



**MASTER HANDI**  
**Domaine : Sciences Technologie, Santé (STS)**  
**Mention : Ingénierie et Cognition**  
**Spécialité : Technologie et Handicap**  
**Rapport de stage M2**

**Adaptation du logiciel français Pictimage  
au contexte russe**

Evgeniya ISHKINA

Directeur de stage : Tatiana SIMONOVA

Lieu du stage : Université d'Etat d'Astrakhan, Astrakhan, Russie

**Coordonnateur :**  
J. LOPEZ KRAHE

Paris, Février 2015



**SOCRATES** *Community action programme  
in the field of education*

## REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma gratitude toute particulière à M. Jack SAGOT pour m'avoir proposé ce sujet et avoir suivi très attentivement ce travail de stage. Il m'a donné des conseils très utiles et il a mis à ma disposition ses compétences et ses riches expériences dans le développement des aides technologiques pour la scolarisation des jeunes handicapés notamment des déficients moteurs. Je le remercie pour son soutien très précieux en cours de réalisation de ce projet.

Je remercie aussi Mme Tatiana SIMONOVA et toute l'équipe de l'école spécialisée correctionnelle №7 pour les enfants handicapés moteur pour m'avoir accueilli au sein de leur établissement en collaboration avec l'Université d'Etat d'Astrakhan. Cela m'a permis d'avoir une expérience utile sur le plan professionnel et humain. J'espère continuer à faire des projets utiles en synergie avec les spécialistes de cette école.

Je tiens à remercier le responsable du Master 2 Ingénierie et Cognition – spécialité Technologie et Handicap, M. Jaime LOPEZ-KRAHE pour l'encadrement universitaire de ce projet de stage, pour m'avoir permis d'effectuer mon travail et ma soutenance dans des conditions favorables.

## RESUME

Des élèves sévèrement handicapés sur le plan moteur sont souvent aussi privés de la parole, ils ont besoin des moyens spécifiques pour communiquer et pour apprendre. Des aides technologiques adaptées y peuvent être très utiles, elles peuvent notamment servir de support à l'apprentissage des codes de communication (code logographique/pictographique, par exemple : CAP, code logographique/idéographique, par exemple : BLISS, ou code phonographique/morphographique, par exemple : différents alphabets) et ensuite à leur utilisation. Dans le cadre des classes inclusives ces outils peuvent aider en préparation des exercices pédagogiques dans la forme accessible aux élèves en situations de handicap.

Dans le cadre de ce stage, parmi les logiciels d'aide à la communication et surtout à l'apprentissage, nous nous sommes particulièrement intéressés au logiciel français Pictimage. Ses usages possibles portent d'une part, sur l'apprentissage par des exercices, ou des jeux éducatifs, adaptés au niveau cognitif et aux possibilités physiques de chaque élève sévèrement handicapé sur le plan moteur, et d'autre part, sur la structuration de la communication à l'aide des tableaux de pictogrammes individualisés. Certains de ces usages peuvent aussi être intéressants pour les enfants moins sévèrement touchés.

En Russie, et notamment dans la région d'Astrakhan où le stage a eu lieu, il existe une demande importante pour des outils informatiques qui peuvent aider dans la scolarisation des élèves handicapés en jouant le rôle compensatoire pour leurs différentes déficiences ; ils peuvent aussi augmenter le niveau de motivation de ces enfants par leurs aspects ludiques et modernes. Mais malheureusement sur le marché Russe, on constate le manque d'outils d'aide à l'apprentissage et à la communication des jeunes handicapés.

L'interface de logiciel Pictimage est en français. Dans le cadre de ce stage la démarche consistait non pas uniquement à traduire son interface utilisateur en russe, mais à réorganiser le logiciel en couches pour une meilleure séparation de la logique métier et de la logique de présentation. Il a aussi été décidé de changer de langage et d'environnement de programmation (initialement : Object Pascal / Delphi, dans la nouvelle version : Java / SWT / Eclipse) en vue de faciliter le développement d'une version pour Android pour la suite de ce stage.

Le développement d'un nouveau logiciel russe créé à partir de Pictimage s'est centré sur l'étude des enfants atteints d'infirmité motrice cérébrale (IMC) au sein de l'école spécialisée correctionnelle №7 d'Astrakhan en collaboration avec le personnel de cette école, notamment un neurologue, un orthophoniste, un ergothérapeute et un enseignant d'arts visuels. Une évaluation de ce logiciel a été réalisée à la fin du stage et un plan de travail futur a été défini.

**Mots clés :** TICE, handicap moteur, troubles de la parole, infirmité motrice cérébrale, technologies de compensation, communication alternative, communication assistée, inclusion scolaire, technologies d'assistance.

## ABSTRACT

Children with severe motor disabilities often have associated language and speech disorders. They need specific tools to communicate and learn. Adapted ICT tools could be useful. They could be used to facilitate communication code learning and usage (logographic/pictographic code, for example: CAP, logographic/ideographic code, for example: BLISS, or phonographic/morphographic code, for example: different alphabets). Within inclusive education system, these tools could help to prepare pedagogical exercises suitable for children with disabilities.

The project of this internship was based upon Pictimage, the French software product for learning and structuring communication. Its possible application first concern learning thru exercises and simple games customized to children disabilities, and then, on communication structuration with personalized pictograms.

In Russia, and in particular in Astrakhan region where the internship took place, there exists a real demand on ICT tools for children with disabilities; such modern tools which are lacking in Russia, could enhance children motivation and improve learning environments.

Pictimage interface is in French. Beyond defining a Russian interface, my internship consisted in reorganizing the application in layers to clearly separate model from presentation. We also decided to switch programming environment from Object Pascal / Delphi to Java / SWT / Eclipse) in order to facilitate an Android version development in the future.

The Russian application we developed with Pictimage, was oriented to children with cerebral palsy within the 7<sup>th</sup> specialized school of Astrakhan and was developed in close cooperation with a neurologist, a speech pathologist, an ergotherapist and a visual arts professor of this school. An application evaluation was performed at the end of the internship and directions of further developments were given in conclusion.

**Keywords** : ICT for education, motor disabilities, speech disorders, cerebral palsy, compensation technologies, alternative communication, assisted communication, inclusive education, assistive technologies

## TABLE DE MATIÈRES

Introduction.....	7
Etat de l'art.....	9
Communication améliorée et alternative (CAA) .....	9
Codes de communication.....	11
Classification d'applications dans le domaine de CAA.....	13
Aides techniques de CAA avec support de la langue russe.....	15
LetMeTalk.....	15
« Parle silencieusement ».....	16
« Comprends-moi ».....	16
« Autisme : communication » .....	17
Pictimage .....	18
Concept du logiciel .....	18
Activités d'apprentissage .....	19
Conclusions.....	22
Analyse des besoins du terrain.....	23
Objectifs de la démarche.....	23
Contexte d'utilisation .....	24
Usages supplémentaires .....	24
Modélisation du système .....	25
Acteurs métiers .....	25
Processus métiers.....	25
Diagramme des cas d'utilisation .....	27
Choix et validation des technologies de développement .....	30
Implémentation.....	32
Architecture de l'application .....	32
Logique métier .....	32
Modèle d'activité.....	33
Modèle de profil élève .....	35
Logique de présentation .....	36
Diagramme de classes .....	36
Internationalisation.....	37
Synthèse vocale.....	37
Expérimentation et évaluation.....	39
Conclusion .....	42
Bibliographie .....	43

Glossaire .....	45
Annexes .....	46
Annexe 1. Exemples d'activités sérialisées en XML .....	46
Annexe 2. Liste des figures et des tableaux .....	49

## INTRODUCTION

Aujourd'hui, dans la région d'Astrakhan il existe 13 établissements d'enseignement spécialisés appelés correctionnels où environ 500 enfants handicapés font leurs études. Dans 28 établissements ordinaires se trouvant dans 8 municipalités de la région d'Astrakhan, il y a au total 220 élèves handicapés qui font leurs études à domicile (à distance). Au cours des dernières années le nombre d'enfants handicapés en enseignement à distance a augmenté en phase avec un des axes du Programme national d'éducation. Depuis quelques années, dans la région d'Astrakhan on passe progressivement d'un système d'éducation spécialisée pour les enfants handicapés au système d'éducation intégrée (dans la mesure du possible). L'intégration consiste à placer des élèves handicapés en milieu ordinaire. L'étape suivante c'est l'éducation inclusive où on prend plus conscience des besoins spécifiques des élèves et on met l'accent sur l'accessibilité des apprentissages.<sup>1</sup>

Dans le cadre de ce stage, nous avons choisi de faire une adaptation du logiciel français Pictimage au contexte russe et notamment à celui des écoles correctionnelles du VI-ème type. En Russie on a 8 types d'établissements scolaires spécialisés. La mission des établissements du VI-ème type concerne l'éducation des enfants déficients moteurs, notamment ceux touchés par l'infirmité motrice cérébrale et d'autres maladies du système nerveux central, leur réadaptation, le développement des fonctions motrices, la correction des troubles du développement mental et de la parole, leur adaptation sociale et leur intégration dans la société.

Pictimage est un logiciel qui permet de générer des exercices basés sur des images et la lecture vocale de petits textes liés aux images. Les profils d'utilisation sont divers : pour l'apprentissage à la communication codée d'enfants déficients moteurs non-parlants ou bien pour la mise en place de jeux et exercices basés sur des images et portant sur la structuration du temps, de l'espace, l'ordre ou les propriétés des objets représentés. Pictimage est orienté sur la structuration pédagogique des messages de l'élève ce qui en fait un outil intéressant pour l'enseignant dans l'apprentissage à la communication codée.

Pour le terrain d'étude et d'expérimentation dans le cadre de ce stage, nous avons choisi l'établissement d'enseignement spécialisé №7 du VI-ème type d'Astrakhan. La plupart des élèves de cette école d'Astrakhan sont touchés par l'infirmité motrice cérébrale de différentes formes (75%). Une grande partie des élèves a des troubles de la motricité fine (66%), des troubles de la parole (48%). 93% d'élèves ont des déficiences sensorielles associées, ce sont des pathologies de la vision et de l'ouïe de différents niveaux de gravité. 65% d'élèves sont touchés par un retard psychique (troubles déficitaires de l'attention, troubles mnésiques, troubles émotionnels) de différents niveaux de gravité. Environ 20% ont un retard mental. Au total, dans cette école il y a une centaine d'élèves dont la majorité (environ 57%) sont d'âge préscolaire (2-7 ans).<sup>2</sup>

Le travail a été réalisé à l'Université d'Etat d'Astrakhan sous la direction de Mme Tatiana Simonova, neurologue et docteur en sciences pédagogiques, professeur au département pédagogique. Elle a été médecin-chef du Centre de réadaptation pour les enfants atteints de l'IMC d'Astrakhan. Ses principaux centres d'intérêts portent sur la complémentarité de l'approche médicale et de l'approche pédagogique pour les enfants handicapés moteurs, sur l'éducation inclusive et les

---

<sup>1</sup> Informations du rapport non-publié de Tatiana Simonova sur la mise en oeuvre du système d'éducation intégrée dans la région d'Astrakhan (Astrakhan, 2014)

<sup>2</sup> Informations du rapport non-publié sur les mesures de réadaptation médicale des élèves de l'école spécialisée correctionnelle №7 d'Astrakhan (Astrakhan, 2014)

technologies de compensation. L'équipe qui a été créée au sein de l'école spécialisée №7, était composée également d'un orthophoniste, un ergothérapeute et un enseignant d'arts visuels.

Ce rapport est composé de 5 parties. Dans un premier temps, on présente un état de l'art dans le domaine de la communication alternative et améliorée dans le monde entier et en particulier en Russie. On décrit le concept et les fonctionnalités du logiciel français Pictimage. Ensuite, nous présentons les résultats de l'analyse du terrain et les objectifs détaillés du projet de stage avec le contexte d'utilisation du logiciel. Par la suite, le modèle du nouveau système et les détails d'implémentation sont fournis. Les résultats de la première expérimentation au sein d'un groupe d'élèves de l'école ciblée sont présentés dans le chapitre suivant, des pistes d'évaluation sont marquées. Une vision de développements futurs clôture ce rapport.



## ÉTAT DE L'ART

### Communication améliorée et alternative (CAA)

La communication consiste en transferts d'informations de toutes formes et par n'importe quel canal disponible. Elle se joue avec un ensemble de mécanismes dans l'échange interindividuel, en faisant intervenir le langage (oral, souvent) mais aussi tout un ensemble de comportements non verbaux (gestualité, tonalité de la voix, etc.) (Cataix-Nègre, 2013). C'est le processus dynamique de mise en commun de ce que l'on est, de ce que l'on sait, et que l'on a d'unique dans un système humain donné. (Le Cardinal, 1989)

Les deux types de moyens mentionnés ci-dessus, le langage et les comportements non verbaux, constituent deux formes de communication, communication verbale et non verbale respectivement. La communication verbale implique l'apprentissage du langage et s'effectue souvent sous forme de dialogue. Des moyens non-verbaux sont importants pour que la communication soit efficace, c'est une émotion, une expression qui vient au-delà des mots. Suivant la situation et les capacités des sujets de la communication, une des formes peut dominer sur l'autre.

Communication a une dimension temporelle ainsi que spatiale, elle réunit les acteurs à travers le temps et l'espace. Elle peut aussi se faire à distance, pour cela il faut avoir un outil de communication spécifique. Actuellement des technologies permettent de garder l'utilisation de la plupart des moyens verbaux et non verbaux de la communication mais parfois on doit s'en priver de certains moyens (par exemple, des gestes, du langage oral, etc.).

Les enfants handicapés sur le plan moteur sont souvent atteints des troubles de l'articulation de différents niveaux de gravité jusqu'à l'anarthrie. Le développement prélangagier de ces enfants est souvent troublé. Un autre problème représentent les moyens non verbaux de ces enfants qui sont peu ou pas du tout compréhensibles. La mimique, les gestes, les mouvements corporels qui représentent des signes importants pour la communication, ne peuvent pas être utilisés par les enfants atteints de l'IMC pour exprimer leurs besoins et leurs désirs sans ambiguïté (Gaydukevich, 2008).

Dans (OMS, 1993) les auteurs décrivent les capacités de communication des enfants atteints de l'IMC. La plupart de ces enfants peuvent entendre. Pour eux, écouter et comprendre viennent avant la parole. Les enfants touchés par l'IMC qui ne peuvent pas contrôler les mouvements de la tête, du visage, de la bouche et de la langue ont du mal à prononcer les mots clairement. Il est important d'encourager ces enfants à communiquer avec des moyens de communication adaptés et apprendre la famille à reconnaître tous les moyens qu'ils utilisent.

