



Actes de l'Atelier
« EIAH et situations de handicap »

EIAH 2013
Toulouse, 28 mai 2013

Édités par Karim Sehaba et Benoît Encelle



EIAH et Situations de handicap

EIAH'2013 - 28 mai 2013 - Toulouse

Karim Sehaba & Benoît Encelle

Université de Lyon, Laboratoire LIRIS

Objectif de l'atelier

La personnalisation de l'activité d'apprentissage est une des priorités majeures dans la communauté des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH). Cette personnalisation est particulièrement nécessaire dans un contexte d'apprentissage mêlant des apprenants ayant des profils très différents, notamment en ce qui concerne leurs capacités cognitives, physiques ou sensorielles. Ce type de contexte s'avère de plus en plus fréquent du fait d'une volonté étatique visant à privilégier une scolarisation en classe ordinaire des élèves en situation de handicap.

Si cette personnalisation est au cœur des recherches menées sur les EIAH, très peu de travaux dans le domaine prennent en compte les personnes en situation de handicap (apprenants ou enseignants), notamment sur les aspects :

- Remédiation des troubles cognitifs et langagiers, stimulation cognitive, etc.
- Accessibilité des outils et des contenus pédagogiques : personnes non-voyantes, sourdes, etc.

A visée pluridisciplinaire, l'objectif de cet atelier est d'une part de sensibiliser la communauté EIAH aux problématiques des apprenants/enseignants de différentes catégories (enfance, adolescence, vieillissement) en situation de handicap et, d'autre part, d'engager des discussions et des recherches mêlant des acteurs issus de disciplines scientifiques différentes (informatique, sciences de l'éducation, didactique, psychologie, sciences de l'information et de la communication, etc.) travaillant sur des questions de recherche et des objets communs relatifs aux EIAH et au handicap.

Comité scientifique

- Dominique Archambault, Université Paris 8 - Laboratoire CHArt- équipe THIM
- Nadine Baptiste-Jessel, IUFM de l'Université de Toulouse le Mirail - Laboratoire IRIT
- Christian Berger Vachon, Université Claude Bernard Lyon 1 - CNLR
- Jérôme Dupire, CNAM - CEDRIC
- Benoît Encelle, Université Claude Bernard Lyon 1 - Laboratoire LIRIS
- Pascal Estrailier, Université de La Rochelle - Laboratoire L3i
- Philippe Hoppenot, Université Evry Val d'Essonne - Laboratoire IBISC
- Jaime Lopez Krahe, Université Paris 8 - Laboratoire CHArt- équipe THIM
- Mathieu Muratet, Institut National Supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes Handicapés et les Enseignements Adaptés - Equipe GRHAPES
- Jack Sagot, Institut National Supérieur de formation et de recherche pour l'éducation des jeunes Handicapés et les Enseignements Adaptés
- Karim Sehaba, Université Lumière Lyon 2 - Laboratoire LIRIS
- Franck Tarpin-Bernard, Université Joseph Fourier de Grenoble - Laboratoire LIG

Table des matières

Utilisation des traces d'activités pour favoriser l'apprentissage d'une élève en situation de handicap <i>Hélène Terrat</i>	1
Plat'in : Plateforme pour l'apprentissage de la LSF : Etude préliminaire et spécification <i>Lucie Metz, Virginie Zampa, Annelies Braffort</i>	9
EIAH et langue des signes : Spécifications et Outils pour construire des EIAH adaptés à la langue des signes et aux apprenants sourds <i>Patrice Dalle</i>	15
EyeSchool : Un dispositif d'aide à la scolarisation <i>Mathieu Muratet, Kevin Le Coz, Nathalie Louis, Joseph Colineau, Serge Ebersold, Patrice Renaud, Jawad Hajjam, Sylvie Erve</i>	23
Contributions du Modèle d'Architecture Textuelle à l'accessibilité de documents numériques pour les non-voyants <i>Laurent Sorin, Mustapha Mojahid, Nathalie Aussenac-Gilles, Julie Lemarié</i>	31

Utilisation des traces d'activité pour favoriser l'apprentissage d'une élève en situation de handicap

Hélène Terrat

Conseillère pédagogique ASH Rhône

Doctorante en co-direction

Université Lyon 2, laboratoire de psychologie SIS,

Université Lyon 1, laboratoire d'informatique Silex,

helene.terrat@free.fr

RÉSUMÉ. *Les élèves avec une déficience motrice utilisent maintenant couramment avec bénéfice le support informatique pour faciliter leur scolarisation. Cependant les troubles associés créent des obstacles à l'apprentissage qui ne sont pas forcément pris en compte. Cet article, s'appuyant sur un travail de recherche sur la médiation informatique et l'apprentissage de l'écrit chez des élèves handicapés, présente un exemple d'activité d'une élève de CLIS4 réalisé sur un logiciel spécifique Pictop, et montre le rôle des traces auditives et visuelles dynamiques pour améliorer les productions écrites. En allégeant la charge cognitive grâce à la forte personnalisation de l'environnement de travail, en proposant un support au travail métacognitif pour aider l'élève à acquérir des stratégies d'apprentissages identifiées et efficaces, ce logiciel aide l'élève à mieux apprendre et favorise son autonomie.*

MOTS-CLÉS : *handicap – apprentissage – maîtrise de la langue – logiciel personnalisable – autonomie – retour vocal – traçage de l'activité – métacognition-*

KEYWORDS: *handicap- learning- language proficiency - customizable software- autonomy- voice feedback- tracing activity - metacognition*

1. Description de D.

D. est une fillette de 12 ans présentant une déficience motrice modérée qui atteint ses membres inférieurs et supérieurs, associée à des troubles attentionnels, mnésiques et langagiers. Elle est également très fatigable et peu autonome. Scolarisée en CLIS4¹, elle est volontaire pour apprendre malgré ses difficultés. Bien qu'elle ait compris la combinatoire, elle ne maîtrise pas encore la lecture aussi le travail sur l'apprentissage du code est poursuivi grâce à un logiciel spécifique, Pictop3².

2. Description du logiciel Pictop

Développé initialement pour l'accompagnement de l'apprentissage de la lecture puis de l'expression écrite pour les enfants handicapés moteurs, le logiciel Pictop est ouvert dans ses contenus et fortement paramétrable dans son environnement de travail. Pictop repose sur la manipulation, par l'élève, à l'aide de la souris ou d'un contacteur associé à un balayage, d'étiquettes textuelles préalablement entrées par son enseignant. Tout ce qui est manipulé par l'élève lui-même peut-être vocalisé, y compris des mots ou des phrases incorrectement composés. C'est essentiellement un outil qui renvoie sur l'élève le produit de son activité langagière. Des étiquettes lettres, syllabes, mots, phrases, peuvent être combinées pour composer des textes. Ces mêmes étiquettes peuvent compléter des exercices à trous. Le logiciel peut également opérer sur un texte en soulignant, barrant, coloriant des éléments afin de travailler par exemple la syntaxe.

