est à noter que l'autisme se caractérise par une incapacité à juger de la prépondérance d'un événement vis-à-vis d'un autre, arrivant ainsi à une saturation lorsque "trop" de stimuli lui arrivent provoquant de la sorte une attitude de repli sur soi, de protection (parfois violente pour lui ou son entourage).
- **L'attention maintenue**: ce type d'attention intervient après l'attention sélective. Elle évolue comme la gardienne de l'activité en cours, permettant de l'accomplir sans se laisser distraire. Elle est caractérisée par son maintien dans le temps. On parle parfois de persévérance dans le travail.
- **L'attention partagée**: habileté à traiter deux types d'informations (motrices, auditives, visuelles...) ou plus.
- **La distractivité aux stimuli internes**: facilité de partir dans un monde interne avec plus ou moins de facilité (*être dans la lune*).
- **La distractivité aux stimuli externes**: cette difficulté fait référence aux processus de contrôle de l'attention. Il s'agit de la facilité à se laisser distraire par toutes sortes de stimuli externes.
- **La vigilance**: habileté manifestée par un individu à percevoir une stimulation particulière enclavée dans un bruit de fond, au cours d'une tâche d'une certaine durée.

- La supersistance: incapacité de l'individu à cesser une activité, malgré des signaux lui indiquant de le faire.

Dans le cadre du projet AutiSTIC, les attentions qui nous intéressent sont les attentions sélective et maintenue. La première, permet à l'enfant de rentrer dans l'activité alors que la seconde, la réussite de l'activité. Malgré la dissemblance des enfants et sur l'avis des experts, nous n'avons pas différencié les marqueurs d'attention.

3. LE PROJET AUTISTIC

Le Projet AutiSTIC, en partenariat avec le service pédopsychiatrique de l'hôpital de La Rochelle, consiste à mettre en œuvre un système logiciel et matériel d'aide à la structuration des enfants autistes. L'objectif du projet consiste à proposer aux enfants souffrant d'autisme, un processus thérapeutique par manipulations interactives d'outils informatiques. Il s'agit de séquences précises de jeux adaptées aux capacités et aux caractéristiques de chaque enfant. Le projet AutiSTIC se caractérise par une exécution adaptative et interactive adaptée au comportement de l'utilisateur, comportement appréhendé par différents moyens dont la capture vidéo du visage de l'enfant pratiquant une activité.

Le principe de l'interactivité avec des outils informatiques existe depuis 20 ans dans le service de pédopsychiatrie de l'hôpital de La Rochelle dirigé par le docteur D. Lambert. Il s'agit de jeux adaptés qui présentent sur écran des stimuli représentant des objets ayant retenu préalablement l'attention de l'enfant et comportant une valeur émotionnelle de satisfaction. Ces objets vont être amenés à subir des transformations physiques (vitesse de déplacement par exemple) qui permettront l'établissement des catégories élémentaires (fort - doux, vite - lent, grand - petit) que l'enfant pourra reproduire également dans d'autres situations éducatives.

Notre projet de recherche est de favoriser l'établissement d'outils informatiques:

- complétant les démarches d'évaluation psychologiques et éducatives plus traditionnelles, en proposant des logiciels permettant d'apprécier les capacités d'attention et de comprendre les stratégies adaptatives de l'enfant face aux stimuli présentés (voir si l'action produite est liée à une compréhension entre cause et effet);
- permettant de modifier les croyances² de l'enfant en proposant des images virtuelles qui interagissent avec l'enfant, mais en tenant compte de ses spécificités autistiques; par exemple en ralentissant le mouvement pour que l'enfant puisse en extraire une information générale, utile pour rééduquer ses troubles émotionnels, langagiers, perceptifs, cognitifs;
- favorisant le besoin de "semblable", facteur sécurisant des enfants autistes, tout en introduisant des procédures d'introduction du "non-semblable" afin d'éviter l'enfermement dans l'immuabilité de la répétition;
- développant le codage temporel par la subordination du logiciel à une fonction narrative qui spécifie l'enfant dans une chronologie en interaction avec son environnement.