A part les enfants atteints de l'IMC, il y a d'autres catégories d'enfants qui ont des besoins de communication particuliers : des déficients cognitifs, des enfants ayant des troubles du spectre autistique ou des troubles sévères de la parole, des traumatisés crâniens, etc.

En Russie, pendant longtemps le problème de la communication chez des enfants ayant des troubles majeurs de la parole a été considéré uniquement du point de vue de la parole. De nombreux auteurs cités dans (Martynenko, 2009) notent que les enfants porteurs des pathologies de la parole se caractérisent par un manque de motivation pour communiquer, une difficulté de construction des phrases, de catégorisation des concepts, des limites d'application des moyens non verbaux, une confusion des objectifs de la communication.

Parmi des enfants porteurs des pathologies de la parole il y a ceux qui sont totalement privés de la parole. C'est le cas de l'anarthrie ou l'alalie. Les résultats de recherche dans le domaine

d'orthophonie montrent qu'il y a eu des effets positifs d'une éducation spécialisée sur les capacités impressives et expressives de la parole (Smirnova, 2004). La compétence impressive ou sensorielle porte sur la perception et la compréhension de la parole. La compétence expressive ou motrice porte sur la production de la parole par le sujet. Par contre, on ne développait pas suffisamment chez ces enfants des compétences communicatives.

A la différence de cette approche adoptée en Russie, en Europe d'autres méthodes ont été pratiquées depuis assez longtemps déjà et elles se sont montrées prometteuses pour les enfants privés de la parole (Martynenko, 2009). Il s'agit de la mise à disposition de ces enfants des moyens alternatifs de communication ce qui permet de former leurs bases de communication et des compétences communicatives sans passer par la parole. Souvent des supports matériels dominaient sur les aides techniques. Bien sûr avec l'évolution de technologies on a de plus en plus de moyens de développer des outils techniques adaptés.

Il est clair que les technologies informatique ont vocation à lever les obstacles auxquels se trouve confronté l'élève déficient dans le milieu scolaire. Elles impliquent aussi que l'on rentre dans la logique du scénario pédagogique interactif, dans lequel il s'agit moins de compenser des manques que de lever des obstacles (Benoît, 2008).

La définition habituellement donnée de la communication améliorée et alternative fait référence au « domaine de la pratique clinique qui tend à apporter des compensations (temporaires ou définitives) aux déficits et incapacités des individus souffrant de troubles sévères de la communication au niveau de l'expression : troubles du langage parlé et troubles moteurs affectant l'écriture. » (Chevie-Muller, 2007)

La CAA a émergé dans un domaine interdisciplinaire il y a plus de 30 ans. En Russie, des différentes méthodes de la CAA se développaient, mais l'intérêt aux aides techniques de support de la CAA est né tout récemment. On utilise plutôt un transfert de connaissances et de compétences des collègues européens et américains qui ont une grande expérience dans ce domaine.

L'objectif de ce domaine est double. D'une part, c'est d'améliorer les capacités de communiquer chez les personnes qui ont des troubles de la production de la parole ou du langage oral et qu'on peut avoir du mal à comprendre (communication améliorée). D'autre part, c'est de proposer une alternative du langage oral aux personnes qui n'ont pas accès à cette forme d'expression suite aux différentes déficiences (communication alternative).

La CAA est utilisée par des personnes atteintes de troubles très différentes. Dans (von Tetzchner, 2000) Stephen von Tetzchner et Harald Martinsen distinguent trois catégories de personnes censées d'utiliser les outils adaptés de la CAA :

1. Les gens qui peuvent percevoir et comprendre le langage oral mais qui n'ont pas de possibilité de traduire ses besoins, ses pensées, etc. par un langage oral, par exemple à cause de l'IMC. Ces gens ont besoin d'un outil qui remplacera leur production de langage oral et ainsi permettra de communiquer (CAA comme moyen expressif de communication).
2. Les gens dont le langage oral être rendu compréhensible à l'aide des outils spécifiques (par exemple c'est le cas d'autisme infantile). Ils peuvent arriver à s'exprimer plus ou moins bien dans un environnement connu mais dans toutes les autres situations ils ont besoin d'un système de support de leur langage oral (CAA comme support du langage oral).
3. Les gens pour lesquels il est trop difficile de percevoir et de produire du langage oral (par exemple dans le cas du polyhandicap) et qui ont besoin d'avoir une alternative. Pour cette catégorie des gens il faut un apprentissage de la perception du langage et de la communication (CAA comme alternative au langage).

Dans certains cas, l'utilisation de la CAA permet de développer les fonctions impressive et expressive du langage. Mais souvent les enfants touchés par l'IMC n'ont pas de problèmes pour comprendre le langage oral mais ils ne peuvent pas exprimer leurs besoins verbalement parce qu'ils ne peuvent pas exécuter des mouvements volontaires arbitraires de l'appareil articulatoire. Ces enfants ont besoin d'un outil de communication alternative adapté pour une compensation définitive de leurs incapacités (Kalinnikova, 2009).

Dans le guide de réadaptation de l'OMS (OMS, 1993) il est précisé que pour que les méthodes alternatives de communication puissent être développées il faut que d'abord l'enfant parvienne à communiquer correctement avec un code logique de Oui/Non. C'est dans ce cas que l'on peut introduire d'autres formes de communication plus expressives comme tableaux de pictogrammes. Pour apprendre l'enfant à utiliser un code logique il faut trouver ce dont il a besoin ou envie et poser des questions Oui/Non, telles que : « tu veux boire ? ». Et pour apprendre l'enfant à utiliser un tableau de communication il faut d'abord trouver un moyen de désigner une image. Les images dans ce tableau peuvent correspondre aux différentes activités de l'enfant et de sa famille.

Gayle Porter (orthophoniste, Australie, Isaac, citée dans (Cataix-Nègre, 2013)) souligne que si l'enfant avec une pathologie d'expression orale ne reçoit que de la langue orale, il a le plus grand mal à mettre en place une éventuelle langue alternative. Donc il faut pratiquer cette dernière pour que le jeune enfant l'utilise. Le choix d'un code dépend de l'âge de l'enfant, de ces capacités cognitives et de ses besoins communicatifs.

La communication est par nature multimodale. Elle joint le geste à la parole, ainsi que la désignation d'objets et d'images pour préciser les choses et les actions. Les images sont des supports adaptés pour garder une information et y revenir. Manipuler concrètement les images permet de « contenir » dans la pensée les concepts représentés (Cataix-Nègre, 2013).

Pour un enfant avec un retard de développement il est particulièrement important de fournir des informations sur plusieurs canaux actifs simultanément (auditif, visuel, kinesthésique). C'est le principe de la redondance. Ainsi on aide à l'enfant de développer son intelligence, d'associer des informations obtenues sur les différents canaux disponibles. Cela constitue la base de l'activité symbolique ultérieure (Ryskina, 2007).

Dans (Zvonkin, 1990) l'auteur démontre en se basant sur les résultats d'une expérimentation que l'utilisation des symboles logographiques (des signes) n'est pas efficace dans le cas où c'est une méthode unique d'apprentissage (excluant le langage naturel). Les symboles n'acquièrent un sens qu'en relation avec des mots. C'est le langage naturel qui représente une base puissante de formation des concepts abstraits.

Avant de déterminer une intervention appropriée, il faut effectuer une évaluation des compétences communicatives de l'enfant donné et de différentes compétences en rapport avec l'utilisation d'un code pictographique de suppléance, comme par exemple possibilité de catégoriser des logogrammes plus réels et plus abstraits selon les concepts qu'ils représentent, possibilité d'identifier une pictogramme dans une série de pictogrammes affichés, etc. Des informations plus complètes sur la procédure d'évaluation préalable et continue sont présentées dans la section Expérimentation et évaluation du présent rapport.

## Codes de communication

Un code de communication sert à représenter un message en utilisant certaines règles. Il existe plusieurs supports de communication codée non-verbale. Ce sont des codes alphabétiques (phonographiques) et des codes logographiques dont la plupart sont pictographiques. Les

pictogrammes peuvent être en couleur ou en noir et blanc, qui peuvent être plus abstraites ou plus réels, gratuites ou payantes, qui peuvent venir avec ou sans méthodologie d'apprentissage. Des exemples sont ARASAAC, CAP et beaucoup d'autres. Il existe aussi des codes idéographiques dont le plus célèbre est BLISS.

Les codes alphabétiques sont difficiles à apprendre et nécessitent la maîtrise du langage écrit. Il existe des alphabets classiques de toutes les langues et puis des variations qui permettent à une personne handicapée sur le plan moteur d'accélérer l'accès aux différentes lettres par balayage : ce sont des alphabets triés selon l'ordre de fréquence de leurs éléments à l'écrit ou à l'oral, etc.

Les pictogrammes et les idéogrammes utilisés dans ces codes constituent tous ensemble des logogrammes. Un idéogramme note un élément abstrait de la réalité, une idée, tandis qu'un pictogramme représente directement, en le dessinant, un élément concret de la réalité. Un pictogramme désigne un concept (un mot) qui ressemble visuellement à son dessin et un idéogramme peut porter sur des concepts liés à ce qu'il représente graphiquement.

L'utilisation de chaque code requière des connaissances sémantiques. Des codes logographiques demandent un certain niveau de symbolisme et reposent sur le canal visuel du sujet, surtout cela concerne des pictogrammes fins et en couleur. Pour manipuler ces codes on peut utiliser une désignation directe ou indirecte (par balayage, par exemple). Des exemples de codes logographiques sont brièvement décrits ci-dessous.

ARASAAC<sup>3</sup> est une banque gratuite de plus de 6000 pictogrammes en couleur et en noir et blanc mis à disposition en ligne sur le portail aragonais pour la communication alternative et améliorée. Voici un exemple de phrase « Je voudrais (veux) aller au cinéma » composée de pictogrammes ARASAAC<sup>4</sup> :



CAP (Communiquer et Apprendre par Pictogrammes) est une banque de 1600 pictogrammes en noir et blanc accompagnée d'une méthodologie portant sur l'apprentissage, l'exploitation et l'évaluation. Il s'agit d'une évaluation initiale de compétence en communication graphique et d'une évaluation continue sur un ensemble de pictogrammes pour suivre le progrès. L'apprentissage se fait par des exercices d'exploitation. Voici un exemple de phrase « Je veux boire » composée de pictogrammes CAP<sup>5</sup> :



Le système BLISS<sup>6</sup> utilise pour représenter les concepts un ensemble de primitifs géométriques qui constituent une variété de symboles. Parmi ces symboles il y a des symboles idéographiques et arbitraires qui s'ajoutent aux symboles de concepts pour signifier la forme grammaticale. A part des symboles idéographiques, ce langage contient des symboles pictographiques. C'est un code très riche et évolutif mais en même temps très complexe et c'est pourquoi malheureusement il n'est pas très

<sup>3</sup> <http://catedu.es/arasaac/>

<sup>4</sup> <http://www.isaac-fr.org/index.php/outils-de-communication-alternative/60-pictogrammes/85-arasaac>

<sup>5</sup> <http://www.isaac-fr.org/index.php/outils-de-communication-alternative/60-pictogrammes/55-cap>

<sup>6</sup> <http://www.blissymbolics.org/>

utilisé. Les symboles de BLISS ont été traduits en russe et ce langage est pratiqué en Russie depuis 1999. Voici un exemple de phrase « Je voudrais aller au cinéma » composée d'idéogrammes BLISS<sup>7</sup> :



Il existe aussi des méthodes d'apprentissage à une communication non-verbale, par exemple, PECS<sup>8</sup> qui est un système de communication par échange d'images. L'objectif initial est de pousser l'enfant à initier la communication en demandant ce qu'il désire par l'échange d'une image à un objet. L'apprentissage est bien structuré en plusieurs phases et repose sur une méthodologie qui a prouvé son efficacité dans plusieurs pays du monde.

Il existe des méthodes qui mettent l'accent sur les éléments non-verbaux et non-graphiques de la communication : les gestes, les expressions faciales, le contact oculaire, le langage corporel en support de la parole. L'exemple est MAKATON<sup>9</sup>. Mais il n'est pas un choix approprié dans le cas des enfants sujets d'IMC qui sont souvent limités dans ces moyens gestuels.

### Classification d'applications dans le domaine de CAA

Dans la Figure 1 une classification des applications mobiles anglophones dans le domaine de CAA est présentée. Cette classification est récente et assez riche, elle propose plusieurs catégories et sous-catégories avec des exemples d'applications.

Les auteurs de la Figure 1 distinguent trois catégories d'applications informatique de CAA :

- Communication simple avec une voix enregistrée
  - Bases de communication  
Des applications avec voix préenregistrée, des photos personnelles. Notamment, dans cette catégorie on trouve des applications qui travaillent le code logique de base qui est Oui/Non.
  - Histoires  
Des applications qui permettent de composer des différentes séquences des images : des histoires, des emplois de temps visuels, des albums des vacances etc. Des images peuvent être accompagnées par des textes qui sont vocalisés avec une voix enregistrée ou parfois synthétique.
- Compétences de communication
  - Travail des compétences de communication  
Applications pour travailler la morphologie, le syntaxe du langage. Applications pour évaluer les compétences appliquées à le CAA (comme identification des pictogrammes de tailles différentes, d'identifier les noms, les verbes, etc.)
  - Approches spécifiques  
Applications d'apprentissage de communication en dialogue (TalkingMats<sup>10</sup>) de la langue des signes, support d'apprentissage du système PECS, etc.
- Systèmes complets de communication avec une voix synthétique
  - Communication textuelle

<sup>7</sup> Bliss <http://www.isaac-fr.org/index.php/outils-de-communication-alternative/60-pictogrammes/57-bliss>

<sup>8</sup> Pecs en France <http://pecs-france.fr/>

<sup>9</sup> Makaton <http://www.makaton.fr/>

<sup>10</sup> Talking Mats <http://www.talkingmats.com/>



communiquer à ces enfants. Ces codes peuvent être représentés sous forme matérielle sur papier ou tablette statique, ou bien dans un logiciel. Les symboles de ces codes peuvent être associés à des sons produits par une voix préenregistrée ou synthétique. Des aides techniques de la CAA fournissent donc un retour sonore aux symboles. On peut commencer à travailler avec un outil de la première catégorie pour apprendre le code logique de Oui/Non qui est à la base de l'apprentissage d'un code pictographique, de travailler la pensée causale et les capacités d'identification et de catégorisation des pictogrammes. Ensuite il faut passer au travail des compétences de communication.