3. Réalisation de D.

Dans l'exercice présenté, D. doit chercher tous les mots contenant le son [ã] parmi les étiquettes proposées et les inscrire dans l'éditeur. Les mots intrus présentent une similitude visuelle (ex : animal, année...), elle doit donc lire le mot ou se le faire lire pour savoir s'il répond à la consigne. Le mot est lu par synthèse vocale à chaque sélection. Elle peut aussi écouter ce qu'elle a produit. Elle a bien compris la consigne, elle connaît également la graphie du son [ã] (ici seulement « an ») et elle a intégré dans sa stratégie la fonctionnalité « écoute » du logiciel. Après avoir écouté la consigne, elle essaie de cliquer sur un bouton « lecture du texte », puis « lecture de la ligne » sans succès car elle n'a encore rien produit et elle attend un peu hésitante. A la question « Que veux-tu faire là ? » elle dit clairement qu'elle souhaite écouter les mots proposés avant de réaliser son exercice afin de compenser sa difficulté de lecture. Elle n'essaie pas de lire car elle a repéré une aide qui pourrait lui éviter cet effort. Mais le logiciel ne prévoit pas de fonction permettant cela. Je lui explique qu'elle peut écouter chaque mot en le sélectionnant et vérifier ensuite s'il convient ou non. Elle applique alors cette stratégie et conserve ou rejette les mots selon qu'ils correspondent ou non au critère de la consigne. A chaque fois, elle se répète à voix basse le mot, en décomposant les syllabes et en appuyant sur celle contenant le son cible quand il est présent ou en identifiant qu'il n'existe pas dans le mot. C'est cette même démarche qu'elle aurait dû faire en lisant directement, mais qu'elle ne parvenait pas à réaliser seule au-delà d'un mot.

¹ CLIS 4 : classes destinées aux élèves en situation de handicap moteur dont font partie les troubles dyspraxiques, avec ou sans troubles associés, ainsi qu'aux situations de pluri-handicap

² Pictop3 conçu et réalisé par Jack Sagot et Max Durand (diffusion www.inshea.fr)

Lors d'un autre exercice où elle doit produire une phrase à partir d'un choix de mots, D. réutilise cette stratégie d'écouter tous les mots avant d'écrire : elle sélectionne tous les mots pour les écouter et ensuite les gomme tous avant de commencer. Cela lui permet d'avoir une idée rapide des propositions pour élaborer la phrase qu'elle pourra inscrire en allégeant le coût cognitif sur le plan de la capacité mémorielle et énergétique qui aurait été investi si elle avait dû lire elle-même les mots.

4. Utilisation du film avec D.

Grâce à l'enregistrement systématique de l'historique de l'activité de l'enfant, Pictop permet d'assurer un suivi des productions de l'élève et de ses progrès : tout ce qu'il fait est mémorisé et peut être visionné immédiatement après la séance ou beaucoup plus tard. Le retour immédiat avec l'élève sur sa production permet à l'enseignant de développer une aide métacognitive, un guidage vers l'autonomie d'apprentissage de l'élève qui pourra prendre appui sur l'analyse de ses succès et de ses échecs pour améliorer ses stratégies.

Pendant le retour avec D. sur son exercice, en faisant dérouler le film de l'activité pas à pas, je lui ai demandé d'expliquer chacune de ses actions que je reformulais afin qu'elle prenne conscience des procédures qu'elle avait utilisées, à la fois pour modifier un comportement peu efficace et pour mettre en évidence une stratégie qui fonctionne qu'elle pourra ainsi s'approprier par cette prise de conscience et qu'elle saura ensuite réinvestir. C'est ce qui s'est passée avec l'exemple du 2^{ème} exercice cité. Face à une tâche échouée, il est souvent d'usage de faire parler l'élève sur ce qu'il voulait faire, mais cela est très difficile à partir du seul résultat final, n'ayant aucune trace dynamique de l'endroit ou du moment où il a fait l'erreur. Les problèmes d'évocation, de mémorisation de D. renforcent cette difficulté, rendant d'autant plus indispensable la nécessité de s'appuyer sur une trace.

5. Présentation de l'expérimentation et de la recherche

Cet exemple est issu d'une expérimentation en cours dans le cadre d'une recherche qui porte sur l'intérêt de l'utilisation des traces d'activité générées par un logiciel dans l'apprentissage de la langue écrite pour des élèves en situation de handicap.

L'expérimentation est menée auprès de population d'élèves scolarisés dans des classes spécialisées (établissement ou CLIS³), et l'analyse des résultats obtenus doit vérifier la validité de nos hypothèses :

Hypothèse 1 : La trace auditive que constitue le retour vocal développe l'autonomie de l'élève dans son expression écrite et dans l'accès au sens. Le retour vocal devrait permettre à l'élève de corriger lui-même ses erreurs au moins au niveau phonétique. L'élève en difficulté de lecture peut prendre appui sur cette fonction de l'outil pour écouter et comprendre l'exercice avant de le réaliser, par exemple dans le cas des exercices à trous où il doit lire et réfléchir avant de donner sa réponse. Celle-ci pourra être validée par lui-même via l'utilisation de la vocalisation du mot ou de la phrase ainsi complétée. Ainsi le retour vocal est utilisé petit à petit par l'élève pour contrôler ses productions car il a la facilité de le faire (écouter la phrase, le mot ou le texte complet) et en voit l'intérêt de façon autonome.

Hypothèse 2 : les aides visuelles de Pictop favorisent la compréhension et la structuration de la langue. Les paramètres de personnalisation de l'environnement de travail de l'élève (gros curseur, cadre de sélection, affichage coloré...) permettent

³ CLIS : classe pour l'inclusion scolaire de type 1 (troubles cognitifs) ou de type 4 (troubles moteurs) dans le cadre de l'étude.

d'optimiser les conditions de travail pour compenser les difficultés liées aux troubles. Tout ceci favorise l'attention et diminue la fatigue. ...

Hypothèse 3 : En cours d'exercice, le traceur permet aux élèves de mieux comprendre ce qu'ils font : mieux percevoir le rôle des commandes, renforcer la compréhension profonde de l'activité. Les travaux d'Alain Mille⁴ montrent l'intérêt pour un apprenant d'avoir un retour immédiat sur son action afin de mieux la comprendre dans l'instant. Le traceur couplé à Pictop permet en cours de réalisation d'un exercice de voir la suite des actions sous forme d'icônes semblables aux boutons des commandes ou des touches du clavier correspondantes. L'élève visualise ce qu'il vient de faire, il renforce ainsi la relation cause à effet de son activité, il conceptualise progressivement les commandes utilisées et les actions réalisées.