² Par croyances nous entendons ici l'ensemble des règles permettant à l'enfant d'interpréter son environnement.

Nous présentons ici un système permettant d'observer les actions de l'enfant afin de comprendre son comportement. Le moyen utilisé est de lui proposer des activités adaptées tenant compte des consignes de l'expert. Chaque enfant, de par son niveau et ses compétences particulières, nécessite un traitement et un accompagnement adapté. L'adaptabilité permet d'éviter la généralisation sans précaution d'une méthode particulière et favorise la prise en charge des déficits spécifiques observés chez chaque enfant. Il est donc important de repérer et interpréter avec soin ces comportements, intrinsèques à chaque enfant, afin de l'aider dans son développement. Dans cette optique, le système doit permettre [5], [19]:

- de construire un scénario d'activités, sous forme de jeux éducatifs, répondant aux objectifs éducatifs que l'enfant veut/doit atteindre en tenant compte de son profil;
- à partir de l'observation du comportement de l'enfant, le système détecte les cas où les activités proposées ne répondent plus à une démarche standard et met à jour le scénario d'activités en pareil cas;
- d'observer en permanence les actions de l'enfant au cours de la session afin de comprendre son comportement. L'observation est faite sur les actions effectuées sur les périphériques (souris, écran tactile, clavier,...) et sur le mouvement du visage ainsi que l'orientation du regard.

3.1 Comportements à observer

Les comportements de l'enfant que nous considérons lors du déroulement du jeu doivent permettre de détecter les pertes d'attention de l'enfant. La Figure 2 présente le schéma général du contrôle d'exécution des jeux destinés à des enfants autistes. Il s'agit d'un contrôle par observation et analyse du comportement de l'enfant autiste. Le jeu présente des stimuli à l'écran. Le système capte les réactions de l'enfant vis-à-vis des stimuli. Les comportements qui portent un intérêt particulier concernent, dans un premier temps, la rupture et l'évitement :

- la rupture de l'enfant est définie par son éloignement physique de l'outil informatique lors de la session. Il s'agit d'un comportement qui montre l'inadéquation du jeu à l'enfant. Dans ce cas, l'exécution adaptative consiste à relancer une autre activité;
- l'évitement est défini par la présence physique de l'enfant dans l'activité, sans que celui-ci n'y participe réellement. On trouve deux types d'évitement :
 - *temporel*: concerne une passivité de l'enfant pendant un certain temps. Il se manifeste par une absence d'action sur le jeu pendant une durée dépassant un temps défini par l'expert ;
 - *visuel*: concerne toute orientation du regard dans une direction autre que celle de l'écran où le jeu se déroule.

Selon les experts en pédopsychiatrie avec qui nous travaillons, l'évitement de l'enfant est dû le plus souvent à une inadéquation du stimulus à l'enfant. Dans ce cas, le système change l'objet du jeu pour améliorer le comportement de l'enfant.

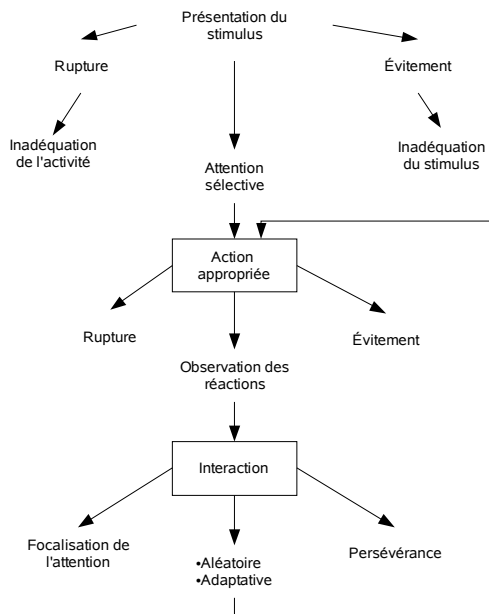


Figure 2. Contrôle d'exécution par analyse de comportements.