Avec le développement des capacités de communication du sujet il devient possible de combiner plusieurs symboles pour en composer des phrases pour se servir d'un outil complet de communication alternative. Mais les produits du marché ne permettent généralement que des exercices contraints et ne parviennent pas vraiment à calquer les structures de la langue naturelle, introduisant des erreurs cognitives chez des enfants déjà en grande difficulté (Abraham, 2010). Il existe quand même des logiciels où ce problème est abordé. Dans (Abraham, 2010) un exemple d'application de la Grammaire Applicative et Cognitive lors de la reconstruction du texte à partir des pictogrammes est décrit. Le projet PALLIACOM<sup>12</sup> des auteurs de cet article représente un outil très avancé dans ce domaine. Il existe aussi MindExpress<sup>13</sup> développé par l'INS HEA qui comprend un module linguistique.

## Aides techniques de CAA avec support de la langue russe

Vu que le domaine de communication alternative et améliorée est nouveau pour la Russie, il existe encore peu d'aides techniques sur le marché russe.

On utilise des équipements spécialisés comme des tablettes de communication avec un retour sonore du type GoTalk<sup>14</sup> où l'on peut associer un enregistrement vocal d'environ 10 secondes à chaque image du tableau. Il existe aussi des albums pour présenter des histoires en photos et associer des sons à chaque page. Ces outils souvent n'ont pas d'interface utilisateur dépendant de la langue ce qui les rend plus universels à ce niveau mais ce des systèmes statiques qui ne peuvent pas donner toute la flexibilité des applications informatique.

Depuis juste quelques années des premières applications informatique avec support de la langue russe ont commencé à apparaître. Elles ne sont pas nombreuses et celles qui ont été développées sont des applications mobiles pour iOS et/ou Android. Ci-dessous, nous en décrivons brièvement quelques unes.

### *LetMeTalk*<sup>15</sup>

Une application gratuite de CAA pour Android/iOS traduite en russe. Elle permet d'assembler des pictogrammes dans des phrases pour les différents domaines de la vie quotidienne et ensuite les vocaliser à l'aide d'une synthèse vocale. La base de données de l'application contient plus de 9000 pictogrammes ARASAAC<sup>16</sup> et il existe aussi la possibilité d'en importer des nouvelles qui peuvent être des fichiers enregistrés ou des photos qui peuvent être prises avec le caméra intégré de l'appareil (cf. Figure 2).

---

<sup>12</sup> PALLIACOM <http://recherche.telecom-bretagne.eu/palliacom/>

<sup>13</sup> MindExpress

<http://www.ecolepourtous.education.fr/pour-enseigner/communiquer/troubles-moteurs/mindexpress.html>

<sup>14</sup> <http://logo-rech.ru/equipment.html>

<sup>15</sup> <http://letmetalk.info/fr/>

<sup>16</sup> <http://arasaac.org/>



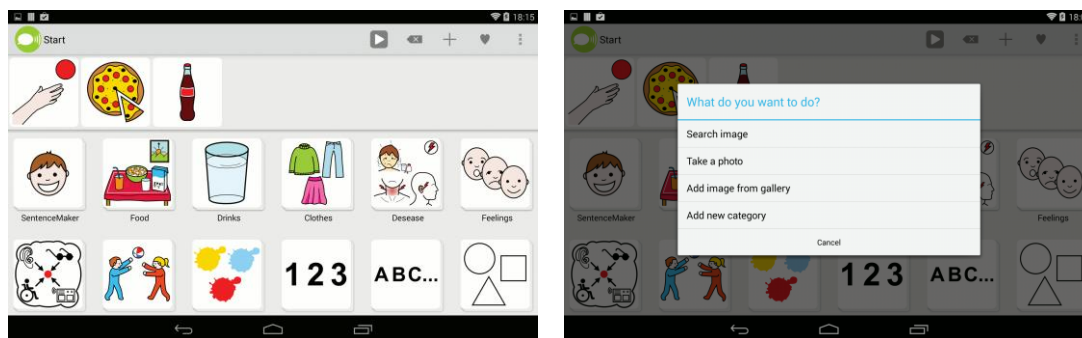


Figure 2. L'interface utilisateur de l'application LetMeTalk

L'application est préconfigurée pour les sujets des troubles du spectre autistique, mais elle peut être utilisée dans d'autres cas, comme : aphasie, apraxie verbale, infirmité motrice cérébrale, trisomie, etc.

L'application est traduite en russe. On peut composer des phrases en russe mais il n'y a pas de voix russe intégrée par défaut (il y en a pour certains appareils qui viennent avec support de moteur Google Speech). Il est possible de télécharger une voix Samsung de qualité moyenne ou bien utiliser un autre moteur TTS comme SVOX ou Acapela. Pour le moment, peu de pictogrammes ont été traduits en russe (donc bien moins de 9000).

« Parle silencieusement »<sup>17</sup>

Une application gratuite de CAA pour Android/iOS développée par la société russe Indigo Kids. Le nom original russe est « Говори молча ».

La base de données des pictogrammes est riche est basée sur PECS. Il est aussi possible d'importer des nouvelles images et d'enregistrer des sons associés aux images. La synthèse vocale supporte deux langues : le russe et l'anglais.

L'enfant peut envoyer la phrase composée par les pictogrammes aux parents par sms ou iMessage. Il est possible de choisir un des profils d'affichage disponibles. Par exemple, dans la Figure 3 deux profils sont affichés, le premier est plus ludique, le deuxième est plus contraste et abstrait.



Figure 3. L'interface utilisateur de l'application « Parle silencieusement »

« Comprends-moi »<sup>18</sup>

Une application récente de CAA pour Android développée en Russie. Le nom original russe est « Пойми меня ». Elle coûte très peu, environ 2,5 EUR (181 RUR), et elle a une version démo gratuite.

<sup>17</sup> <http://indigo-kids.ru/apps/touchandspeak/> (en russe)

<sup>18</sup> <http://understandme.su/> (en russe)



Les pictogrammes de cette application sont propriétaires, de haute qualité, toutes en noir et blanc. Cela permet d'avoir des symboles de contraste maximale, de ne pas surcharger le système visuel et donc de trouver une pictogramme donné plus facilement. Actuellement le vocabulaire contient plus de 450 pictogrammes. Elles sont distribuées en quelques palettes thématiques et il existe aussi trois palettes personnalisables selon les besoins d'un utilisateur donné (cf. Figure 4).



Figure 4. L'interface utilisateur de l'application « Comprends-moi »

La sonorisation des pictogrammes est enregistrée préalablement. Des vocabulaires sont enrichis dans les mises à jour de l'application au rassemblement des demandes des utilisateurs.

« *Autisme : communication* »<sup>19</sup>

Une application de CAA pour iOS développée en Russie par Game Garden. Le nom original russe est « Аутизм : общение ». Le prix de l'application est de 10\$.

La mission de l'application est de faciliter la communication d'un enfant autiste avec son entourage et de développer chez lui la compétence de la parole spontanée. L'application contient plus de 150 images et aussi des animations ludiques. L'enfant peut construire des phrases, les faire écouter. Il apprend la différence des concepts représentés en images, les reconnaître, les nommer et les catégoriser (cf. Figure 5).

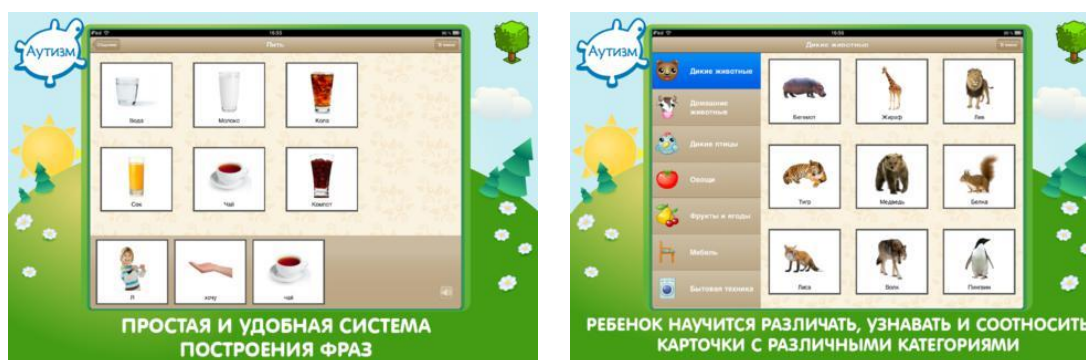


Figure 5. L'interface utilisateur de l'application « Autisme : communication »

L'objectif de cette application est donc double. L'enfant l'utilise pour se faire comprendre à l'aide de phrases composées des images et vocalisées, en même temps cette vocalisation provoque chez l'enfant le mécanisme d'imitation par la parole. Deuxièmement, l'application sert à l'apprentissage du vocabulaire et des différentes propriétés des concepts du vocabulaire.

<sup>19</sup> <https://ru-ru.facebook.com/Autism.Communication> (en russe)

Même en étant conçue initialement pour les enfants avec des troubles du spectre autistique, cette application peut être utilisée par des enfants porteurs de trisomie, d'alalie et d'autres déficiences qui sont associées aux troubles de la parole.

## Pictimage

### *Concept du logiciel*

Pictimage est un logiciel d'aide à l'apprentissage par des exercices ou des jeux éducatifs adaptés au niveau cognitif et aux possibilités physiques de chaque élève sévèrement handicapé sur le plan moteur et aussi sur la structuration de la communication à l'aide des tableaux de pictogrammes individualisés.

Ce logiciel a été développé il y a quelques années au sein de l'INS HEA<sup>20</sup> par Jack Sagot (instituteur, docteur en biologie et formateur à l'INS HEA) et Max Durand (professeur de mathématiques et formateur à l'INS HEA). C'est un logiciel gratuit assez simple en conception et en utilisation. Il peut servir de préparation à l'utilisation d'autres logiciels développés par la même équipe pour les apprentissages des élèves en situation de handicap scolarisés en milieu ordinaire.

Les différents usages de Pictimage sont décrits et illustrés dans la section suivante. Ils peuvent porter sur des différents exercices d'apprentissage à la base de pictogrammes sur la structuration du temps, de l'espace, des caractéristiques des objets. Mais aussi il peut servir de base à l'apprentissage à la communication non-verbale codée qui est très importante pour les jeunes représentant des handicaps moteurs sévères et des troubles majeurs de la parole associés.

Pour arriver à maîtriser une communication codée chez l'enfant handicapé il faut passer par le schéma d'utilisation progressive des outils informatique en fonction du niveau des jeunes handicapés qui les aide à arriver à la communication codée<sup>21</sup> :

- Développer la pensée causale  
L'arrêt du mouvement ou du son produit par un objet piloté par un dispositif électronique et/ou informatique a pour cause l'appui sur tel ou tel contacteur ;
- Mettre en place et développer un message élémentaire binaire de type Oui/Non  
L'appui sur tel contacteur arrête le balayage d'un ordinateur sur deux positions Vert/Rouge ou Oui/Non permettra la mise en place d'une 1<sup>ère</sup> évaluation du jeune par un arbre de questions et de réponses Oui/Non ;
- Nommer, identifier, catégoriser et conceptualiser  
Des images familières à l'enfant peuvent être disposées dans les exercices pour être désignées, nommées et classées en fonction de critères introduits progressivement. Ensuite des images familières peuvent être remplacées par des pictogrammes du code de suppléance ;
- Apprentissage à la communication codée  
Un code de suppléance est choisi parmi tous ceux qui existent (CAP, Bliss, PECS, etc.). Cette étape difficile introduit des conventions de présentation et nécessite de la part de l'élève une mémorisation d'un nombre important de pictogrammes qu'il faudra retrouver parmi

---

<sup>20</sup> INS HEA – Institut national supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes handicapés et les enseignements adaptés, établissement public à caractère administratif, <http://inshea.fr/>

<sup>21</sup> Cours de Jack SAGOT sur l'apport des TICE (technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement) pour la scolarisation des jeunes handicapés, Master "Technologies et Handicap" de l'université Paris-8

d'autres. Le retour vocal de l'ordinateur peut permettre l'instauration de la prise de parole dans un groupe d'enfants en plus de renforcer le lien signifiant/signifié.

Pour tous ces quatre étapes des activités adaptés peuvent être développées dans Pictimage par un spécialiste. Pictimage n'a pas de module linguistique comme, par exemple, un autre logiciel plus complet qui est MindExpress (logiciel propriétaire) où les verbes sont conjugués, les mots sont accordés pour qu'une phrase construite avec des pictogrammes du code soit grammaticalement et syntaxiquement correcte. Pictimage est un logiciel plus simple que l'on peut utiliser en premier temps pour structurer la communication d'un élève déficient moteur et privé de parole. Par rapport à l'utilisation des tableaux de communication sous une forme matérielle, ce logiciel permet de sauvegarder une trace de la communication qui peut être développée par l'enseignant au fil du temps.

Le logiciel Pictimage est développé en Object Pascal dans l'environnement de programmation Delphi. Il tourne sur Windows uniquement. Il utilise la synthèse vocale avec les voix compatibles aux formats Microsoft SAPI (notamment les voix de haute qualité d'Acapela Group).

### *Activités d'apprentissage*

Pictimage permet à l'enseignant de générer différents types d'activités d'apprentissage<sup>22</sup> :

- le classement (catégorisation)
- le rangement (ordre)
- la sélection des images par critères (sans ordre)
- l'écriture avec des images (communication)

Ces types d'activités sont décrits avec des exemples dans les sections suivantes.

#### Classement (catégorisation)

L'objectif de ce type d'activité est de classer les images proposées, légendées (ou non), par catégories. Au moins une catégorie est nécessaire. Chaque image de la liste initiale ne peut être associée qu'à une catégorie.

Dans l'exemple d'activité de ce type présenté dans la Figure 6 il faut classer les images des animaux en deux catégories : « A la ferme » et « Au zoo ».

#### Rangement (ordre)

L'objectif de ce type d'activité est de ranger les images proposées selon la tâche définie. Toutes les images doivent être utilisées pour construire une réponse linéaire dans la réserve, chacune une seule fois.

Dans l'exemple d'activité de ce type présenté dans la Figure 7 il faut mettre les 4 images proposées dans le bon ordre correspondant à la logique d'une histoire composée de 4 phrases associées à ces images. Les images ne sont pas légendées mais le texte associé peut être écouté par l'élève grâce à la synthèse vocale.