Hypothèse 4: L'utilisation du film permet de voir et d'améliorer les stratégies d'apprentissages de l'élève. Selon Pierre Vermersch, « Pour rendre possible la verbalisation de l'action, il faut d'abord, que celui qui s'y essaie, prenne le temps d'un retour réfléchissant sur son action, de manière à ce qu'il en prenne conscience. L'entretien d'explicitation vise précisément à aider à la mise en mot de son « faire », y compris en rendant accessible la partie implicite de toute action. En ce sens cette technique se présente comme une prise de conscience provoquée.⁵» En rendant explicite l'action implicite, on accède à sa compréhension et l'on peut ainsi modifier ce qui n'est pas pertinent. Pour un élève avec des troubles mnésiques, avoir une trace visuelle et dynamique de ses réalisations contribue à lui donner accès à ce type de prise de conscience. L'élève comprend ses erreurs et ses réussites et peut alors acquérir une stratégie efficace et donc mieux apprendre. C'est ce que l'enregistrement systématique de l'historique de la réalisation des exercices autorise en donnant l'occasion de travailler sur les stratégies et la métacognition pour l'enseignant et l'élève à travers le « rejouage » du film de l'exercice qui reprend la totalité des étapes de l'activité. Il aide alors l'élève à « apprendre à apprendre⁶ ». L'article se propose d'évoquer le contexte général de l'étude, mais seuls deux des quatre hypothèses seront ici illustrées et discutées.

Cette étude clinique est fondée sur l'observation longitudinale des activités de 3 élèves dont on suit l'apprentissage dans la durée notamment au niveau des stratégies. Plusieurs séances de travail avec la réalisation à chaque fois de 2 ou 3 exercices, pendant 3 mois sont enregistrées. Cette observation de nature ethnographique sera réalisée d'après la méthodologie proposée par Pierre Rabardel⁷ et Jacques Theureau⁸, et complétée par des entretiens. Les séances sont filmées afin de croiser les éléments recueillis pendant l'observation, au décryptage de la vidéo avec les traces de la réalisation obtenues par l'enregistrement direct dans le logiciel. Le recoupement des résultats et leur analyse doit permettre de valider ou non nos hypothèses. Les trois sujets présentent tous un handicap moteur ainsi que des troubles associés et des niveaux variables dans la maîtrise de la langue, ce qui est le cas de tous les élèves scolarisés en CLIS4. L'élève, dont il est question ici, présente des troubles mnésiques, attentionnels et au niveau de l'élocution et de la discrimination auditive. Le 2ème enfant, meilleur lecteur a des troubles praxiques importants, enfin la 3ème située entre les deux autres pour la lecture, présente des troubles attentionnels plus massifs.

⁴ Alain Mille est professeur d'informatique, responsable de l'équipe Silex du laboratoire Liris, Université Lyon1

⁵ Pierre Vermersch « L'entretien d'explicitation » Collection Pédagogie, ESF Editeur, 2006

⁶ Voir Philippe Meirieu « Apprendre oui mais comment ? » Paris, ESF Editeur, 1987

⁷ Pierre Rabardel « Les hommes et les technologies », une approche cognitive des instruments contemporains, université Paris 8

⁸ Jacques Theureau a décrit et utilisé l'ethnométhodologie dans ses travaux de recherche.

Pour l'étude, l'élève D. est prise à côté de la classe afin de préserver les conditions de travail des autres élèves et sa propre attention (un élève en particulier « parasitait » constamment son travail), à cause de ma présence et de celle de la caméra.

6. Analyse d'une stratégie et émergence d'un besoin

L'extrait de l'exercice proposé illustre une attitude intéressante de l'élève au regard de notre première hypothèse sur le rôle de la trace auditive. Cet exercice se situe vers le milieu de l'expérimentation, c'est-à-dire que l'élève a déjà acquis quelques habitudes d'utilisation de Pictop, et du fonctionnement de nos séances communes.

Nous voyons ici comment est exploitée une trace auditive par un enfant mauvais lecteur, et atteint de troubles de l'attention, pour associer un phonème à un graphème.

D. a bien compris l'intérêt de s'appuyer sur la synthèse vocale pour suppléer à ses difficultés de lecture et n'essaie de lire elle-même en première intention que rarement. Elle souhaite mobiliser une stratégie connue qui l'aide, mais la fonction « lecture des étiquettes » n'est pas prévue. C'est pourquoi je propose une autre stratégie qu'elle met en place et s'approprie bien. Elle a parfois encore besoin du guidage de l'adulte pour continuer mais elle répond rapidement toute seule de manière pertinente avec l'aide du retour vocal. Ceci est confirmé lors de l'utilisation du « film » de Pictop qui lui permet d'explicitier ses choix.

On voit que l'élève a d'abord eu besoin d'interaction avec l'enseignant, puis elle a pris appui sur la trace auditive proposée par l'ordinateur pour réussir à construire cette démarche. Elle a repris cette fonction en répétant elle-même, à voix haute, puis à voix basse et enfin de façon presque intériorisée.

Nous observons la fonction organisatrice de l'intelligence qui met en place une nouvelle stratégie. En premier lieu, la verbalisation et l'échange avec l'enseignant a permis la mise en place de cette fonction, renforcée et continuée par la médiation de l'outil informatique, puis dans un deuxième temps comme le précise Vigotsky⁹, de l'intérioriser. Cela illustre notre 4^{ème} hypothèse concernant l'amélioration des stratégies d'apprentissages facilitée par les traces visuelles dynamiques du film et les échanges qu'elles permettent.

Mon rôle de guidage sur le plan cognitif, puis celui donné par la trace auditive de Pictop, a permis d'alléger certaines contraintes de la tâche afin d'enclencher une spirale de réussite. L'intervention de l'enseignant au début pour cibler certaines caractéristiques de la tâche afin de mettre l'élève sur la voie de la résolution reprend certains des six processus d'étayage décrits par Bruner¹⁰ : la réduction des degrés de libertés, le maintien de l'attention, l'indication de caractéristiques. Ce travail a été facilité par le support du logiciel Pictop, par la configuration de l'environnement de travail, par le mode d'exercice choisi et par l'utilisation de la trace vocale par l'élève elle-même. La démarche à laquelle est intégré l'outil informatique reste centrale : Jacques Crinon¹¹ conçoit celui-ci comme un renouvellement du contexte pédagogique et incite à une évolution vers la prise en compte de la métacognition par l'enseignant. Les travaux réalisés avec Pictop ont été autocontrôlés par la fillette. Cette habitude a été transférée à d'autres supports de travail, et ont fait accéder D. à une autonomie renforcée comme en témoigne son enseignante en fin d'année : celle-ci soulignait l'autonomie de travail de D. qui, spontanément pouvait prendre un texte (à son

⁹ L. Vigotsky *Pensée et langage* (1933), Collection « Terrains », Éditions Sociales, Paris, 1985

¹⁰ J. Bruner, *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*, Paris, PUF, 1996,

¹¹ J. Crinon et D. Legros « *Psychologie des apprentissages et multimédia* » Edition Armand Collin (2002)

niveau bien sûr), le lire, analyser la consigne et répondre à une question par écrit (en surlignant ou avec un traitement de texte ordinaire), ce qu'elle ne faisait pas quelques mois avant. La part de Pictop dans cette évolution est difficile à apprécier car dans ce domaine comment distinguer l'apport direct du logiciel de l'évolution naturelle liée aux apprentissages scolaires, à la maturité... ?