Comme nous venons de le voir, l'orientation du visage et du regard s'avèrent être de précieux indices afin de qualifier l'attention.

Dans la section suivante, nous décrirons l'architecture globale de la plateforme de rééducation adaptative que nous avons développée et dans laquelle nous avons intégré le modèle d'inattention qui sera décrit dans la dernière section de cet article.

4. ARCHITECTURE GÉNÉRALE ET PROCESSUS DE VISION

4.1 Architecture du système

Chaque enfant est caractérisé par ses propres compétences et préférences, nécessitant un traitement adapté. Nous devons donc favoriser l'adaptabilité du système pour tenir compte des déficits spécifiques observés sur chaque enfant. Il est essentiel d'interpréter soigneusement les comportements afin d'identifier le mode d'attention de l'enfant. Dans le contexte applicatif, notre architecture vise à apporter flexibilité et modularité dans la réadaptation individualisée des enfants autistes. En conséquence, nous proposons une architecture qui permet :

- d'établir un protocole: cela satisfait les objectifs éducatifs que l'enfant veut/doit atteindre en tenant compte de son profil défini par son identité (nom, date de naissance, etc.), ses compétences ([niveau d'acquisition], [perception, milieu], etc.) et ses préférences ([durée de session], [couleur]...) [19];
- d'observer les actions de l'enfant pendant la session afin de comprendre son comportement: l'observation est faite sur les actions effectuées sur les périphériques (souris, écran à contact, clavier...), par caméra (pour le suivi des gestes, du mouvement et de l'orientation du regard), et par l'analyse de l'attention (nous expliquerons cette partie plus en détail dans la prochaine section);

- en observant le comportement de l'enfant, le système détecte des cas où les activités suggérées ne répondent pas à la démarche standard. Par conséquent s'ensuit une mise à jour du protocole.

La Figure 3 représente l'architecture générale du système qui se décompose en trois sous-systèmes :

- le système d'observation et d'analyse de comportement, qui capture, analyse et interprète le comportement de l'enfant.
- le système de décision qui adapte et vérifie l'exécution du jeu.
- le système d'action qui organise le déroulement du jeu.

Concernant les deux derniers sous-systèmes, le lecteur pourra se reporter à [20] ou à [19] ainsi qu'à [11] qui décrivent de manière approfondie l'architecture multi-agents utilisée. Le système d'observation et d'analyse de comportement est présenté dans la prochaine sous-section.

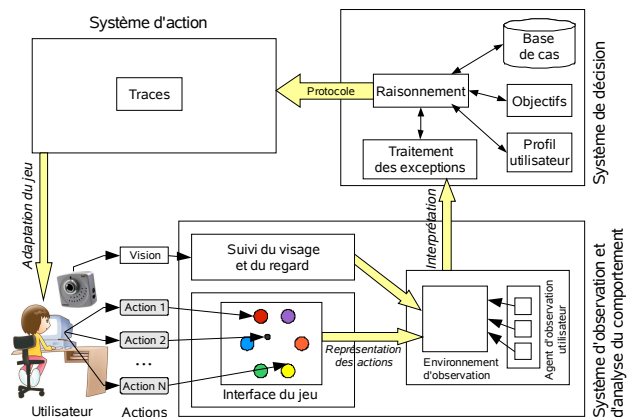


Figure 3. L'architecture générale.

4.2 Le processus de vision

Une nombreuse bibliographie peut être trouvée concernant le sujet de l'interprétation d'expressions faciales [15], dans notre cas, seule l'attention nous importait, il fallait de plus tenir compte du contexte d'utilisation du système de vision, celui-ci devait :

- être non-invasif;
- être peu coûteux;
- être mono-utilisateur;
- permettre de garder une trace des informations mesurées;
- pouvoir être exécuté sur un ordinateur standard en temps réel.