Dans le deuxième exemple d'activité de ce type présenté dans la Figure 8 il faut mettre les 4 images proposées dans le bon ordre correspondant à une photo d'un escargot décomposée en ces 4 fragments. Ceci représente un puzzle linéaire.

---

<sup>22</sup> La description est basée sur la documentation du logiciel Pictimage (version 0.5 de 23/11/2011) et l'expérimentation du logiciel dans le cadre du stage

D'autres usages de ce type sont possibles comme rangement par la taille ou par chronologie etc. Cela permet d'apprendre aux élèves la structuration du temps et de l'espace.



Figure 6. Exemple d'activité de classement dans Pictimage

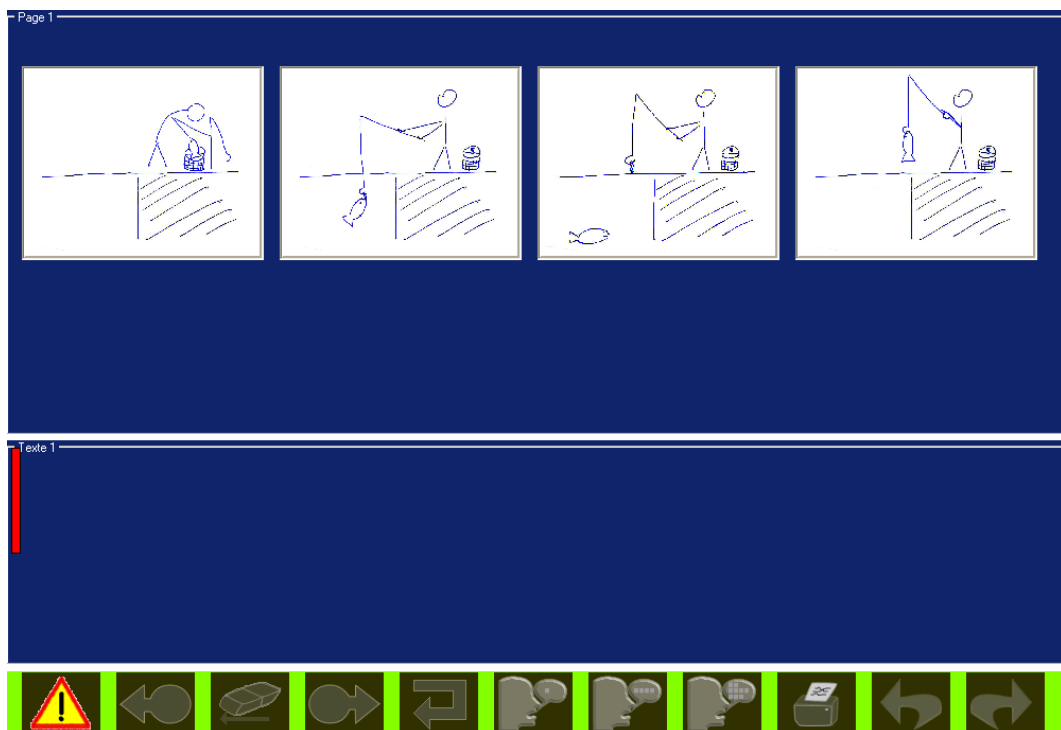


Figure 7. Exemple d'activité de rangement dans Pictimage (histoire à reconstituer)



Figure 8. Exemple d'activité de rangement dans Pictimage (puzzle linéaire)

#### Sélection des images par critères (sans ordre)

Ce type d'activité ressemble à celui de classement où l'on prévoit une seule boîte de réserve. L'idée est de choisir les pictogrammes correspondant aux critères déterminés par un enseignant pour l'activité.

#### Écriture avec des images (communication)

Dans l'exemple d'activité de ce type présenté dans la Figure 9 l'élève peut construire des phrases en utilisant des pictogrammes à la place des mots.



Figure 9. Exemple d'activité de communication dans Pictimage

Des pictogrammes sont légendés et distribués en plusieurs pages. L'élève peut naviguer des pages et sélectionner des pictogrammes avec des méthodes d'accès qui lui ont été mis à disposition dans son profil (clic de souris sur une image ou sélection par balayage contrôlé par un clic de souris, appui

sur la touche d'espace du clavier ou appui/relachement d'un contacteur externe). Des boutons de navigation par pages sont aussi balayables.

La phrase composée en zone basse (cf. Figure 9 : Je Aimer Maman Papa) peut être vocalisée : mot par mot ou toute entière. Pictimage étant un logiciel d'apprentissage plus que de communication, il ne contient pas de module qui permettrait de construire une phrase correcte avec des verbes conjugués et des mots accordés. Ceci est d'habitude effectué par des outils spécifiques de communication. Mais Pictimage peut être utilisé pour l'apprentissage à la communication codée et à la structuration de la communication d'un élève déficient moteur et privé de parole. Par exemple, dans la Figure 9, on voit un pronom personnel suivi par un verbe et deux noms ce qui syntaxiquement (et sémantiquement) correct (sujet, verbe, complément direct).

## Conclusions

Le domaine de la communication alternative et améliorée est relativement nouveau pour la Russie surtout en ce qui concerne les aides techniques. Mais les spécialistes de pathologie de la parole et du langage semblent s'activer beaucoup au cours des dernières années. Il y a des conférences scientifiques qui s'organisent, des recherches et des expérimentations sont menées, des résultats sont disséminés dans un grand public.

L'utilisation des outils de la CAA adaptés aux capacités physiques et cognitives des enfants atteints des troubles de la parole et notamment des enfants sujets de l'IMC, représente un grand besoin. Ces enfants sont très limités dans leurs moyens d'expression verbaux et non verbaux mais ils ont aussi besoin de communiquer que les autres. De plus, la communication efficace est nécessaire pour faciliter la situation difficile avec la scolarisation de ces enfants.

Les développeurs russes commencent à porter leur intérêt sur le développement des applications mobiles de la CAA. Les premières applications sont sorties sur le marché russe au cours de deux dernières années et sont en pleine expérimentation. Le public visé par ces développeurs sont souvent les personnes atteintes des troubles du spectre autistique en premier lieu, mais ils essaient de garder la flexibilité des logiciels qui peuvent être préconfigurés pour les autistes.

Ces applications ne proposent pas d'exercices (ou bien que des exercices simples statiques) pour un meilleur apprentissage de la communication codée. Et des enfants qui commencent à utiliser la CAA ont besoin d'apprendre à catégoriser des pictogrammes plus réels et plus abstraits, de construire des phrases simples selon les règles de la syntaxe, de ranger les phrases dans un ordre logique d'une histoire, etc. Tout cela est pris en compte dans le logiciel français Pictimage. Il ne contient pas de banque de pictogrammes préconfigurés mais il donne à l'enseignant un outil flexible de créer des différentes activités d'apprentissage, de les adapter aux besoins et aux capacités d'un enfant et de les réutiliser par la suite.

## ANALYSE DES BESOINS DU TERRAIN

Dans l'école spécialisée correctionnelle №7 d'Astrakhan et dans d'autres écoles spécialisées du VI-ème type d'handicap la plupart des enfants sont touchés par l'IMC et ont d'autres troubles associés : troubles sensoriels, mnésiques, cognitifs, troubles de la parole, etc. Certains d'entre eux ont une activité motrice très limitée qui les conduit donc à une faible autonomie et un accès très réduit à des moyens non-verbaux de la communication. L'IMC est souvent associée à une dysarthrie, voire anarthrie, ce qui limite ou rend impossible l'utilisation du langage oral dans la communication. Et des troubles moteurs sévères ne permettent pas à ces enfants d'écrire ou de taper un texte sur un clavier. Bien évidemment, ces difficultés de communication ont leur effet négatif sur la scolarisation de ces enfants. Il convient d'améliorer leurs capacités de communiquer par un encadrement stimulant, un accompagnement éducatif répété et soutenu et une suppléance de tous les instants à l'aide d'outils techniques particulièrement bien adaptés.

Les élèves qui font leurs études à cette école aujourd'hui, peuvent dans le futur rejoindre ceux qui sont en éducation intégrée ou inclusive dans la région d'Astrakhan. L'identification des obstacles rencontrés dans les situations d'apprentissages de ces élèves permettra de déterminer leurs besoins éducatifs particuliers, parmi lesquels les aides techniques jouent souvent un rôle essentiel.

Pour les élèves privés ayant des troubles sévères de la parole et du langage il est important de pouvoir et de savoir bien utiliser la communication codée. L'observation du terrain a montré que ce n'est pas le cas. Les enseignants trouvent les moyens de détourner toutes les situations où l'interaction avec l'élève est nécessaire par des questions où l'élève peut répondre oui ou non. Ces réponses sont traduits par des signaux distinctifs que l'élève a su bien associer et contrôler. Donc, les élèves non parlants de l'école ne sont pas habitués à utiliser des codes pictographiques. Dans le passé il y a eu des tentatives d'introduire des tableaux de communication avec certains élèves mais elles n'ont pas duré. Les élèves veulent communiquer mais seuls les gens qui sont en contact étroit avec eux (parents, ergothérapeute ou orthophoniste) peuvent les comprendre plus facilement que les autres et ils n'ont presque pas de moyens de s'exprimer tous seuls.

Le logiciel Pictimage paraît être le meilleur choix pour essayer un apprentissage de la communication codée à ces élèves. Il est suffisamment simple pour l'élève et pour l'enseignant qui crée des activités et en même temps très flexible pour pouvoir adapter des activités à un public très varié (au niveau moteur, cognitif etc.).

### Objectifs de la démarche

1. Choisir l'environnement de développement pour produire d'abord une application multiplateforme de bureau et ensuite une application Android (pouvant être manipulée avec un stylet adapté par exemple si les mouvements fins ne peuvent pas être contrôlés) ;
2. Faire du refactoring du logiciel existant en vue de meilleure séparation de couches métier et présentation en le portant sur l'environnement de travail choisi ;
3. Localiser l'interface utilisateur du logiciel existant et prévoir dès la conception une internationalisation du nouveau logiciel ;
4. Implémenter des modifications de l'interface utilisateur identifiées avec l'équipe de l'école spécialisée №7 d'Astrakhan :
  - a. Ajouter un volet de navigation par pages dans une activité, des pages peuvent avoir aussi des pictogrammes ;
  - b. Ajouter la possibilité de modifier les tailles de différentes zones de travail de l'interface à l'exécution ;

- c. Ajouter la possibilité de définir la réponse correcte pour un exercice et valider la réponse à l'exécution ;
  - d. Ajouter la possibilité d'insérer des images en mode ensembliste ;
  - e. Ajouter la possibilité d'exporter des résultats en xhtml accessible.
5. Effectuer une expérimentation du logiciel et une première évaluation avec un groupe d'élèves sélectionnés.

## Contexte d'utilisation

Le public visé du projet de stage représente des enfants handicapés sur le plan moteur dont certains ont également des troubles majeurs de la parole, les enseignants des écoles spécialisées qui travaillent avec ces enfants et les parents des enfants.

Les niveaux de scolarité visés sont préscolaire (6-7 ans) et primaire (7-10 ans).

Contexte d'utilisation du logiciel : en classe dans une école spécialisée correctionnelle et à la maison en assistance des parents, ensuite en perspective à long terme dans les classes inclusives quand le système d'éducation inclusive sera mise en place dans la région d'Astrakhan.

## Usages supplémentaires

Les élèves qui ont des troubles pas très sévères sur le plan moteur mais qui ont des troubles associés sur le plan mental, psychique ou autre, suivent le cours d'orientation sociale et domestique. L'objectif de ce cours est d'augmenter l'autonomie des jeunes handicapés dans les activités de la vie quotidienne. L'exerciceur de Pictimage peut les aider à s'entraîner dans l'algorithmisation des différentes activités. Les supports de cours représentent des cahiers avec des images et libellés pour chaque étape d'une activité donnée. Cela correspond à l'activité de rangement dans Pictimage.

Un autre axe est de développer la communication non-verbale des élèves sévèrement handicapés sur le plan moteur par des arts visuels. Une jeune enseignante de l'école est en train de travailler sur sa thèse de Master sur ce thème. La démarche d'expérimentation dans le cadre de cette thèse consiste tout d'abord à apprendre les élèves à associer des pictogrammes à une sémantique. Pour cela on prévoit d'utiliser un simple code pictographique et des exercices construits sur la base de ce code (un jeu de dialogue non-verbale, des énigmes, etc.). Ensuite ces élèves vont progressivement enrichir leurs vocabulaires de pictogrammes par des copies scannées de leurs dessins. L'hypothèse à vérifier est que cette possibilité d'enrichir les vocabulaires par ses créations poussera ces jeunes handicapés à produire de nouvelles créations et à les utiliser dans la communication non-verbale. Ces démarches sont aussi compatibles avec Pictimage.

Cette étude d'usages supplémentaires démontre que le développement d'un nouveau logiciel Pictimage avec son interface russe peut être utile sur le court terme et apporter des résultats d'expérimentation intéressantes pour la poursuite du développement.



## MODELISATION DU SYSTEME

### Acteurs métiers

Les acteurs métiers du système sont décrits dans le Tableau 1.

Tableau 1. Description des acteurs métiers

Acteur	Description générale
<b>Acteurs humains</b>	
<b>Tuteur</b>	Utilisateur qui crée des activités, des profils des élèves et qui assiste des élèves dans l'usage du logiciel. Cela peut être un enseignant ou un parent ou autre personne d'assistance.
<b>Élève</b>	Utilisateur qui suite au type d'activité qui lui est proposée construit la réponse ou communique à l'aide des symboles multimodaux disponibles.
<b>Acteurs système</b>	
<b>Timer</b>	Pendant le balayage le timer est utilisé pour passer d'un symbole balayable au suivant. La temporisation du balayage (le temps pendant lequel un symbole reste balayable) et la durée de verouillage (le temps où après la sélection d'un symbole le balayage s'arrête pour ne pas agir sur les symboles que l'élève peut sélectionner involontairement parce que ses procédures d'accès, comme clic de souris ou appui sur la touche d'espace, peuvent ne pas être très précises) sont paramétrables.

### Processus métiers

Les processus métiers du système sont décrits dans le Tableau 2.