7. Les modifications réalisées

L'analyse de l'exemple proposé dans cet article montre l'appropriation par l'élève d'une stratégie efficace s'appuyant sur la trace auditive pour compenser ses difficultés de lecture et sa capacité à la réinvestir. Cependant cela nous suggère l'utilité d'une fonction « lecture des étiquettes » qui n'existait pas encore, afin de rendre cette stratégie plus simple et plus efficace. Pour cette raison, nous avons rajouté cette possibilité activable à partir d'un bouton dans le bandeau de commandes. Celui-ci trouvera sa place à côté des autres fonctions « écoute », elle sera affichée ou non, et sera utilisée à la demande par l'élève en autonomie. L'icône associée à cette fonction représente une oreille pour la rendre signifiante pour l'élève et pour la distinguer des fonctions d'écoute du texte déjà produit.

8. Comparaison avec une prochaine expérimentation utilisant la nouvelle fonction et analyse des différences de stratégies

Une nouvelle phase d'observation d'élève en situation est prévue afin de compléter les séquences vidéo sur les travaux des élèves à analyser. Dans cette 2^{ème} étape, nous proposerons la version du logiciel intégrant la nouvelle fonction « écoute des étiquettes », qui bien sûr sera expliquée à l'élève. Nous serons particulièrement attentifs à l'utilisation de cette fonction afin de comprendre en quoi elle améliore les procédures de l'élève et facilite la réalisation de ses exercices. Nous comparerons dans les deux versions de Pictop, les stratégies d'écoute que l'élève met en place pour effectuer un repérage des indices à retenir pour faire son choix, ainsi que l'anticipation de son action précédant la production elle-même. Cette fonction « écoute » est actuellement étudiée avec le 2^{ème} et le 3^{ème} enfant.

9. Conclusions sur l'intérêt d'un outil utilisant les traces pour apprendre

Nous avons constaté que la trace auditive est primordiale pour aider l'élève à entrer dans l'activité, qu'elle est un étayage fort pour réaliser l'exercice en totalité car elle contourne la difficulté de lecture. Elle allège la charge mnésique et focalise l'attention déficitaire sur l'essentiel, favorisant ainsi la mise en place de stratégies efficaces amorçant un cercle vertueux vers la motivation et la réussite.

La trace visuelle donnée par le film de Pictop est un support au retour réflexif soutenant la compréhension des actions et lui donnant l'occasion de mieux s'approprier les procédures qui ont été efficaces, puis de les réinvestir ensuite dans un autre type d'exercice avec la même réussite. L'élève est plus sûre d'elle, elle peut aller plus loin et petit à petit délaisse l'aide de son enseignante, maîtrise seule l'outil et arrive à travailler en plus grande autonomie.

Différentes modalités d'interaction participent ici aux apprentissages visés dans la maîtrise de la langue : la visualisation et l'écoute d'étiquettes, les choix effectués (sélection/rejet), la production d'écrit rapide et facilitée... Ainsi Pictop reproduit et complète une partie des modalités qui existent un peu naturellement dans les apprentissages classiques mais il amplifie certaines, en particulier par la restitution vocale. Il apporte une

suppléance aux troubles praxiques, grapho-moteurs, mnésiques et à ceux de la planification et de l'exécution de la tâche pour l'élève concernée.

En plus de la fonction supplétive venant compenser les déficits moteurs chez l'élève, la personnalisation de l'environnement de Pictop et le choix des activités augmentent la performance de réalisation. Pictop permet de travailler plus vite et mieux, pour un élève qui pourrait lire ou écrire mais au prix d'un coût cognitif important. En soulageant l'élève des tâches de bas niveau, comme ici la discrimination auditive, celui-ci peut se concentrer sur les tâches de haut niveau liées à l'apprentissage¹², le déchiffrement nécessaire à l'accès au sens.

Les besoins liés à la présentation des textes et à l'adaptation des élèves sont efficacement pris en charge par les nombreux paramétrages offerts par ce logiciel, mais ce qui est sans doute le plus important pour ces jeunes handicapés ou en grande difficulté d'apprentissage, c'est la possibilité de travailler la pensée procédurale et la planification de la tâche. Ce travail de métacognition est déjà possible grâce à l'enregistrement de l'historique des activités et à sa visualisation par l'élève accompagné des commentaires et des échanges avec l'enseignant. L'apport réel de Pictop3 dans ce domaine se situe dans son système d'archivage et de restitution dynamique et temporelle des traces.

L'article se contente de montrer ici l'usage du film qui permet de retracer l'activité a posteriori, alors qu'il est également possible et intéressant d'avoir avec le traceur de Pictop un retour immédiat en cours d'activité, hypothèse sous-tendant la 2^{ème} partie de l'étude qui est actuellement menée avec les deux autres élèves. Le traceur permet en effet de travailler la réflexivité augmentée immédiate, mais le peu de disponibilité cognitive de D. dû à ses troubles attentionnels importants, ne lui a pas permis de l'exploiter. Le 2^{ème} élève, avec un meilleur niveau de lecture et de capacité attentionnelle fait l'objet de cette étude.

9.1. Bibliographie

- [BRUNER 96] Bruner J., *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*, Paris, PUF, 1996,
- [CRINON & LEGROS 02], Crinon J. et Legros D. « Psychologie des apprentissages et multimédia », Edition Armand Colin (2002)
- [MAZEAU 05] Mazeau M, *Neuropsychologie et troubles des apprentissages*, Editions Masson Paris, 2005
- [MEIRIEU 87] Meirieu P, *Apprendre oui mais comment ?* Paris, ESF Editeur, 1987
- [MILLE et al. 10] Mille A, Djouad T, Settouti L, Prié Y, Refay C, « *Un Système à Base de Traces pour la modélisation et l'élaboration d'indicateurs d'activités éducatives individuelles et collectives. Mise à l'épreuve sur Moodle* ». 2010
- [RABARDEL 95] Rabardel P « *Les hommes et les technologies, une approche cognitive des instruments contemporains* », Université Paris 8, 1995
- [SAGOT & BENOIT 08] Sagot J et Benoit H, L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés, *NRAS*, Edition de l'Inshea n°43, 2008
- [THEUREAU 04] Theureau J « *L'hypothèse de la cognition (ou action) située et la tradition d'analyse du travail de l'ergonomie de langue française* », @ctivités, 1 (2), 11-25. <http://www.activites.org/v1n2/theureau.pdf> 2004