Lors de nos premières expérimentations nous avons choisi d'utiliser *FaceLab*. Il s'agit d'un système commercial robuste, flexible et sans contact de suivi de visage et de regard. Cet équipement étant coûteux, nous avons choisi de développer notre propre système. Celui-ci a pour principales fonctionnalités les suivis du visage et du regard.

Une webcam IEEE-1394 permettant l'acquisition d'une image en niveaux de gris, connecté à un PC standard, est utilisée. En dépit de son faible coût, cette caméra effectue des acquisitions en 640x480 pixels à la cadence de 30 images secondes. Ce qui représente un compromis cadence/résolution suffisant pour obtenir à la fois une bonne localisation des éléments faciaux et leur suivi robuste. Il est en effet difficile d'effectuer une prédiction de mouvement en dessous d'une cadence de 10-15 images/seconde : le mouvement apparent des yeux et du visage apparaît alors chaotique. Puisque l'acquisition s'effectue dans un environnement intérieur assez peu éclairé (pour ne pas perturber les enfants) nous avons préféré une caméra niveaux de gris à une classique caméra couleur. Les premières ont une meilleure sensibilité et une meilleure qualité d'image (elle n'utilise pas de filtre Bayer), elles sont donc bien mieux adaptées. Ces caméras peuvent également, si elles sont munies d'une optique appropriée, être utilisées avec une source de lumière infrarouge afin de permettre un éclairage frontal plus uniforme et donc un suivi de visage plus efficace. Nous n'utilisons par cette possibilité pour l'instant.

L'algorithme de suivi que nous avons développé est constitué de trois modules :

- le module de *détection de visage* détermine si un visage est présent dans le champ de la caméra. Si c'est le cas, ce module se charge d'estimer approximativement la position 2D du visage et des ses éléments caractéristiques (sourcils, yeux, narines, bouche) grâce à un modèle simple (cf. Figure 4).

- le module de *localisation d'éléments caractéristiques* recherche la position exacte des éléments. Il estime ensuite la position et l'orientation 3D des yeux et du visage.

- le module de *prédiction* calcule la position de chaque élément pour la trame suivante. L'estimation est effectuée sur les positions 3D de chaque élément. Ces positions sont ensuite projetées dans l'espace 2D de la caméra afin d'aider le traitement de la trame suivante.

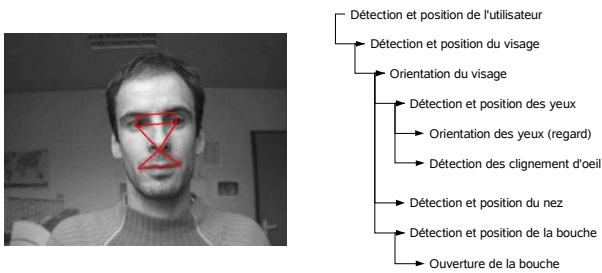


Figure 4. Gauche: Le modèle 2D utilisé par le module de détection de visage. Droite: séquence des informations générées par l'algorithme de suivi de visage.

Une caractéristique importante de notre algorithme est sa capacité à générer l'information en séquence (cf. Figure 4). Autrement dit, l'algorithme essaie de fournir le plus d'information possible avec une précision maximum. S'il n'arrive cependant pas à localiser certains éléments, il continue à délivrer des informations de plus bas niveau. Par exemple, si l'algorithme ne peut pas localiser précisément les yeux de l'utilisateur dans le module de *localisation*

d'éléments caractéristiques, il continuera malgré tout à fournir la position du visage et une estimation de la position des yeux car ceux-ci sont également détectés dans le module de *détection de visage*.