Tableau 2. Description des processus métiers

Nom	Description générale
<b>P1. Créer / mettre à jour une activité</b>	<p>L'objectif de ce processus est de créer ou de mettre à jour une activité qui représente un album de symboles multimodaux et un ensemble de valeurs des paramètres des activités, notamment le type de tâche associée qui peut correspondre à une expression libre (communication par l'écriture avec des logogrammes), au rangement des symboles multimodaux (par exemple, des histoires à reconstituer ou des puzzles linéaires) ou bien à la sélection des symboles respectant des critères définis.</p> <p>Quand une activité est sauvegardée, un dossier est créé dans le système de fichiers. Il contient le contenu de l'activité sérialisé en format xml prédéfini et un sous-dossier avec tous les fichiers référencés dans l'activité. Lorsqu'une nouvelle activité n'est pas encore sauvegardée, les fichiers graphiques correspondants sont stockés dans un dossier temporaire. Quand un nouveau symbole multimodal est ajouté, s'il a une image associé, le fichier correspondant est copié dans le dossier du projet. Des collisions des noms des fichiers sont résolues par l'ajout d'un nombre unique à partir de 1.</p> <p>Chaque symbole multimodal doit obligatoirement avoir une représentation graphique ou textuelle ou les deux, c'est-à-dire avoir au moins un des</p>

Nom	Description générale
	<p>paramètres définis : un nom de fichier graphique ou un libellé (étiquette texte). Le libellé peut être visible ou non, la visibilité de libellé est définie pour chaque symbole séparément. A part le libellé, un symbole peut aussi avoir un texte associé, c'est une information complémentaire qui peut être lue grâce à la synthèse vocale durant l'exercice.</p> <p>Si le type de tâche implique la validation de la réponse (rangement et sélection par critères, non pas l'expression libre), le tuteur doit définir la réponse correcte pour validation automatique.</p>
<b>P2. Créer / mettre à jour un profil d'élève</b>	<p>L'objectif de ce processus est de créer ou de mettre à jour un profil d'élève qui définit les préférences appliqués lors du démarrage des activités.</p> <p>Dépendamment de la nature des troubles de l'élève on doit définir les méthodes d'accès aux symboles de l'activité qui lui seront disponibles. Cela peut être soit un accès direct par un clic de souris, soit un accès indirect par un balayage à deux niveaux (pages, symboles), soit les deux. Pour le mode de balayage on définit des paramètres supplémentaires, tels que la temporisation du balayage (valeurs possibles : 0,5s ou bien de 1 à 10 secondes à des intervalles de 1 seconde), durée de retardement (verrouillage) après la sélection d'un symbole (0,25s, 0,5s, 1s, 2s ou 3s), méthode de sélection dans le mode de balayage (par un appui sur la touche d'espace sur un clavier ou par un clic souris ou par appui/relachement d'un contacteur externe suite à la procédure d'accès au poste informatique accessible à l'élève).</p>
<b>P3. Démarrer une activité</b>	<p>L'objectif de ce processus est de passer dans le mode d'exécution où suivant les méthodes d'accès définies dans le profil de l'élève ce dernier effectue la sélection des symboles multimodaux.</p> <p>Si dans les paramètres de l'activité il est défini d'effacer les symboles sélectionnés de l'espace des symboles disponibles, cela est appliqué dans ce processus suite à la sélection des symboles par les méthodes disponibles à l'élève.</p> <p>A tout moment un élève peut effacer des symboles de la zone de sélection. Le symbole qui peut être effacé se trouve à gauche d'un curseur déplaçable. Par défaut, c'est le dernier symbole sélectionné.</p> <p>A tout moment un élève peut écouter un texte correspondant à un symbole sélectionné, à une ligne de symboles (jusqu'au saut de ligne) ou bien à tous les symboles dans la zone de sélection grâce au convertisseur de texte en parole connecté (synthèse vocale).</p> <p>Si le type de tâche implique la validation de la réponse (rangement et sélection par critères), l'élève peut vérifier si sa sélection des symboles correspond à la bonne réponse.</p> <p>L'élève peut enregistrer le résultat d'une activité dans un fichier au format xhtml accessible. Le fichier contient les images associées aux symboles sélectionnés suivies par des libellés et les textes associés.</p>

## Diagramme des cas d'utilisation

Le diagramme des cas d'utilisation du système est représenté dans la Figure 10, des différents cas d'utilisation sont décrits par la suite.

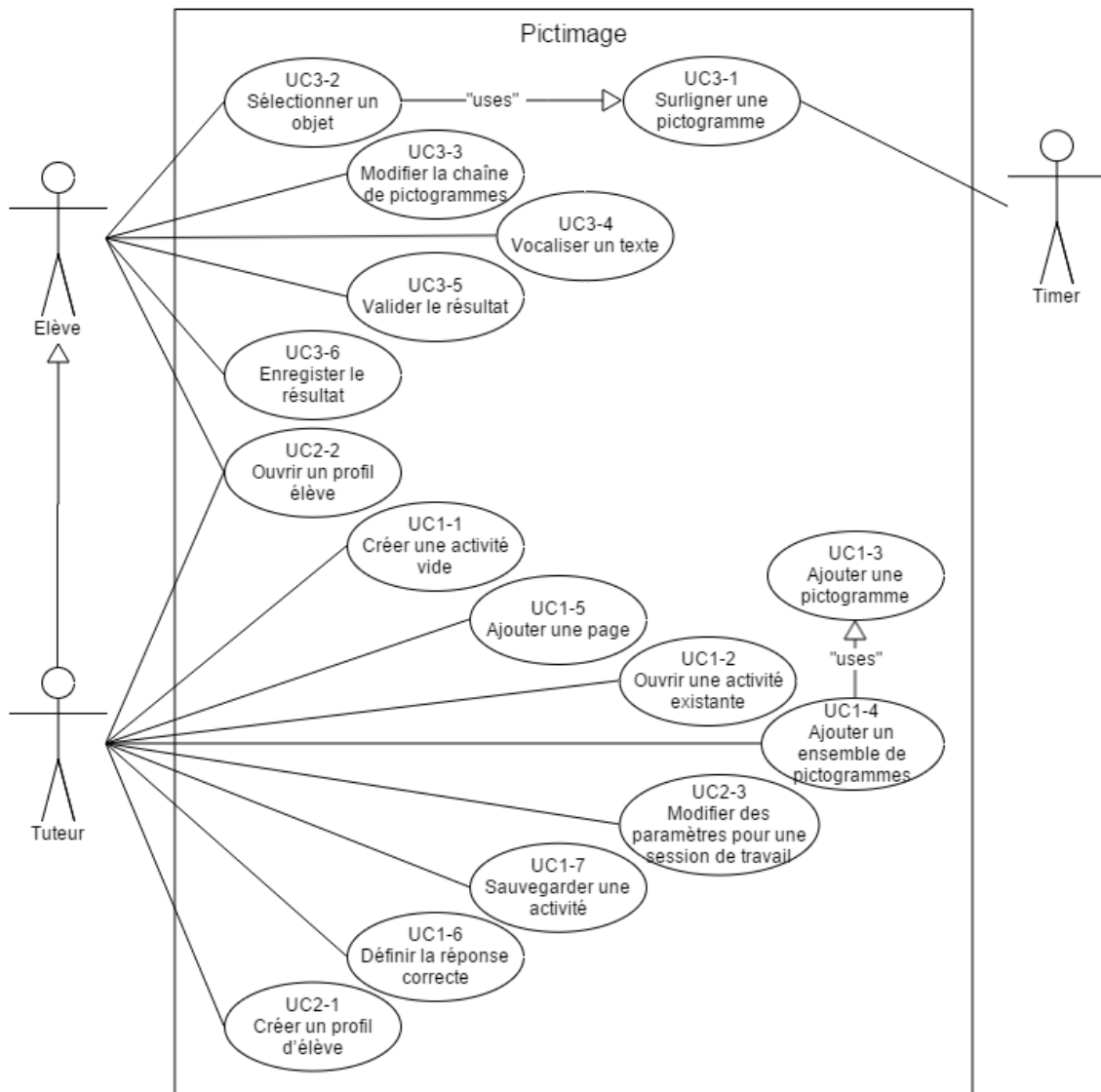


Figure 10. Diagramme des cas d'utilisation

Les cas d'utilisation correspondant au processus métier « P1. Créer / mettre à jour une activité » sont décrits dans le Tableau 3.

Tableau 3. Description des cas d'utilisation du processus « Créer / mettre à jour une activité »

ID	Titre	Description
UC1-1	Créer une activité vide	Un tuteur crée une nouvelle activité vide à l'aide de menu principal. Une activité vide est aussi créé au lancement de l'application. Une activité « vide » contient une page vide où on peut mettre des pictogrammes. Au moment de la création d'une activité vide, le système crée un dossier temporaire pour sauvegarder les pichiers graphiques. C'est au moment de la sauvegarde que ce dossier est transféré dans le dossier indiqué

ID	Titre	Description
		<p>par le tuteur.</p> <p>Pour une activité le tuteur peut définir : une consigne, le type d'activité (rangement, sélection par critères ou communication libre), besoin d'une allocation aléatoire et besoin d'enlever des pictogrammes des pages quand elles sont sélectionnées par un élève.</p>
<b>UC1-2</b>	Ouvrir une activité existante	<p>Un tuteur peut ouvrir une activité créée précédemment pour la modifier ou bien pour l'exécuter (disponible aussi à l'élève). L'activité doit être au format xml compatible et les fichiers graphiques doivent être dans le dossier « img » sous-jacent au dossier où se trouve ce fichier xml. Le panneau de navigation est rempli par des pictogrammes des pages, la première page est sélectionnée et le panneau de sélection affiche des pictogrammes correspondantes.</p> <p>Le tuteur peut modifier les valeurs de paramètres de l'activité (cf. UC1-1).</p>
<b>UC1-3</b>	Ajouter une pictogramme	<p>Un tuteur peut ajouter une pictogramme dans la page en cours de l'activité. Il peut choisir un fichier graphique, un libellé, un texte associé et le paramètre de visibilité du libellé. Après la validation des ces informations fournies par le tuteur, le fichier graphique est copié dans le dossier du projet (dossier temporaire si l'activité n'a pas encore été sauvegardée). Des collisions des noms des fichiers sont résolues par l'ajout à la fin du nom d'un nombre unique à partir de 1.</p>
<b>UC1-4</b>	Ajouter un ensemble de pictogrammes	<p>Cette opération facilite la création de nouvelles activités qui contiennent plusieurs pictogrammes. Dans le dialogue de sélection de fichiers graphique le tuteur peut en sélectionner plusieurs et un ensemble de pictogrammes sera ajouté sur la page de l'activité en cours de rédaction. Par défaut, le libellé correspondra au nom du fichier sans extension, le texte associé sera vide et le libellé sera visible ainsi que la pictogramme.</p>
<b>UC1-5</b>	Ajouter une page	<p>Par défaut, une activité est créée avec une page vide et même si pendant la rédaction on supprime toutes les pages il y restera toujours une page vide.</p> <p>Le tuteur peut aussi définir une pictogramme pour cette page créée (idem à UC1-3). La pictogramme définie sera affiché dans le panneau de navigation.</p>
<b>UC1-6</b>	Définir la réponse correcte	<p>Si le type de tâche implique la validation de la réponse (rangement et sélection par critères, non pas la communication libre), le tuteur doit définir la réponse correcte pour validation automatique. La réponse représente une liste ordonnée des pictogrammes pour l'activité de rangement et une liste non-</p>

ID	Titre	Description
		ordonnée pour l'activité de sélection.
<b>UC1-7</b>	Sauvegarder une activité	Le contenu de l'activité est sérialisé en format xml et un répertoire avec les images correspondantes est sauvegardé dans un dossier indiqué par le tuteur. Le nom du fichier xml (sans extension) et du dossier sont les mêmes, ce nom est saisi dans le dialogue standard de sauvegarde. Pour une activité qui a été sauvegardée précédemment, le tuteur peut modifier l'endroit de sauvegarde.

Les cas d'utilisation correspondant au processus métier « P2. Créer / mettre à jour un profil d'élève » sont décrits dans le Tableau 4.

*Tableau 4. Description des cas d'utilisation du processus « Créer / mettre à jour un profil d'élève »*

ID	Titre	Description
<b>UC2-1</b>	Créer un profil d'élève	Le tuteur peut créer un profil élève en précisant les valeurs de paramètres qui seront prises en compte à l'exécution des activités. Cela concerne les moyens de contrôle adaptés aux capacités de l'élève : sélection de pictogrammes directement par un clic de souris ou indirectement par arrêt de balayage ; pour le mode de balayage : temporisation et durée de verouillage des symboles balayés, arrêt de balayage par appui sur la touche espace du clavier, par un clic de souris n'importe où dans la fenêtre active ou encore par appui ou relâchement d'un co'tacteur externe.  Quand les valeurs de tous ces paramètres sont définies, le tuteur peut sauvegarder le profil dans le format xml.
<b>UC2-2</b>	Ouvrir un profil élève	Le tuteur peut ouvrir un profil élève (un fichier xml) pour que les valeurs de ses paramètres soient appliquées à la session de travail en cours : de l'élève (pour exécution des activités) ou bien du tuteur (pour vérification des activités dans le mode d'exécution).
<b>UC2-3</b>	Modifier des paramètres pour une session de travail	Sans créer de nouveau profil, le tuteur peut modifier temporairement des paramètres correspondant au profil pour une session en cours. Cela permet de tester les différentes valeurs pour ensuite créer et enregistrer le fichier du profil élève avec les bonnes valeurs.

Les cas d'utilisation correspondant au processus métier « P3. Démarrer une activité » sont décrits dans le Tableau 5.

Tableau 5. Description des cas d'utilisation du processus « Démarrer une activité »

ID	Titre	Description
UC3-1	Surligner un symbole	Dans le mode de balayage, un timer est lancé pour surligner des symboles un par un avec une durée définie dans le profil élève en cours. Le cadre de pictogramme peut aussi être affiché au passage de souris sur une pictogramme (paramétrable dans le profil).
UC3-2	Sélectionner un symbole	L'élève peut sélectionner une pictogramme ou appuyer sur un bouton de la barre d'outils en utilisant les méthodes d'accès qui sont mises à sa disposition dans le profil créé pour lui par son tuteur : sélection indirecte par arrêt de balayage (clic de souris ou clic espace ou contacteur) ou sélection directe par clic de souris sur le symbole. Ce cas d'utilisation est aussi disponible au tuteur pour tester l'exécution des activités.  Dépendamment des paramètres de l'activité exécutée, les pictogrammes sélectionnées peuvent rester dans la zone des symboles disponibles ou bien elles peuvent être enlevées (et donc pouvoir être sélectionnées qu'une seule fois).
UC3-3	Modifier la chaîne de pictogrammes	Il est possible d'effacer une pictogramme dans la réserve à gauche du curseur. Le curseur est déplaçable, par défaut il est à la fin de la chaîne composée. On peut aussi mettre au saut de ligne.
UC3-4	Vocaliser un texte	Il est possible de passer à la synthèse vocale paramétrable (voix compatibles Microsoft SAPI) des textes. Ce sont des textes associés aux pictogrammes ou bien leurs libellés dans la zone de navigation ou bien dans la zone d'exécution. Dans la zone d'exécution (la réserve) il est possible de vocaliser un seul mot (pictogramme) à gauche du curseur, une ligne de mots (une phrase) ou tout l'ensemble des symboles sélectionnés dans la réserve.
UC3-5	Valider le résultat	Pour les activités de type rangement ou sélection par critères l'élève peut valider la chaîne qu'il a composé dans la réserve. Il lui sera affiché si sa réponse était correcte ou non.
UC3-6	Enregistrer le résultat	Le résultat d'exécution d'une activité peut être enregistrée au format xhtml accessible.