¹² Concept développé par Jack Sagot et Hervé Benoît dans « L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés, *NRAS*, Edition de l'INSHEA n°43, 2008

8 Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Toulouse 2013

[VERMERSCH 06] Vermersch P, « *L'entretien d'explicitation* », Collection Pédagogie, ESF Editeur, 2006

[VIGOTSKY 33] Vigotsky L, « *Pensée et langage* » (1933) (traduction de Françoise Sève, avant-propos de Lucien Sève), suivi de « Commentaires sur les remarques critiques de Vigotsky » de Jean Piaget, (Collection « Terrains», Éditions Sociales, Paris, 1985)

Plat'in : Plateforme pour l'apprentissage de la LSF

Etude préliminaire et spécification

Lucie Metz*, Virginie Zampa*, Annelies Braffort**

* LIDILEM, Université Stendhal Grenoble III

BP 25

38040 Grenoble cedex 9

Lucie.Metz@e.u-grenoble3.fr, virginie.zampa@u-grenoble3.fr

** LIMSI-CNRS

Campus d'Orsay, bat 508, BP133

91403 Orsay cedex

annelies.braffort@limsi.fr

RÉSUMÉ. Cet article présente les intérêts d'une plateforme d'enseignement/apprentissage de la Langue des Signes Française (LSF) accessible à l'ensemble des publics souhaitant acquérir ou enseigner cette langue. La démarche d'adaptation de la plateforme à l'ensemble de ces publics permet de montrer qu'il est possible de personnaliser au moins en partie l'enseignement/apprentissage à distance sur une plateforme destinée à la LSF. Les outils que nous proposons d'intégrer permettront notamment cette adaptation aux différents types d'utilisateurs potentiels. L'étude que nous proposons s'intègre dans les prémises d'un travail de recherche appliquée.

MOTS-CLÉS : plateforme d'enseignement/apprentissage, LSF, EIAH, signeur virtuel

1. Introduction

La plateforme Plat'In est une plateforme d'enseignement/apprentissage de la Langue des Signes Française (dorénavant LSF) destinée à un public large. Nous avons identifié, chez des enseignants comme chez des apprenants, des besoins qui ne sont pas comblés par les outils existants. Les enseignants, d'une part, auraient besoin d'un lieu qui leur permettrait d'échanger sur les méthodes d'enseignement par exemple, sachant qu'il n'existe pas de réel manuel scolaire. Ce besoin se ressent d'autant plus du fait de la création récente du CAPES LSF (en 2010). D'autre part, pour les apprenants, l'offre de cours est moins importante que la demande, elle est principalement localisée dans les grandes villes, les horaires sont souvent inadaptés et le prix peut s'avérer élevé. Ces constatations nous ont amenées à envisager une plateforme en ligne, accessible à tous, outil encore inexistant à ce jour. Ce choix s'intègre également dans la politique de favorisation de la diffusion de la LSF apparue avec l'article L. 312-9-1 de la loi de 2005 reconnaissant la LSF comme « *une langue à part entière* »¹.

Afin de confirmer notre choix, nous avons distribué une enquête auprès d'un public d'apprenants entendants qui étudie dans un dispositif de type LANSAD². Cette enquête portait sur l'utilité d'une telle plateforme, ses conditions d'utilisation ainsi que les outils souhaités. En nous fondant sur les attentes et les craintes des apprenants et en exploitant les possibilités offertes par les nouvelles technologies, nous avons conçu une première version du prototype.

2. Présentation de la plateforme

La plateforme Plat'In se veut accessible à un large public, la condition d'utilisation sera de posséder une webcam (nécessaire à la pratique de la LSF). Toutefois, nous avons établi une catégorisation des utilisateurs qui disposeront d'une interface et d'outils adaptés selon leurs profils.

2.1. Public

Les utilisateurs se scindent en deux catégories : apprenants et enseignants. Puis chacune de ces catégories se divise en fonction de différents critères.

La première distinction au sein de la catégorie « apprenant » se fait en fonction de la maîtrise du français écrit, puis en fonction de l'âge et enfin du niveau en LSF (figure 1). Nous avons fait le choix de sortir de la dichotomie classique sourd-entendant. En effet, celle-ci n'est pas pertinente dans le cadre d'un apprentissage à distance puisque nous n'utiliserons pas d'audio dans la plateforme. De plus, nous pouvons être face à des « devenus sourds » ou à des apprenants débutants voulant apprendre la LSF, pour lesquels la forme écrite du français peut s'avérer être un point de repère dans la découverte d'une langue signée. Pour ce qui est de l'âge, nous avons décidé que la transition entre adulte et enfant se ferait à quinze ans (âge de passage au lycée). Enfin, nous nous sommes appuyées

¹ La Loi de 1991 a été abrogée par la Loi pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées (loi 2005-102 du 11 Février 2005), et dont l'article L. 312-9-1 est ainsi libellé : « *La langue des signes française est reconnue comme une langue à part entière. Tout élève concerné doit pouvoir recevoir un enseignement de la langue des signes française. Le Conseil supérieur de l'éducation veille à favoriser son enseignement. Il est tenu régulièrement informé des conditions de son évaluation. Elle peut être choisie comme épreuve optionnelle aux examens et concours, y compris ceux de la formation professionnelle. Sa diffusion dans l'administration est facilitée.* ».

² Le dispositif LANSAD est destiné aux apprenants de langue étrangère spécialistes d'autres disciplines généralement, étudiant de Sciences du langage, Lettres, Arts du Spectacle, etc.

sur une échelle de trois niveaux de compétences se fondant sur le CECR LS³ pour créer les groupes de niveaux.

L'interface sera adaptée en fonction des catégories que nous venons de présenter : nous opérerons dans un cas pour des informations écrites (menu et autres éléments de navigation) et dans l'autre cas pour des informations uniquement visuelles. Même si la dimension écrite restera présente pour certains publics, nous intégrerons pour tous les apprenants des vidéos de LSF afin de créer une situation de « bain linguistique » nécessaire au bon apprentissage d'une langue (traduction en LSF au survol d'éléments par exemple). Un des objectifs primordiaux est que tous les apprenants puissent être capables de se servir de la plateforme en autonomie.

Les apprenants appartiendront à un groupe rattaché à un enseignant qui jouera le rôle de tuteur et tous auront accès à un parcours d'apprentissage propre à leur catégorie.