Pour le moment, aucune calibration n'est nécessaire. Ce choix est dicté par la précision requise par les jeux interactifs (de l'ordre du quart d'un écran; l'essentiel est de savoir si l'enfant regarde ou non l'écran). De plus le fait de ne pas avoir cette étape de calibration facilite grandement l'utilisation du logiciel dans un contexte hospitalier.

Les informations calculées par le module de vision servent à déterminer si l'enfant regarde l'écran. Cette information est elle même utilisée par le modèle d'inattention que nous avons mis en place et décrit dans la section suivante.

5. UN MODELE SIMPLE DE L'INATTENTION HUMAINE

Dans cette partie nous présentons un modèle simple de l'inattention (pour une personne qui a cessé de s'intéresser à une application interactive). L'objectif du modèle est de pouvoir définir le délai après lequel l'application devra attirer à nouveau l'attention de l'utilisateur. Ce modèle permet de prendre en compte le contexte: jeu d'action, jeu de réflexion, jeu de rôle, etc..

En termes d'état de l'art, nous n'avons trouvé que deux modèles répondant à nos besoins, celui basé sur une équation proie-prédateur [13] ainsi que celui à base de réseaux de neurones ART de Grossberg [9]. Jusqu'à présent, le mode de réaction des applications logicielles n'était guidé que par la durée d'inactivité du joueur déterminée par l'absence d'action sur la souris, la manette de jeu ou le clavier.

Ce modèle s'appuie sur deux paramètres:

- le type d'application;
- la durée d'utilisation de l'application (le potentiel d'action).

Le dernier paramètre dépend lui-même de deux facteurs:

- une fatigue naturelle apparaissant après une certaine période de concentration;
- une propension au désintérêt plus importante durant les premiers instants d'utilisation d'une application. Ceci traduit le délai *d'immersion* dans l'application.

Le modèle que nous avons adopté est basé sur une fonction exponentielle, permettant de prendre en compte la non linéarité du délai de réaction de l'application. En effet, un court moment d'inattention ne nécessite pas forcément une réaction immédiate de l'application. Par contre, plus le moment d'inattention devient long et plus il est important de réagir vite pour ne pas perdre totalement l'attention de l'enfant.

Le délai de réaction de l'application $D_{\gamma(t)}(P_{attention(t)})$ s'exprime donc par la relation suivante :

$$D_{\gamma(t)} = \exp^{\gamma(t) \times P_{attention}} \quad (1)$$

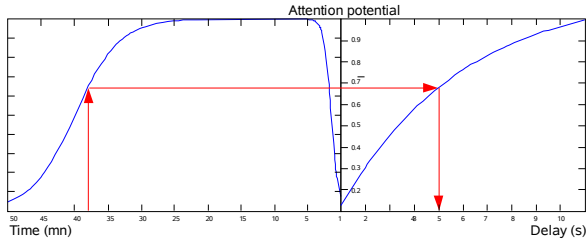


Figure 5. Courbes représentant les fonctions $P_{attention(t)}$ et $D_{\gamma(t)}(P_{attention(t)})$ permettant de déterminer le délai de réaction de l'application.

Son calcul s'effectue en deux étapes :

- en fonction du temps écoulé depuis le début d'utilisation de l'application, nous estimons le potentiel d'attention $P_{attention(t)}$;
- en fonction de ce potentiel et de l'application, nous estimons le délai $D_{\gamma(t)}(P_{attention(t)})$ après lequel l'application devra essayer de capter à nouveau l'attention de l'utilisateur inattentif. C'est le seuil heuristique γ , dont la valeur est fixée en fonction du type de logiciel qui caractérise chaque application. Plus l'application requiert une attention importante, plus ce seuil doit être haut, afin de raccourcir au maximum le temps au bout duquel on essaie de refixer l'attention, cela correspond à un temps de montée de la courbe plus important. γ est fonction du temps car nous avons estimé qu'il existe différents *tempo*s au cours du déroulement d'une application (intensité, stress, réflexion, action, etc.).