### Choix et validation des technologies de développement

Comme le disent les H. Benoît et J Sagot dans (Benoît, 2008), fondamentalement, il n'existe pas de bonnes ou de mauvaises aides techniques matérielles ou logicielles. Tout est affaire d'adéquation entre un besoin éducatif et un outil mis à disposition. Des matériels très spécialisés, très puissants et souvent très chers, peuvent ne servir à rien et même parfois alourdir la scolarisation s'ils ne répondent pas à un vrai besoin qui poussera l'élève à apprendre à s'en servir. A contrario, un petit

logiciel gratuit ou bon marché, répondant à un besoin précis, pourra rendre quotidiennement service à l'élève handicapé.

Le développement du logiciel français Pictimage est parti d'un besoin exprimé par des équipes de terrain. Il est suffisamment simple et utile. C'était possible de faire juste une localisation, c'est-à-dire la traduction de l'interface utilisateur en russe. Mais nous avons décidé de viser des technologies plus avancées tout en gardant la simplicité du produit. L'objectif finale est de porter ce logiciel sur Android pour que les élèves y accèdent de leurs tablettes. A l'école spécialisée №7 d'Astrakhan il y a un élève de primaire qui a une forme hyperkinésique de l'IMC mais qui arrive à manipuler sa tablette. Utilisation des outils avancées avec un contenu vérifié peut motiver davantage des enfants.

Mais avant de passer sur Android, nous avons décidé de garder le format d'application de bureau qui pourra plus facilement être utilisé à l'école et à la maison de la plupart des élèves de l'école cible. Pour faire de cette nouvelle application un outil intermédiaire en vue de migration sur Android, le choix de langage de programmation est tombé sur Java. Pour ce qui est l'interface utilisateur nous avons choisi SWT, bibliothèque native multiplateforme qui n'ajoute pas de surcouches inutiles pour une telle application simple. Cette bibliothèque se compose d'une bibliothèque de composants graphiques (texte, label, bouton, panel), des utilitaires nécessaires pour développer une interface graphique en Java, et d'une implémentation native spécifique à chaque système d'exploitation qui sera utilisée à l'exécution du programme.

## IMPLEMENTATION

Les objectifs principales de l'implémentation de la nouvelle version de Pictimage après la rétroingénierie sont les suivants :

- Séparation de couches de modèle (avec la logique métier) et de présentation (avec la logique de l'interface utilisateur) ;
- Utilisation du format XML pour l'échange de données (activités, profils) ;
- Développement en Java et implémentation de l'interface graphique avec la bibliothèque SWT pour rendre l'application multiplateforme, non pas passer par des surcouches pour une application simple, et faciliter ainsi la migration des couche séparées vers Android ;
- Internationalisation de l'application pour pouvoir plus facilement changer la langue de l'interface utilisateur (notamment, sans le codage en dur des chaînes de caractères) ;
- Implémentation d'une synthèse vocale non pas attachée au format Microsoft qui est SAPI.

### Architecture de l'application

Le schéma de l'architecture de l'application est présenté sur la Figure 11.

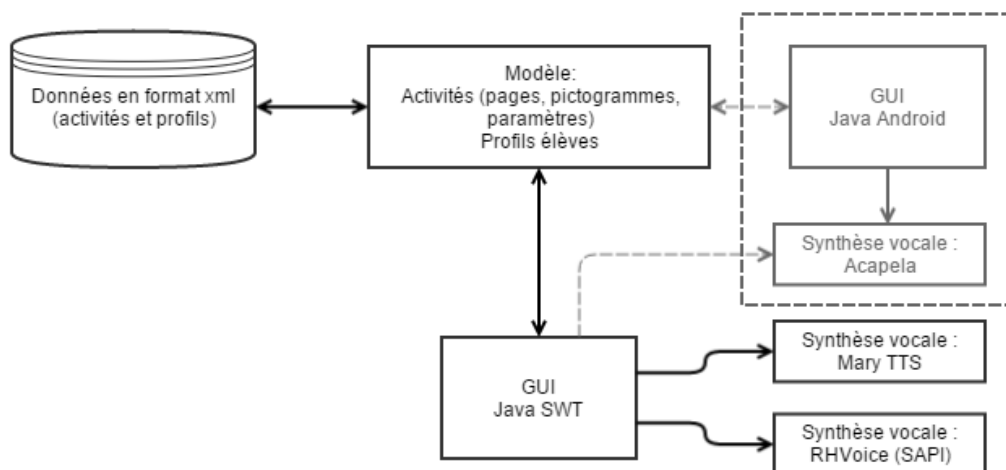


Figure 11. Architecture du Pictimage russe

Les données échangées dans l'application sont présentées avec un sous-ensemble de langage XML (propriétés sont décrites dans la section suivante « Logique métier ») et aussi des fichiers graphiques des pictogrammes. L'accès aux données s'effectue avec des opérations de désérialisation et sérialisation à l'aide de l'API JAXB (Java Architecture for XML Binding).

L'interface utilisateur a été réalisé à la base de la bibliothèque SWT. Les classes correspondantes à l'interface utilisateur et qui interagissent avec des classes métiers sont décrites dans la section « Logique de présentation ».

Les options de la synthèse vocale sont aussi décrites ci-dessous.

### Logique métier

Le modèle de l'application est présenté par le modèle d'activité et le modèle de profil élève, les deux sont décrits dans les sections suivantes.



*Modèle d'activité*

Activité dans Pictimage représentent des ensembles structurés des symboles multimodaux qui peuvent être conçus par des tuteurs sous forme des exercices, des jeux ou encore des petits tableaux de communication.

Diagramme de classes

Diagramme des classes métiers représentant une activité est présenté dans la Figure 12.

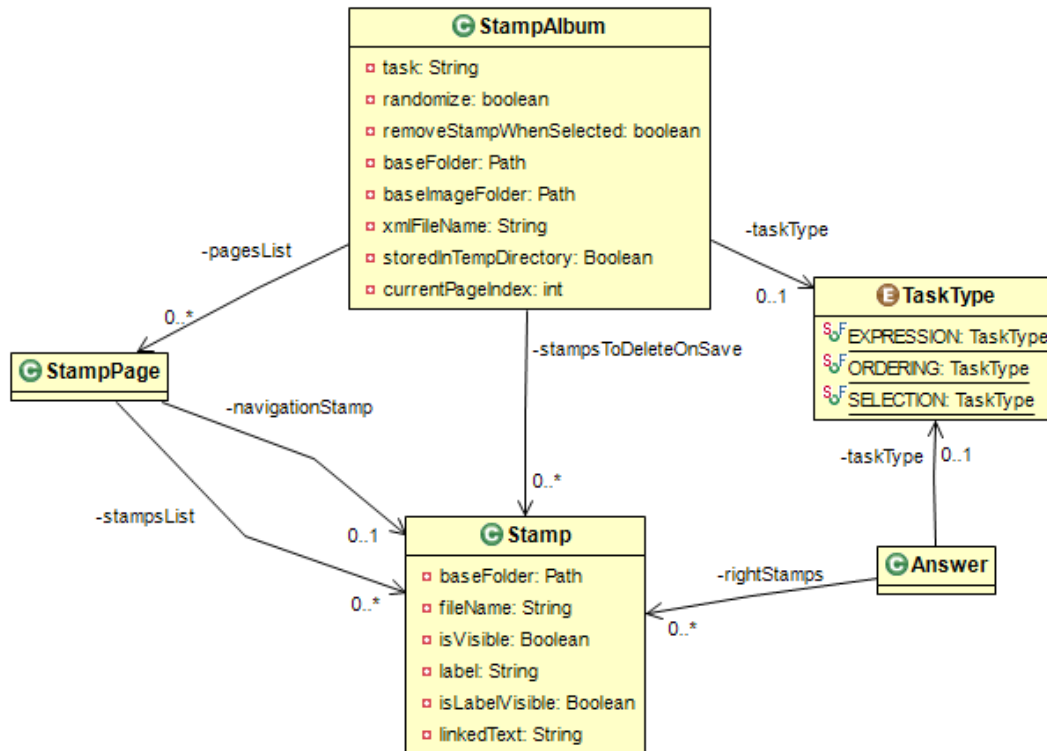


Figure 12. Diagramme des classes métiers (activité)

Les propriétés sérialisables du modèle d'activité sont décrites dans le Tableau 6.

Tableau 6. Description des propriétés du modèle d'activité

Propriété	Rôle
pagesList	Container des pages (cf. page).
page	Couple d'un container des symboles multimodaux (cf. stampsList) et d'une icône de navigation associée (cf. navigationStamp).
stampsList	Container des symboles multimodaux (cf. page).
stamp	Un symbole multimodal qui est représenté par un nom de fichier relatif (cf. fileName), un libellé (cf. label), un paramètre de visibilité du libellé (cf. isLabelVisible), un texte associé (cf. linkedText), paramètre de visibilité de la pictogramme (cf. isVisible). Le paramètre isVisible est gardé pour une extension possible en compatibilité avec le logiciel français Pictimage, mais il n'est pas utilisé dans la

	version actuelle.
navigationStamp	Un symbole multimodal correspondant à une page qui a les mêmes propriétés que stamp.
fileName	Nom de fichier relatif d'une pictogramme (cf. stamp et navigationStamp). Tous les fichiers graphiques d'une activité sont automatiquement copiés dans le dossier « img » se trouvant dans le même dossier que le fichier xml de l'album.
label	Libellé d'un symbole multimodal (cf. stamp et navigationStamp).
isLabelVisible	Visibilité du libellé d'un symbole multimodal (cf. stamp et navigationStamp).
linkedText	Texte associé à un symbole multimodal (cf. stamp et navigationStamp).
isVisible	Paramètre de visibilité d'un symbole multimodal gardé pour compatibilité avec la version française du logiciel (cf. stamp et navigationStamp).
randomize	Paramètre d'allocation aléatoire des symboles multimodaux sur des pages à l'exécution. Si la valeur est false (par défaut), l'ordre d'affichage à l'exécution est le même que défini par le tuteur. Sinon, si la valeur est true, l'ordre d'affichage des symboles sur une page change de manière aléatoire chaque fois que cette page est affiché à l'élève.
removeStampWhenSelected	Paramètre de suppression des symboles sélectionnés par un élève de la zone des symboles disponibles pour la sélection. Donc, si la valeur est true, un symbole ne peut être sélectionné qu'une seule fois. Sinon, si la valeur est false (par défaut), un symbole peut être sélectionné plusieurs fois.
task	Consigne de l'activité (pour la sélection ou rangement)
taskType	Énumération des types des activités : communication libre (valeur : EXPRESSION), sélection selon critères (valeur : SELECTION), rangement (valeur : ORDERING)
rightAnswer	Liste ordonnée de références vers les symboles multimodaux (cf. stamp) représentant la bonne réponse (pour la sélection ou rangement). Un symbole multimodal est référencé par fileName.

Deux exemples d'activités sérialisées en fichier au format XML sont présentés dans l'annexe 1 (exemple #1 et #2). La sérialisation est basée sur le sous-ensemble du langage XML qui correspond au modèle décrit dans le Tableau 6.

*Modèle de profil élève*

Profil élève dans Pictimage permet d'adapter l'environnement d'exécution des activités à des besoins spécifiques d'un élève donné.

Diagramme de classes

Diagramme des classes métiers représentant un profil élève est présenté dans la Figure 13.

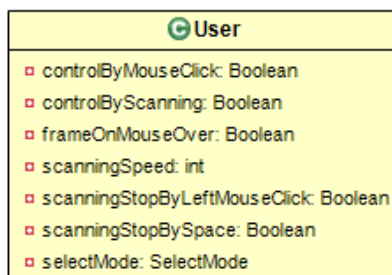


Figure 13. Diagramme des classes métiers (profil élève)

Les propriétés sérialisables du modèle de profil d'élève sont décrites dans le Tableau 7.

Tableau 7. Description des propriétés du modèle de profil élève

Propriété	Rôle
user	Contient des différents paramètres des profils des élèves
controlByMouseClicked	Détermine si la sélection des symboles multimodaux dans la zone haute peut s'effectuer avec un clic de souris ou non. C'est une valeur booléenne (true ou false). Ce paramètre n'est pas incompatible avec le mode balayage, les deux peuvent être mis à disposition d'un élève en même temps.
controlByScanning	Détermine si la sélection des symboles multimodaux dans la zone haute peut s'effectuer par un balayage. C'est une valeur booléenne (true ou false). Ce paramètre n'est pas incompatible avec le mode de sélection par un clic de souris, les deux peuvent être mis à disposition d'un élève en même temps.  Pour le mode de balayage les différentes procédures d'accès sont disponibles pour sélectionner un symbole balayé (cf. ci-dessous les trois derniers paramètres).
frameOnMouseOver	Détermine si un cadre apparaît sur un symbole quand un pointeur de souris passe au dessus d'un symbole. C'est une valeur booléenne (true ou false) qui est prise en compte uniquement si la valeur du paramètre controlByMouseClicked est true.
scanningSpeed	Détermine la temporisation du balayage (0,5s ou bien de 1 à 10 secondes à des intervalles de 1 seconde). C'est un nombre entier correspondant au nombre de millisecondes (donc 500, 1000, 2000, ..., 10000).

scanningDelay	Détermine la durée de verouillage après sélection d'un symbole (0,25s, 0,5s, 1s, 2s ou 3s). C'est un nombre entier correspondant au nombre de millisecondes (donc 250, 500, 1000, 2000, 3000).
scanningStopByLeftMouseClicked	Détermine si la sélection d'un symbole balayé par un clic de souris est possible ou non. C'est une valeur booléenne (true ou false). Ce paramètre n'est pas incompatible avec les autres méthodes d'accès, plusieurs méthodes peuvent être disponibles à un élève en même temps.
scanningStopBySpace	Détermine si la sélection d'un symbole balayé par un appui sur la touche d'espace du clavier est possible ou non. C'est une valeur booléenne (true ou false). Ce paramètre n'est pas incompatible avec les autres méthodes d'accès, plusieurs méthodes peuvent être disponibles à un élève en même temps.
scanningStopByContactor	Détermine si la sélection d'un symbole balayé à l'aide d'un contacteur externe est possible ou non. C'est une valeur booléenne (true ou false). Ce paramètre n'est pas incompatible avec les autres méthodes d'accès, plusieurs méthodes peuvent être disponibles à un élève en même temps.