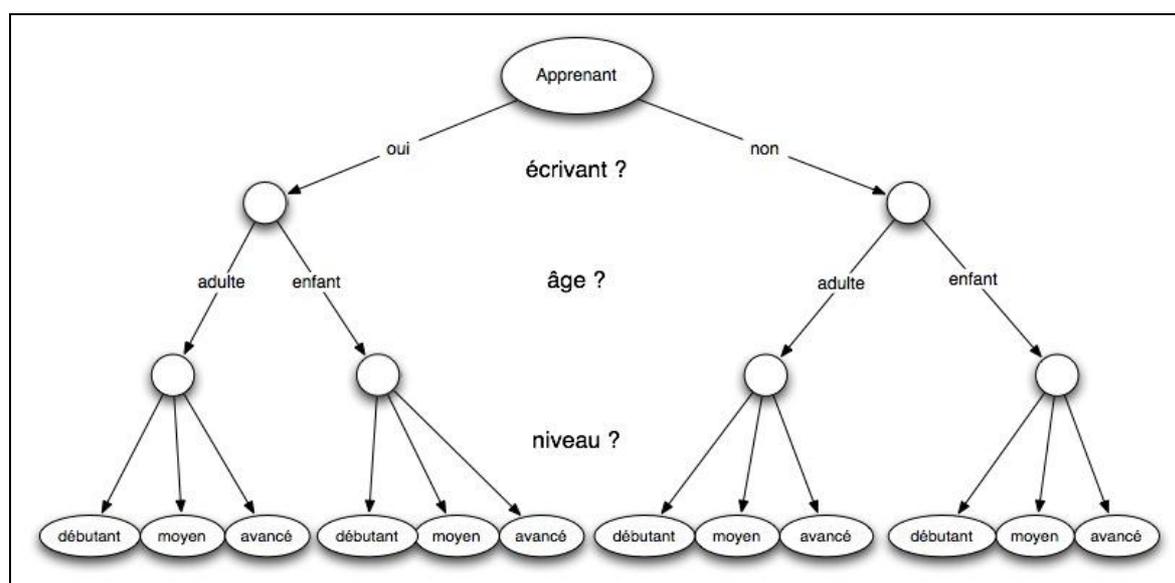


Figure 1. Schéma des différentes catégories d'utilisateur de type « apprenant ».

Concernant les enseignants, nous retrouvons la même distinction entre écrivains et non-écrivains. Le second critère de catégorisation est le fait de gérer ou non un groupe d'apprenants (figure 2). En effet, les enseignants peuvent choisir ou non d'endosser le rôle de tuteur lors de leur inscription sur la plateforme.

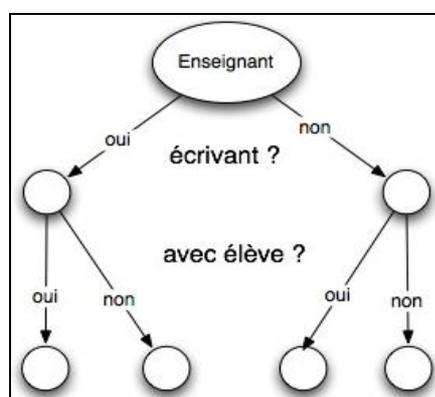


Figure 2. Schéma des utilisateurs « enseignants »

³ Le CECR LS ou Cadre Européen Commun de Référence pour les Langues Signées est un ouvrage permettant notamment d'attribuer les niveaux de compétence en langues des signes.

Enseignants et apprenants auront à leur disposition des outils, dont certains seront propres à leur statut.

2.2. Outils

Le principal outil de Plat'In sera le **signeur virtuel**. Il s'agit d'un personnage virtuel, généralement en 3D, qui est animé de façon plus ou moins automatique selon les systèmes et qui exprime un message en langue signée [BRAFFORT & DALLE 2012]. Cet outil sera présent pour l'ensemble des utilisateurs. Il permet d'une part la manipulation de la plateforme par un maximum d'utilisateurs, et d'autre part de traduire de façon efficace l'ensemble des informations disponibles. De plus, il rend la navigation plus dynamique et guide l'utilisateur. Il a aussi pour fonction d'humaniser l'apprentissage et peut représenter un repère pour les plus jeunes apprenants.

Le signeur favorise donc les interactions entre l'utilisateur et la plateforme. Il est présent tout au long de la plateforme : au sein du parcours d'apprentissage, du signaire⁴, dans les cours, etc.

Le signeur virtuel ne sera pas le seul outil à disposition. Dans la rubrique « Aides », les apprenants trouveront différentes fonctionnalités qui s'inscriront en complément de leur parcours d'apprentissage. Ils pourront refaire des exercices et auront aussi accès à des exercices supplémentaires, aux cours, à des modules de découverte de la culture sourde, à un système de vidéo chat, à un signaire animé par le signeur virtuel et à un signaire collaboratif qui sera modéré par les enseignants pour diminuer le risque d'erreur. Celui-ci se justifie tout particulièrement en LSF compte tenu des variations dialectales beaucoup plus marquées qu'en français par exemple (plusieurs signes pour un même signifié).

De plus, dans le cadre des exercices ou en dehors, les apprenants auront accès à des forums vidéo. Ils pourront donc discuter, s'aider, se corriger, etc. Ces forums permettront également aux utilisateurs d'échanger des informations sur les événements à venir en lien avec la communauté Sourde (café-signes, dates anniversaires ou importantes, etc.) qui se dérouleraient à l'échelle nationale ou locale.

Les enseignants auront également leur propre forum vidéo qui se verra un lieu d'échanges privilégié. Ils auront aussi accès à une interface leur permettant de suivre leurs apprenants.

3. Adaptabilité des contenus

Chaque utilisateur doit pouvoir se servir de la plateforme en fonction de ses besoins. Il doit donc pouvoir s'il est apprenant suivre un parcours « personnalisé », réviser, demander conseil, consulter les signaires, etc. Dans le cas où l'utilisateur est un enseignant, il doit avoir la possibilité de suivre des étudiants mais également d'échanger des contenus, interagir avec d'autres enseignants, etc.

3.1. Parcours d'apprentissage

Nous avons choisi d'aborder la langue à partir de différentes thématiques, à l'image de la plupart des apprentissages en présentiel. Concernant la dimension grammaticale de la langue, nous nous inspirerons fortement de *la LSF mode d'emploi* par Monica Companys [COMPANYS 2003]. Il offre une approche ludique des principales caractéristiques linguistiques des langues signées.

Les interactions occuperont une place prédominante dans la plateforme et plus particulièrement au sein des parcours d'apprentissage. Les apprenants pourront non

⁴ Un signaire un dictionnaire de signes.

seulement échanger en publiant leur production dans les forums vidéo mais également interroger directement leur enseignant dans les vidéos chats.

3.1.1. *Typologie des exercices*

Il y aura deux types d'activités possibles. Les activités dites « fermées » seront corrigées automatiquement et permettront à l'apprenant d'avancer à son rythme sur la plateforme. Elles seront prévues pour s'intégrer au sein des parcours de façon cohérente sans pour autant lasser l'apprenant.