5.1 Le potentiel d'attention

Comme nous l'avons déjà évoqué, le potentiel d'attention dépend essentiellement de deux facteurs: la fatigue et l'engagement.

Nous avons décidé de modéliser l'éveil (inverse de la fatigue) par une sigmoïde dont les paramètres sont deux nombres réels β_1 et β_2 . β_2 représente la durée après laquelle les premiers signes de fatigue apparaissent. β_1 indique la vitesse d'apparition de la fatigue, une fois les premiers signes de fatigue apparus (cf. Figure 6).

$$P_{éveil} = \frac{\exp^{-\beta_1 t + \beta_2}}{1 + \exp^{-\beta_1 t + \beta_2}}, \quad (2)$$

avec β_1 et $\beta_2 \in \mathfrak{R}$.

L'engagement (densité de probabilité d'intérêt) est modélisé par une sigmoïde. Une activité est *a priori* relativement intéressante, mais si la personne prend part à cette activité pendant un certain temps déterminé par α_2 , nous pouvons considérer que l'intérêt apparaît à une vitesse proportionnelle à α_1 (cf. Figure 6).

$$P_{int \acute{e}ret} = \frac{1}{1 + \exp^{-\alpha_1 t + \alpha_2}}. \quad (3)$$

Pour obtenir notre modèle global de potentiel d'attention, nous avons couplé les modèles décrits par les équations (2) et (3) afin d'obtenir :

$$P_{attention} = P_{éveil} \times P_{int \acute{e}ret},$$

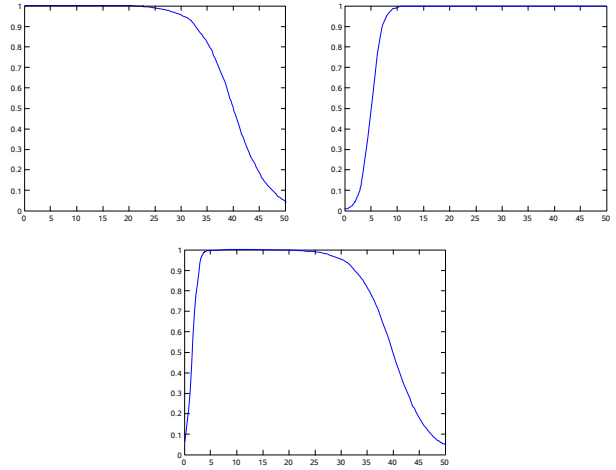


Figure 6. Gauche: modélisation de l'évolution de l'éveil. Droite: modélisation de la probabilité d'intérêt. En bas: modélisation du potentiel d'attention. L'axe des abscisses représente le temps en minutes. Chaque courbe n'est adaptée qu'à une seule personne impliquée dans un type unique d'activité ($\alpha_1 = 1, \alpha_2 = 3, \beta_1 = 0.3, \beta_2 = 12$).

Il est important de préciser que ce modèle n'a été testé que sur trois enfants autistes et n'est pas encore validé pour des personnes normales. Les premières expérimentations sont cependant prometteuses.

Ce modèle est actuellement implémenté dans une application dédiée à la rééducation des enfants autistes (voir section AutoS-TIC).

5.2 Un modèle de la distraction

Savoir que l'enfant est ou n'est pas attentif ne suffit pas. En effet, bien que paraissant attentif (c'est à dire regardant l'écran) un enfant peu très bien être distrait, *absent*, et donc ne plus être attentif à l'application. C'est un problème plutôt commun chez les enfants impliqués dans une application éducative (cela l'est moins lorsqu'il s'agit de jeux purement ludiques).