Un exemple de profil élève sérialisé en fichier au format XML est présenté dans l'annexe 1 (exemple #3). La sérialisation est basée sur le sous-ensemble du langage XML qui correspond au modèle décrit dans le Tableau 7.

### Logique de présentation

Le logiciel initial a été réorganisé pour bien séparer cette couche de présentation de la logique métier. Les classes de la couche métier sont maintenant facilement portables dans l'application pour Android, il restera de réaliser une interface utilisateur.

Les principes de l'internationalisation qui ont été respectés dans l'application et aussi la description de l'outil de synthèse vocale sont présentés ci-dessous.

#### *Diagramme de classes*

Diagramme des classes de la couche présentation est présenté dans la Figure 14. Dans l'impossibilité et l'inutilité d'afficher toutes les classes, nous avons sélectionné celles qui sont intéressantes pour montrer la séparation du modèle et le lien avec les classe de la couche métier.

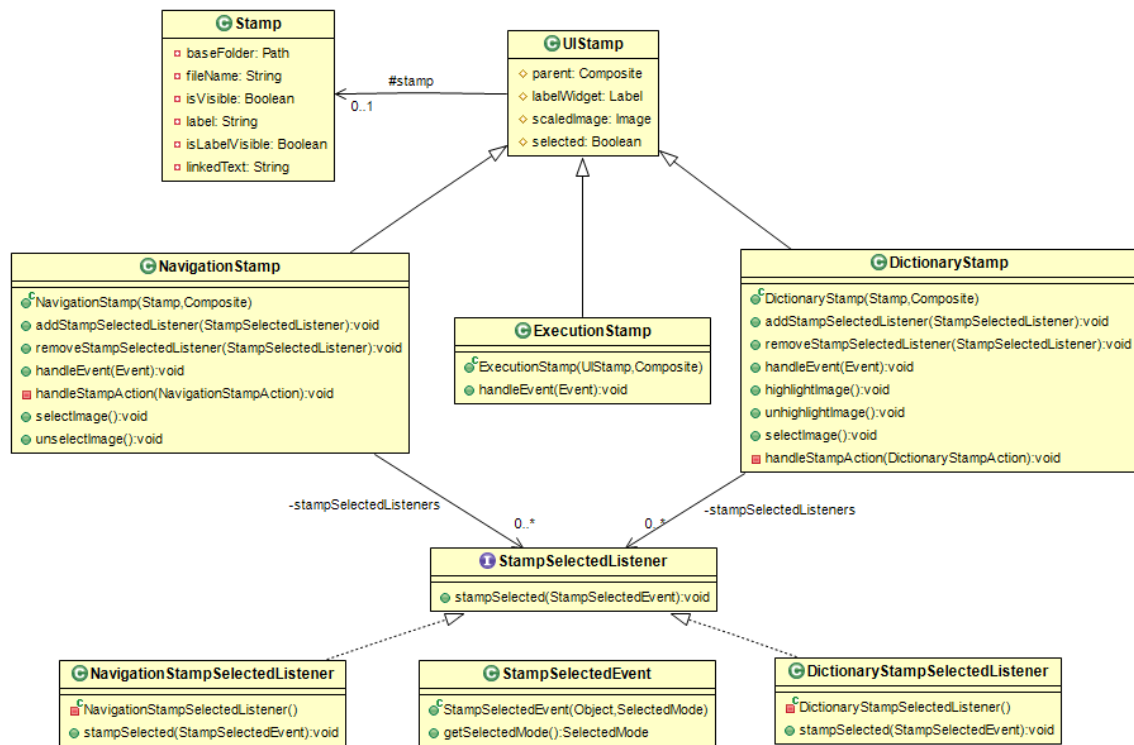


Figure 14. Diagramme des classes de la couche présentation

### Internationalisation

Principes d'internationalisation du logiciel respectés dans le développement de la nouvelle application sont les suivants :

- utiliser systématiquement des variables et non pas des chaînes de caractères codées en dur ;
- concevoir l'interface graphique en permettant d'augmenter les espaces réservés à du texte ;
- en cas de titre accolé, mettre le titre au-dessus ou bien au-dessous de l'objet, ce qui évite de devoir bouger ou retailler l'objet en fonction de la taille du titre.

Toutes les chaînes de caractères qui concernent l'interface utilisateur sont présentées dans le code sous forme de variables et les valeurs mis dans les fichiers localisés.

Les tailles des éléments de l'interface utilisateur n'ont pas été fixées, ces éléments sont définis par un attachement flexible des bordures.

### Synthèse vocale

La synthèse vocale à partir du texte (Text-To-Speech synthesis) permet de convertir un texte donné en un signal audio de parole.

Initialement dans Pictimage on utilisait la synthèse vocale Elan Text-to-speech d'Acapela Group qui propose des résultats acoustiques très naturelles dans plusieurs langues dont le russe. C'est un outil propriétaire. Les voix elles-mêmes ne coûtent pas cher mais le SDK pour le développement est cher.

MARY TTS (Modular Architecture for Research on speech sYnthesis) est un outil open source développé en Java et donc multiplateforme et facile à intégrer avec la nouvelle version de Pictimage développé en Java. MARY TTS est basé sur l'architecture client-serveur. Il y a une voix russe de qualité moyenne pour MARY TTS mais cet outil a un grand potentiel d'évolution.

Un des outils open source avec une voix russe assez naturelle est RHVoice qui a été développé par une jeune femme aveugle russe. Il a des voix compatible avec le format Microsoft SAPI5. Les voix russe de l'outil gratuit RHVoice peuvent faire concurrence à des solutions commerciales comme Acapela.

Il existe aussi une possibilité d'utiliser des synthétiseur en ligne, le plus avancé est Google Voice, mais cela ajoute une contrainte de connexion internet pour une application de bureau qui est la nôtre.

Pour la première version du logiciel on a adopté Mary TTS qui était le plus facile d'intégrer. L'intégration de RHVoice se fera prochainement.

## EXPERIMENTATION ET EVALUATION

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation des compétences communicatives des enfants : Matrice de Communication<sup>23</sup> (C. Rowland), Profil de Communication Fonctionnelle Révisé<sup>24</sup> (Larry I. Kleiman), Liste de Contrôle de Communication Fonctionnelle<sup>25</sup> etc. Ci-dessous nous décrivons la Matrice de Communication qui est traduite en plusieurs langues.

La Matrice de Communication a été développée comme un outil d'évaluation qui permet de détailler le comportement communicatif en bas âge d'un point de vue sociopragmatique et de suivre ensuite des progrès de capacités d'expression en commençant par les interactions mère-enfant jusqu'à l'utilisation de systèmes formels de langage. La Matrice a été conçue pour déterminer comment exactement un individu communique dans plusieurs modalités, avec ou sans parole, et de fournir un cadre pour déterminer les objectifs de communication (Rowland, 2010).

La Matrice est suggérée pour une variété de populations, y compris les enfants déficients auditifs ou visuels, les enfants sévèrement handicapés sur le plan moteur, déficients sensoriels, des jeunes utilisant des systèmes de CAA avec ou sans aide technique. Elle a été publiée pour la première fois en 1990 et ensuite révisée en 1996 et 2004 et peut être utilisée par des parents et non pas uniquement par les spécialistes de pathologies de la parole et du langage.

La Matrice comprend quatre grilles correspondant aux quatre raisons fondamentales de communiquer qui sont : refuser ce qu'on ne veut pas, obtenir ce qu'on veut, s'engager dans des interactions sociales, fournir ou chercher de l'information. Elle est divisée en sept niveaux de compétences communicatives<sup>26</sup> :

1. Comportements pré-intentionnels/réflexifs (expression d'états internes, par exemple : la faim, le confort, la douleur) ;
2. Comportements intentionnels servant à communiquer (sans contact oculaire, ni attente de la réponse de l'autre) ;
3. Communication non-conventionnelle utilisant des comportements pré-symboliques (mouvements du corps, actions sur les personnes et les objets,.. – moyens de communication qui ne sont pas « socialement acceptables » dans le monde des adultes) ;
4. Communication conventionnelle utilisant des comportements pré-symboliques (gestes, vocalisations conventionnelles,..) ;
5. Symboles concrets représentant des référents spécifiques (gestes, images, objets,..) ;
6. Symboles abstraits représentant des référents spécifiques (le langage, le soutien gestuel, les mots écrits ou en braille, les symboles graphiques abstraits,..) ;
7. Langage combinant des symboles (combinaisons de 2-3 symboles selon les règles syntactiques).

Le profil construit à la base de la Matrice de Communication permet d'observer comment la communication d'une personne donnée s'est développée par rapport à un enfant typique sans handicap qui passe du premier au septième niveau de compétences communicatives pendant les deux premières années de sa vie.

---

<sup>23</sup> Communication Matrix, version en ligne : <https://communicationmatrix.org/> (en anglais)

<sup>24</sup> Functional Communication Profile Revised (FCP-R)

<http://www.linguissystems.com/products/product/display?itemid=10218>

<sup>25</sup> Assessing Basic Communication Skills: A Functional Communication Checklist

<http://cmatt.cmswiki.wikispaces.net/file/view/Functional+comm+checklist.doc>

<sup>26</sup> [https://www.communicationmatrix.org/uploads/Matrice\\_de\\_communication.pdf](https://www.communicationmatrix.org/uploads/Matrice_de_communication.pdf)

(version adaptée en français par Prof. Dr. Germaine Gremaud et Lic. Phil. Suzanne Paccolat)

L'évaluation des compétences de communication initiales des élèves et de leur progrès prend beaucoup de temps et va être effectuée proprement après le stage. Il faudra aussi construire une banque d'exercices pour Pictimage préalablement.

Il a été décidé d'effectuer une première expérimentation du logiciel développé afin de vérifier les différents paramètres d'accessibilité (comme la temporisation du balayage, les couleurs, les polices, etc.) et de vérifier l'acceptabilité des différents logogrammes proposés dans des exercices de test.

Un groupe de 3 élèves a été composé. Nous avons choisi des profils élèves bien différents. Une brève description de leurs déficiences et capacités est présentée dans le Tableau 8.

*Tableau 8. Profils des élèves pour l'évaluation*

Désignation conventionnelle	Age	Handicap	Troubles associés	Mouvements contrôlés
<b>Élève A</b>	9 ans, 1 <sup>ère</sup> classe	Handicap moteur sévère, hyperkinésie	Non parlant	Appui contrôlé uniquement sur la barre d'espace du clavier ; utilisation de tablette (applications simples tactiles)
<b>Élève B</b>	7 ans, pas encore scolarisé	Handicap moteur sévère, hyperkinésie	Non parlant	Appui sur un contacteur externe (expérience dans le passé ; pas au quotidien)
<b>Élève C</b>	10 ans, 4 <sup>ème</sup> classe	Handicap moteur modéré	Troubles de la parole	Utilisation courante d'un ordinateur

Comme le montre le Tableau 8, nous avons choisi les trois profils bien différents pour pouvoir tester les différents paramètres du logiciel et pour que le personnel concerné par ce travail de stage ait pu voir les différents usages associés.

Pour l'élève B on a prévu de commencer par une utilisation non autonome avec un assistant qui interagirait avec l'application en recevant des commandes de l'élève au regard. Malheureusement, en début de janvier cet élève est parti à l'étranger pour quelques mois de réadaptation et donc au moment où le développement était fini, il était déjà absent et n'a pas pu participer dans l'évaluation. Actuellement dans l'école on n'a pas d'autres élèves ayant le même profil.

Le profil de l'élève A est intéressant pour l'évaluation car malgré un handicap moteur sévère il arrive à contrôler un geste d'appui sur la barre d'espace du clavier, il lui faut juste une temporisation de balayage assez longue (10 secondes et 3 secondes de verouillage du symbole sélectionné). Il utilise aussi une tablette dans la vie quotidienne.

La plupart des élèves de l'école ont des troubles d'apprentissage associés à leur handicap moteur, donc même ceux qui ont des handicaps modérés (c'est le cas de l'élève C) peuvent profiter des certains usages du logiciel Pictimage pour certains apprentissages, par exemple, des activités de classement ou sélection sur le grammaire russe. L'élève C utilise sans difficulté le clavier d'un ordinateur, mais comme l'a démontré l'expérimentation, il lui est quand même plus facile d'alterner l'accès indirect aux pictogrammes par un balayage et l'accès direct par clic de souris sur une pictogramme.



D'abord l'orthophoniste a expliqué aux deux élèves comment fonctionne le balayage pour qu'ils puissent suivre le cadre avec une temporisation adaptée (choisie par l'orthophoniste) et le lien entre l'appui sur la barre d'espace et l'apparition de la pictogramme sélectionnée.

Ensuite quelques exercices sur le rangement et la sélection leur ont été proposé. Les exercices correspondaient à leurs programmes d'études. Quelques réglages de temporisation et de verouillage de balayage ont été effectué à l'exécution.

L'élève B a eu plus de réponse incorrectes mais globalement l'expérience a été intéressante. Elle a montré aux enseignants concernés de nouvelles formes d'activités à proposer en classe pour les élèves sévèrement handicapés sur le plan moteur et privés de la parole.

## CONCLUSION

Le stage m'a apporté une expérience enrichissante sur le plan professionnel. J'ai pu travailler avec les spécialistes dans le domaine d'éducation de jeunes handicapés ce qui m'a permis de mieux comprendre les besoins de ces derniers.

Une nouvelle version de l'application Pictimage a été développée avec une interface utilisateur en russe et en français. Cette nouvelle version garde la plupart des fonctions et des interfaces utilisateur de la version initiale française. Elle a été enrichie plus de manière technologique et un peu sur le plan usages en vue de faciliter la maintenance et le développement d'une application mobile de Pictimage dans la poursuite de ce stage. Cette application peut servir de support, d'une part, à l'apprentissage des codes de communication et à la structure de communication, et d'autre part, à l'apprentissage par des exercices, ou des jeux éducatifs, adaptés au niveau cognitif et aux possibilités physiques de chaque élève sévèrement handicapé sur le plan moteur.