Les activités « ouvertes » seront corrigées par les enseignants. Les apprenants soumettront leurs productions à leur enseignant qui leur fournira une évaluation personnalisée. Ils auront ainsi un suivi individualisé.

La structure des parcours alternera ces deux types d'activités de façon à créer un rythme et rendre l'apprentissage plus ludique.

3.1.2. *La place de l'enseignant*

L'enseignant ne se cantonnera pas aux corrections, il pourra également proposer de nouveaux exercices à un apprenant qui connaîtrait certaines difficultés et échanger des contenus qu'il jugerait intéressants avec d'autres enseignants grâce à la rubrique « Salle des profs ». Cette rubrique est conçue pour être un lieu d'échange entre les enseignants, tant au niveau des idées que des supports de cours potentiels (en présentiel ou à distance).

3.2. *Salle des professeurs*

La plateforme se voudra être un soutien pour les enseignants. Actuellement, il n'est pas rare que les enseignants de LSF se sentent isolés, sans aide pour préparer leurs cours. Le fait qu'il n'y ait pas de manuel officiel sur les méthodes d'enseignement/apprentissage à suivre, tant dans l'apprentissage en langue première (pour les Sourds notamment) que pour les apprenants de LSF en langue seconde, influe particulièrement sur ce sentiment.

Une « salle des profs » sera donc à leur disposition afin qu'ils puissent partager les supports de cours qu'ils jugeront pertinents à la fois pour les cours en présence et pour les cours à distance. Ils auront également la possibilité d'échanger librement sur la plateforme grâce à un forum vidéo qui leur sera spécialement dédié. Ceci évitera le sentiment d'isolement et facilitera les discussions sur les méthodes qu'ils préconisent, les problèmes qu'ils rencontrent, etc.

4. Conclusion

L'enseignement/apprentissage de la LSF à distance (ou partiellement à distance) peut s'avérer problématique s'il ne se fait pas dans des conditions adaptées. Ainsi, le travail que nous présentons se situe davantage au niveau de ce que nous pouvons nommer la recherche appliquée.

Toutefois, ce travail ne correspond qu'à une étude préliminaire. Il s'agit d'un point de départ. Nous souhaitons implémenter la plateforme en restant au plus près des attentes des utilisateurs, enseignants comme apprenants. Il convient donc d'expérimenter régulièrement le prototype avec chaque type d'utilisateur, au fur et à mesure de l'intégration de chacun des outils (vidéos chats, signeur virtuel, etc.).

Les problématiques que nous aborderons dans le futur se retrouveront dans des axes de recherche plus fondamentale. Nous nous intéresserons particulièrement aux modèles théoriques internationaux, à la notion d'individualisation des parcours d'apprentissage, à la dimension ergonomique des outils, etc.

4.1. Bibliographie

- [BRAFFORT & DALLE 2012] Braffort, A. et Dalle, P., « Accessibilité du cyberspace : langues des signes », in Réseau Mayaa, Vannini, L. et le Crosnier, H. *NET.LANG - Réussir le cyberspace multilingue*, C&F Editions, 2012.
- [COMPANYS 2003] Companys M., *La LSF, mode d'emploi*, éditions Monica Companys, 2003.
- [CONSEIL DE L'EUROPE 2002] Conseil de L'Europe. Cadre Européen Commun de référence pour les langues Strasbourg : coll Didier, 2002. Dernière consultation le 29 avril 2013 <http://www.alfeda.net/pdf/langue%20des%20signes.pdf>
- [KOBYLANSKI 2011] Kobylanski M. « Adaptation du CECR pour la LSF : Principes et pistes pour une évaluation », Mémoire de Diplôme Supérieur de Recherche (DSR), Université Stendhal Grenoble 3, 2011.
- [MILLET 2004] Millet A. « La langue des signes française (LSF) : une langue iconique et spatiale méconnue », Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité [En ligne], Volume XXIII N° 2, 2004. Mis en ligne le 18 décembre 2012, consulté le 16 avril 2013. URL : <http://apliut.revues.org/3326>

EIAH et langue des signes

Spécifications et Outils pour construire des EIAH adaptés à la langue des signes et aux apprenants sourds

Patrice Dalle

*IRIT, Université Paul Sabatier
118 route de Narbonne
31062 Toulouse cedex 9
dalle@irit.fr*

RÉSUMÉ. Le développement d'EIAH et la mise à disposition d'enseignements en lignes sont particulièrement justifiés pour le public sourd dont le déficit en matière formation est largement constaté. Cependant ces dispositifs doivent prendre en compte les particularités de ces apprenants et en premier lieu leur langue naturelle d'apprentissage, la langue des signes. Celle-ci n'ayant pas de forme écrite, le support vidéo peut jouer en grande partie ce rôle à condition de le doter d'un ensemble de fonctionnalités analogues à celles utilisées pour manipuler l'écrit des langues vocales. Cet article décrit les principales démarches utilisées pour rendre les EIAH accessibles ou adaptés aux apprenants sourds et présente quelques outils dotant la vidéo en langue des signes de fonctionnalités de l'écrit.

MOTS-CLÉS: apprenants sourds, langue des signes, hypersigne, LS-vidéo

1. Introduction

La formation destinée au public sourd, qu'elle soit initiale ou continue, doit faire face à une double nécessité : procurer une offre riche de formation en ligne, car on constate un très lourd déficit en matière de formation, et garantir l'accessibilité à ces environnements d'apprentissage. Cette adaptation doit prendre en compte le mode de perception essentiellement visuel des personnes sourdes et la langue utilisée pour communiquer, soit le français oral, dont la perception peut être aidée par un codage en Langage Parlé Complété, (LPC) soit la langue des signes¹ (LS) qui est le cadre des travaux présentés ici.

Concernant la formation des sourds en France, on peut faire un double constat². Le bilan est encore très négatif : on observe un très fort taux d'illettrisme, environ 5% seulement des jeunes sourds accèdent aux études supérieures et il y a très peu de sourds diplômés, ce qui a de fortes répercussions en matière d'emploi et de statut social. D'autre part, peu de formations sont accessibles en LSF : au niveau scolaire, entre 5% et 10% des élèves sourds reçoivent un enseignement en LSF ; au niveau universitaire, les dotations annuelles pour le financement des interprètes français-LSF couvrent généralement moins d'un trimestre.

Les raisons de cette situation sont multiples [DALLE 07]. Elles proviennent d'abord d'une politique éducative qui n'a longtemps proposé qu'un enseignement en français oral. Depuis 2005, la loi³ a changé cette situation en autorisant le choix bilingue LSF-français dans la scolarité des jeunes sourds, mais sa mise en application est encore très limitée. Le manque d'enseignants compétents en LSF est un autre frein au développement d'un enseignement en LSF. Enfin, les sourds constituant une population réduite (environ 10.000 élèves sourds sont actuellement scolarisés) et répartie sur tout le territoire, il peut sembler coûteux d'organiser des classes en LSF à effectifs réduits.