Pour détecter ce cas de figure nous avons effectué une corrélation entre les parties saillantes de l'image et le suivi de regard. Il semble en effet naturel que si l'enfant suit l'activité, son regard doit suivre ce qui se passe à l'écran. Une grande partie du travail est effectuée par l'algorithme de suivi de regard. Mais comment savoir ce que le regard doit suivre ? Nous avons fait l'hypothèse simple que si le regard se déplace en différentes parties de l'écran, tout se passe normalement, mais dès que le regard se fixe, nous évaluons le comportement de l'application soit en utilisant l'application elle-même (si nous pouvons maîtriser le déroulement de celle-ci) soit en utilisant une estimation temps réel du mouvement de chaque zone de l'image (Figure 7).

Ainsi nous pouvons déterminer si l'enfant est, ou non, attentif à l'application interactive proposée.

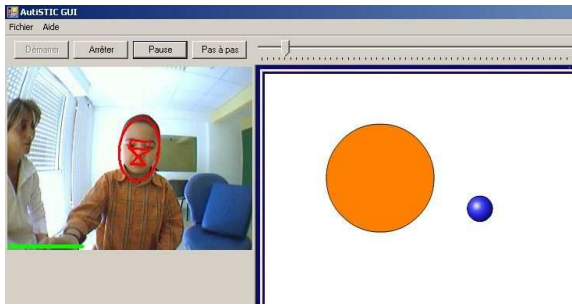


Figure 7. Corrélation entre la trajectoire de l'objet en mouvement sur l'écran et l'orientation de la tête.

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons présenté nos travaux concernant l'intégration d'un modèle d'inattention dans notre plateforme adaptative de rééducation pour enfants autistes.

Cette plateforme exploite les informations concernant le comportement explicite de l'enfant (actions sur la souris et le clavier) ainsi que son comportement implicite (mouvements du visage, regard) afin d'estimer le degré d'inattention de l'enfant et d'adapter au mieux l'activité.

Il est à noter que pour ce faire nous avons développé un logiciel d'annotation d'activités, *L3IAnnote*, grâce auquel le praticien commente des vidéos montrant des enfants en atelier informatique. Nous utilisons ensuite ces annotations afin de mettre en place des mesures automatiques et de valider nos modèles d'inattention et de distraction.

Les logiciels, installés sur les sites universitaire et hospitalier, ont permis de confronter le modèle d'inattention proposé à une vérité terrain obtenue sur trois enfants autistes filmés lors d'ateliers informatiques. Les annotations comportementales et attentionnelles ont été réalisées sur ces mêmes vidéos.

Nous avons observé les réactions du logiciel (génération de stimulus sonores, visuels...) lors de l'analyse *à posteriori* de ces vidéos. Nous avons également estimé les paramètres du modèle attentionnel pour chaque enfant de l'expérimentation. A partir de ces paramètres, nous avons construit des modèles que nous avons confrontés avec les estimations des experts. Les résultats obtenus avec les quelques enfants participant à notre étude sont intéressants, à savoir la confirmation d'une courbe en forme de baignoire inversée, mais ce nombre devra être significativement augmenté et le modèle devra également être validé sur des personnes non-autistes.

Nous allons continuer les ateliers avec les mêmes enfants en laissant cette fois-ci l'initiative des stimuli à l'ordinateur pendant les ateliers, afin d'analyser leur comportement. Bien qu'il soit pour l'instant d'une précision limitée, notre système de suivi du visage est du regard génère des informations suffisamment robustes pour qu'elles puissent être exploitées par le modèle d'inattention. Nous travaillons actuellement à l'amélioration de la précision des positions et orientations calculées afin de rendre l'estimation de l'inattention plus précise.

7. AUTEURS ADDITIONNELS

Dr Lambert, (email: annie.ruas@ch-larochelle.fr)
 Département de Pédopsychiatrie - Hôpital de La Rochelle,
 U.P.E.A. Centre Hospitalier Marius Lacroix, 208, rue Marius
 Lacroix, 17000 La Rochelle, France.