De nouvelles applications de Pictimage sont à expérimenter sur le court terme avec les enseignants de l'école correctionnelle №7 d'Astrakhan. Cela concerne l'utilisation des arts visuels pour le développement de la communication non-verbale et des exercices et des jeux sur l'algorithmisation des activités de la vie quotidienne.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Abraham, M., Breton, O. (2010). L'apprentissage de la langue quand l'écriture est remplacée par des images : le cas des pronoms personnels. 8ème séminaire M@rsouin, Dinan, France.
2. Benoît, H., Sagot, J. (2008). L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, n°43, pp. 19-26.
3. Cataix-Nègre, E. (2013). *Communiquer autrement*. Bruxelles : De Boeck
4. Chevrie-Muller C., Narbona J. *Le langage de l'enfant, aspects normaux et pathologiques*. Paris : Masson, 2007.
5. Gaydukevich, S.E., Gaysler, V., Gotan, F. et al. (2008). *Education des enfants au centre d'enseignement spécialisé et de réadaptation : Guide pour les enseignants et les parents*. 2<sup>ème</sup> ed. Minsk : Université Pédagogique d'Etat de Biélorussie. (en russe)  
Гайдукевич, С.Е., Гайслер, В., Готан, Ф. и др. (2008). *Обучение и воспитание детей в условиях центра коррекционно-развивающего обучения и реабилитации: Пособие для педагогов и родителей*. 2-е изд. Минск : УО «БГПУ им. М. Танка».
6. Kalinnikova, L., Magnusson, M. (2009). Organisation et contenu des activités du département de la communication alternative dans un centre de réadaptation. *Introduction à la communication alternative et améliorée : Actes de la 7-ème conférence scientifique de l'Europe Centrale et de l'Est sur les problèmes de la communication alternative et améliorée*. Arkhanguelsk. (en russe)  
Калинникова, Л. (2009). Организация и содержание деятельности отделения альтернативной коммуникации в реабилитационном центре. *Введение в альтернативную и дополнительную коммуникацию: сборник научных трудов и материалов 7-ой Восточно-и-Центрально-Европейской научно-практической конференции по проблемам альтернативной и дополнительной коммуникации*. Архангельск.
7. Le Cardinal, G. (1989). *L'homme communique comme unique. Modèle systémique de la communication interpersonnelle finalisée*. Thèse de doctorat, Bordeaux 3.
8. Martynenko, I. (2009). Sur le problème de l'utilisation des moyens de communication alternative et améliorée avec les enfants sujets de troubles majeurs de la parole. *Introduction à la communication alternative et améliorée : Actes de la 7-ème conférence scientifique de l'Europe Centrale et de l'Est sur les problèmes de la communication alternative et améliorée*. Arkhanguelsk. (en russe)  
Мартыненко, И. (2009). К проблеме использования альтернативных и дополнительных средств коммуникации в работе с детьми с тяжелыми речевыми нарушениями. *Введение в альтернативную и дополнительную коммуникацию: сборник научных трудов и материалов 7-ой Восточно-и-Центрально-Европейской научно-практической конференции по проблемам альтернативной и дополнительной коммуникации*. Архангельск.
9. OMS (1993). *Comment favoriser le développement du jeune enfant infirme moteur cérébral*. Genève : Organisation mondiale de la santé, Genève, Tech. Rep., 1993.
10. Rowland, C., Fried-Oken, M. (2010). Communication matrix: A clinical and research assessment tool targeting children with severe communication disorders. *Journal of pediatric rehabilitation medicine*, n°4, vol. 3, pp. 319-329.
11. Ryskina, V.L., Lazina, E.E. *Communication n'est pas uniquement la parole*. Saint-Petersbourg : Everychild, 2007. (en russe)  
Рыскина, В.Л., Лазина, Е.Э. (2007) *Коммуникация – это не только слова*. Санкт-Петербург : Everychild.

12. Smirmova, I.A. (2004). Moyens de communication non articulés et méthodes de leur utilisation pour formation des compétences communicatives des enfants non parlants. *Diagnostic orthophonique, correction et prévention des troubles de la parole des enfants d'âge préscolaire atteints de l'IMC*. Saint-Petersbourg : Detstvo-Press. pp. 206-226. (en russe)  
Смирнова, И.А. (2004). Неартикулируемые средства общения и методика их использования в работе по формированию коммуникативности у неговорящих детей. *Логопедическая диагностика, коррекция и профилактика нарушений речи у дошкольников с ДЦП*. Санкт-Петербург: Детство-Пресс. с. 206-226.
13. von Tetzchner, S., Martinsen, H. (2000). *Introduction to Augmentative and Alternative Communication*. 2<sup>ième</sup> éd. Wiley-Blackwell.
14. Zvonkin, A.K. (1990). Abstractions avec un support de langage. *Langage et structure de la connaissance*. Moscou : Institut de linguistique. pp. 86-95. (en russe)  
Звонкин, А.К. (1990). Абстракции с языковой поддержкой. *Язык и структура знания*. Москва: Институт языкознания. с. 86-95.

## GLOSSAIRE

### **Activité**

Un album de symboles multimodaux et un ensemble de valeurs des différents paramètres, notamment le type de tâche associée qui peut correspondre à une expression libre (communication par l'écriture avec des logogrammes), au rangement des symboles multimodaux (par exemple, des histoires à reconstituer ou des puzzles linéaires) ou bien à la sélection des symboles respectant des critères définis. Ainsi, les activités peuvent correspondre aux exercices ou bien aux grilles de communication logographique.

### **Balayage**

Méthode de manipulation de logogrammes dans un outil de CAA par un accès indirect. Dans un logiciel cela peut être un cadre qui montre au sujet le symbole balayé et il s'agit d'arrêter le balayage avec un des méthodes disponibles (appui sur la touche d'espace du clavier, appui au contacteur, etc.)

### **Communication améliorée et alternative, CAA**

Domaine de la pratique clinique qui tend à apporter des compensations (temporaires ou définitives) aux déficits et incapacités des individus souffrant de troubles sévères de la communication au niveau de l'expression : troubles du langage parlé et troubles moteurs affectant l'écriture.

### **Infirmité motrice d'origine cérébrale, IMC**

Un terme qui regroupe des troubles moteurs prédominants et non évolutifs dus à une lésion cérébrale, conséquence d'une lésion pré, péri ou postnatale précoce, pouvant s'accompagner d'atteintes sensorielles et d'atteintes partielles des fonctions supérieures à l'exception d'une déficience intellectuelle (dans le cas des atteintes intellectuelles on parle de polyhandicap).

### **Logogramme (Pictogramme/Idéogramme)**

La plus petite unité significative du langage (ici : d'un code de communication) comme signe unique écrit qui représente un mot complet, indépendamment de la langue. Un pictogramme représente directement, en le dessinant, un élément concret de la réalité, un idéogramme note un élément abstrait de la réalité, une idée.

### **Symbole multimodal, symbole**

Un logogramme, un mot écrit, un son qui représentent tous ensemble quelque chose d'autre par ressemblance ou convention.

## ANNEXES

## Annexe 1. Exemples d'activités sérialisées en XML

## Exemple #1. Activité de communication

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<ns2:album xmlns:ns2="ru.edu.asu.handicap.pictimages.model">
  <pagesList>
    <page>
      <stampsList>
        <stamp>
          <fileName>К подарок маме.JPG</fileName>
          <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
          <isVisible>true</isVisible>
          <label>Подарок маме</label>
          <linkedText>Подарок маме.</linkedText>
        </stamp>
        <stamp>
          <fileName>К подарок брату.JPG</fileName>
          <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
          <isVisible>true</isVisible>
          <label>Подарок брату</label>
          <linkedText>Подарок брату.</linkedText>
        </stamp>
        <stamp>
          <fileName>день рождения Карима.JPG</fileName>
          <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
          <isVisible>true</isVisible>
          <label>День рождения Карима</label>
          <linkedText>День рождения Карима</linkedText>
        </stamp>
      </stampsList>
      <navigationStamp>
        <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
        <isVisible>true</isVisible>
        <label>Семья</label>
        <linkedText></linkedText>
      </navigationStamp>
    </page>
    <page>
      <stampsList>
        <stamp>
          <fileName>К динозаврик.JPG</fileName>
          <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
          <isVisible>true</isVisible>
          <label>Динозаврик</label>
          <linkedText>Динозаврик.</linkedText>
        </stamp>
        <stamp>
          <fileName>К лев.JPG</fileName>
          <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
          <isVisible>true</isVisible>
          <label>Лев</label>
          <linkedText>Лев.</linkedText>
        </stamp>
        <stamp>
          <fileName>К собаки бегут.JPG</fileName>
          <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
          <isVisible>true</isVisible>
          <label>Собаки бегут</label>
          <linkedText>Собаки бегут.</linkedText>
        </stamp>
      </stampsList>
    </page>
  </pagesList>
</album>
```

```

        </stamp>
    </stampsList>
    <navigationStamp>
        <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
        <isVisible>true</isVisible>
        <label>Животные</label>
        <linkedText></linkedText>
    </navigationStamp>
</page>
<page>
    <stampsList>
        <stamp>
            <fileName>К зимнее дерево.JPG</fileName>
            <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
            <isVisible>true</isVisible>
            <label>Зимнее дерево</label>
            <linkedText>Зимнее дерево.</linkedText>
        </stamp>
        <stamp>
            <fileName>К самолет.JPG</fileName>
            <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
            <isVisible>true</isVisible>
            <label>Самолёт</label>
            <linkedText>Самолёт.</linkedText>
        </stamp>
        <stamp>
            <fileName>К сам.JPG</fileName>
            <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
            <isVisible>true</isVisible>
            <label>Сам</label>
            <linkedText>Сам.</linkedText>
        </stamp>
    </stampsList>
    <navigationStamp>
        <isLabelVisible>true</isLabelVisible>
        <isVisible>true</isVisible>
        <label>Разное</label>
        <linkedText></linkedText>
    </navigationStamp>
</page>
</pagesList>
<randomize>false</randomize>
<removeStampWhenSelected>false</removeStampWhenSelected>
<task></task>
<taskType>EXPRESSION</taskType>
</ns2:album>

```

## Exemple #2. Activité de rangement

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<ns2:album xmlns:ns2="ru.edu.asu.handicap.pictimages.model">
    <pagesList>
        <page>
            <stampsList>
                <stamp>
                    <fileName>Рыбак1.jpg</fileName>
                    <isLabelVisible>false</isLabelVisible>
                    <isVisible>true</isVisible>
                    <label></label>
                    <linkedText>Рыбак закидывает удочку.</linkedText>
                </stamp>
                <stamp>
                    <fileName>Рыбак2.jpg</fileName>

```

```

        <isLabelVisible>>false</isLabelVisible>
        <isVisible>>true</isVisible>
        <label></label>
        <linkedText>Рыбак вытаскивает рыбу из воды.</linkedText>
    </stamp>
    <stamp>
        <fileName>Рыбак3.jpg</fileName>
        <isLabelVisible>>false</isLabelVisible>
        <isVisible>>true</isVisible>
        <label></label>
        <linkedText>Рыбак кладет рыбу в свою сумку.</linkedText>
    </stamp>
    <stamp>
        <fileName>Рыбак4.jpg</fileName>
        <isLabelVisible>>false</isLabelVisible>
        <isVisible>>true</isVisible>
        <label></label>
        <linkedText>Рыбак идет домой с уловом</linkedText>
    </stamp>
</stampsList>
<navigationStamp>
    <isLabelVisible>>true</isLabelVisible>
    <isVisible>>true</isVisible>
    <label>Рыбак</label>
    <linkedText></linkedText>
</navigationStamp>
</page>
</pagesList>
<randomize>>true</randomize>
<removeStampWhenSelected>>true</removeStampWhenSelected>
<task>Расположи карты в правильном порядке.</task>
<taskType>ORDERING</taskType>
<rightAnswer>
    <stamp>Рыбак1.jpg</stamp>
    <stamp>Рыбак2.jpg</stamp>
    <stamp>Рыбак3.jpg</stamp>
    <stamp>Рыбак4.jpg</stamp>
</rightAnswer>
</ns2:album>

```

### Exemple #3. Profil d'élève

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
<user>
    <controlByMouseClicked>true</controlByMouseClicked>
    <controlByScanning>true</controlByScanning>
    <frameOnMouseOver>true</frameOnMouseOver>
    <scanningSpeed>10000</scanningSpeed>
    <scanningDelay>3000</scanningDelay>
    <scanningStopByLeftMouseClicked>false</scanningStopByLeftMouseClicked>
    <scanningStopBySpace>true</scanningStopBySpace>
    <scanningStopByContactor>false</scanningStopByContactor>
</user>

```



## Annexe 2. Liste des figures et des tableaux

Figure 1. La roue des applications de communication alternative et augmentative (2014) .....	14
Figure 2. L'interface utilisateur de l'application LetMeTalk.....	16
Figure 3. L'interface utilisateur de l'application « Parle silencieusement » .....	16
Figure 4. L'interface utilisateur de l'application « Comprends-moi ».....	17
Figure 5. L'interface utilisateur de l'application « Autisme : communication » .....	17
Figure 6. Exemple d'activité de classement dans Pictimage.....	20
Figure 7. Exemple d'activité de rangement dans Pictimage (histoire à reconstituer).....	20
Figure 8. Exemple d'activité de rangement dans Pictimage (puzzle linéaire).....	21
Figure 9. Exemple d'activité de communication dans Pictimage.....	21
Figure 10. Diagramme des cas d'utilisation .....	27
Figure 11. Architecture du Pictimage russe .....	32
Figure 12. Diagramme des classes métiers (activité) .....	33
Figure 13. Diagramme des classes métiers (profil élève).....	35
Figure 14. Diagramme des classes de la couche présentation.....	37
Tableau 1. Description des acteurs métiers .....	25
Tableau 2. Description des processus métiers.....	25
Tableau 3. Description des cas d'utilisation du processus « Créer / mettre à jour une activité ».....	27
Tableau 4. Description des cas d'utilisation du processus « Créer / mettre à jour un profil d'élève »	29
Tableau 5. Description des cas d'utilisation du processus « Démarrer une activité ».....	30
Tableau 6. Description des propriétés du modèle d'activité .....	33
Tableau 7. Description des propriétés du modèle de profil élève .....	35
Tableau 8. Profils des élèves pour l'évaluation .....	40