8. REFERENCES

- [1] A. Billard. Play, Dreams and Imitation in Robota. In Workshop on Interactive Robotics and Entertainment, 2000.
- [2] A. Billard, K. Dautenhahn, and G. Hayes. Experiments on human-robot communication with robota, an interactive learning and communicating doll robot. In B. Edmonds and K. Dautenhan, editors. Socially situated intelligence workshop (SAB 98), pages 4–16, 1998.
- [3] C. Breazeal and B. Scassellati. How to build robots that make friends and influence people. Volume 2, pages 858–863 vol.2, 1999.
- [4] D.J Cohen and F. R. Volkmar. Handbook of Autism and Pervasive Developmental Disorders. Wiley, 3rd edition, 2005.
- [5] K. Sehaba V. Courboulay E. Bouchaud D. Lambert, P. Estrailier and V. Gabet. Informatique appliquée aux troubles autistiques. Présentation d'un projet de partenariat entre équipe de pédopsychiatrie et le laboratoire universitaire d'informatique. In Journées Nationales (SFPEADA'05), Tours, Juin 2005.
- [6] K. Dautenhahn. Design issues on interactive environments for children with autism. In Proceeding 3rd Intl Conf. Disability, Virtual Reality & Assoc, page 153-159, Alghero, Italy, 2000.
- [7] M. Fabri and D.J. Moore. The use of emotionally expressive avatars in collaborative virtual environments. In Proceeding of Symposium on Empathic Interaction with Synthetic Characters, held at Artificial Intelligence and Social Behaviour Convention 2005 (AISB 2005), University of Hertfordshire, 2005.
- [8] C. and Grynfeldt S. Gepner, B. Deruelle. Motion and emotion: a novel approach to the study of face processing by young autistic children. Journal of autism and developmental disorders, 31(1):37–45, February 2001.
- [9] S. Grossberg. The link between brain learning, attention, and consciousness. Consciousness and Cognition, 8, 1-44.
- [10] J.-C. Grynspan, O. Martin and N. Oudin. Towards a methodology for the design of human computer interfaces for persons with autism. ACM Crossroads, Special Issue on Human-Computer Interaction, Winter 2003.
- [11] O. Gutknecht and J. Ferber. MadKit: Organizing heterogeneity with groups in a platform for multiple multi-agent systems. Technical report, LIRMM, 161, rue Ada - Montpellier - France, Décembre 1997.
- [12] M. Larochelle and C. Robitaille. L'attention: un phénomène aux multiples déficits. Psychologie-Québec, Novembre 2000.
- [13] M. Lesser and D. Murray A Model of the Interest System. <http://www.autismandcomputing.org.uk/index.html>.

- [14] J. Montemayor. Physical programming: tools for kindergarten children to author physical interactive environments. Thèse de doctorat, department of computer science, University of Maryland, USA, 2003.
- [15] M. Pantic, A. Pentland, A. Nijholt and T.S. Huang. Human Computing and Machine Understanding of Human Behavior: A Survey. Artificial Intelligence for human computing. Eds. Springer, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol. 4451, pp. 47-71, 2007 (Copyright 2007 Springer).
- [16] S. Parsons. Social conventions in virtual environments: investigating understanding of personal space amongst people with autistic spectrum disorders. *Robotic & Virtual Interactive Systems in Autism Therapy*, 2001.
- [17] K. Boekhorst R. Robins, B. Dautenhahn and A. Billard. Effects of repeated exposure of a humanoid robot on children with autism. In *Universal Access and Assistive Technology (CWUAAT)*, Cambridge, UK, Mars 2004.
- [18] R.J. Schopler, E. Reichler and M. Lansing. *Stratégies éducatives de l'autisme et des autres troubles du développement*. Collection Médecine et psychothérapie, 1988.
- [19] K. Sehaba, P. Estrailier, and D. Lambert. Interactive educational games for autistic children with agent-based system. 4th International Conference on Entertainment Computing, page 422-432, September 2005.
- [20] K. Sehaba, V. Courboulay and P. Estrailier. Interactive system by observation and analysis of behavior for children with autism. *Technology and Disability*, 2006.