Le développement d'une offre de formations en ligne vise donc à corriger ce déficit de formation. Il peut être mené en rendant accessibles les formations existantes, ce qui peut s'avérer difficile à réaliser, ou en concevant des formations en LS. Pour cela, les environnements d'apprentissage, les contenus qu'ils proposent et les modes d'interactions qu'ils utilisent doivent être adaptés à la LS.

2. Particularités des environnements d'apprentissages adaptés à la LS

2.1. Les Langues des signes

Les LS sont des langues visuo-gestuelles, mettant en jeu simultanément plusieurs composants corporels (mains, buste, tête, mimiques faciales et regard) qui se déploient dans le temps et dans l'espace. Elles ont leurs grammaires propres et ne sont en aucun cas des formes gestuelles des langues vocales. Les différentes LS ont beaucoup de caractéristiques grammaticales communes mais elles diffèrent au niveau lexical. Sur le plan temporel de production de l'énoncé, elles respectent généralement un ordre logique : cause avant

¹ Nous utilisons abusivement l'expression « la langue des signes » lorsque les propos peuvent s'appliquer à toutes les langues des signes (LS) et « la langue des signes française » (LSF) lorsqu'ils n'ont été établis que pour la langue des signes pratiquée en France.

² Sources : note 2012-10 de la DEPP du ministère de l'Éducation, enquêtes de l'ANPES et de l'UNISDA

³ Loi n° 2005-102 du 11/02/2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées

conséquence, cadre général ou contexte avant les actants ou les objets eux-mêmes suivis de leurs actions ou de leurs relations. Sur le plan spatial, les LS utilisent l'espace de signation, demi sphère placée devant le locuteur, pour y localiser les éléments du discours, personnages, objets, lieux, idées,..., les mettre en relation ou y faire référence par des pointages manuels ou du regard. Enfin l'iconicité, c'est-à-dire la référence à la perception et à l'expérience pratique, est très présente dans les LS au niveau lexical et syntaxique ou dans le discours lorsque le locuteur choisit un mode illustratif [CUXAC 00] dans lequel il donne à voir en disant. C'est ce procédé qui permet à des locuteurs de pays différents de se comprendre rapidement. Exploité dans l'acte pédagogique, il est très pertinent pour expliquer des concepts dont les élèves ne connaissent pas encore la terminologie. Les logiciels manipulant des énoncés en LS devront respecter et exploiter ces caractéristiques.

2.2. Particularités liées à la langue

Les LS ont des systèmes de notation mais pas de réelle forme écrite. Le recours systématique au français écrit n'est pas une solution acceptable parce qu'une forte proportion de sourds en ont une maîtrise incomplète et parce que ce n'est pas la langue dans laquelle ils pensent ou élaborent les notions étudiées. La vidéo joue déjà le rôle de support de mémorisation ou de communication différée et pourrait remplir en partie le rôle d'une écriture. Pour cela, il faut la doter de fonctionnalités équivalentes à celles d'un éditeur de texte pour le français écrit. Nous présenterons plusieurs outils apportant ces fonctionnalités. Bien entendu le français n'est pas écarté, et les documents seront le plus souvent bilingues, mais il n'est pas un passage obligé pour accéder aux contenus et acquérir les connaissances.

Les LS font une exploitation originale de l'espace, support virtuel des éléments du discours et de leurs relations. Des logiciels permettant de visualiser cette structuration spatiale auraient un triple intérêt : pour illustrer le fonctionnement de la LS, lorsqu'elle est l'objet de l'apprentissage, pour déstructurer la forme linéaire d'un énoncé en français, lorsqu'on veut le reformuler en LS, et pour matérialiser les relations entre ses différents constituants, lorsqu'on veut expliquer une notion complexe.

Les LS n'étant utilisées que récemment comme langue d'enseignement, beaucoup de champs disciplinaires ne possèdent pas encore de vocabulaire complet normalisé pour nommer les éléments qui les constituent. On doit donc produire des néologismes et joindre aux supports de cours des glossaires du domaine. L'absence d'écriture et donc d'organisation alphabétique complique la présentation et la navigation dans ces glossaires.

2.3. Particularités liées aux apprenants sourds

Il faut distinguer les caractéristiques conjoncturelles, la mauvaise maîtrise du français ou un niveau de culture générale en décalage avec le niveau d'études suivies, qui devraient s'atténuer dans le cadre d'une autre politique éducative, des caractéristiques spécifiques aux personnes sourdes et à leur culture. Le caractère purement visuel de la perception des sourds est évidemment à prendre en compte, notamment lorsque l'on veut adapter un document existant associant une présentation visuelle et un commentaire oral. Il ne suffit pas de remplacer l'oral par l'inclusion d'un interprète traduisant les propos, surtout s'il y a une animation, le lecteur ne pouvant pas regarder en même temps l'interprète et la présentation.

Nous avons indiqué qu'une explication ou un récit en LS introduit les éléments dans un ordre logique. Il faut placer le cadre, le contexte, le support avant les éléments qu'ils contiennent. Ensuite seulement on peut les mettre en interaction ou en relation. D'autre part, même si ce n'est pas une règle absolue, on constate que pour introduire un concept, on va souvent commencer par donner des exemples avant de généraliser ou de conceptualiser.

2.4. Conception d'un document en LS

On sera souvent amené à produire un document en LS ou bilingue à partir d'un document en français. Il serait donc intéressant d'étudier et de modéliser ce processus. Cette démarche a été analysée par un collectif de professionnels pour la réalisation d'un glossaire pour l'UVED [DALLE 12] à partir d'une conférence en français accompagnée d'une présentation visuelle. Sans prétendre à une modélisation rigoureuse, c'est un ensemble de bonnes pratiques qui a été formulé pour produire un document qui respecte la manière de dire en LS. Il serait nécessaire d'aller au-delà et de fournir des outils d'annotation et d'édition pour assister cette production. Des travaux ont également été menés pour comparer les performances de documents en LS seule et combinée avec de l'écrit et les conditions à respecter pour produire des documents efficaces [FAJARDO et al. 09].

3. Environnements et documents en LS : état de l'art

3.1. Environnement exploitant des contenus en LS

On peut classer les environnements adaptés à la LS en quatre catégories :

Les sites d'information en LS : ce ne sont pas des environnements d'apprentissage mais ils sont conçus pour proposer de nombreux contenus de vidéo en LS et ont en général étudié des formes adaptées de navigation pour accéder à ces contenus [WEBSOURD 13].

Les sites d'apprentissage de la LS : ce sont souvent des lexiques bilingues accessibles en français par le nom du signe et classés par ordre alphabétique ou en LS via les caractéristiques phonologiques du signe recherché [WIKISIGN 13] [CAVENDER et al. 10]. Des études ont déterminé les services que devaient procurer les sites de formation à la LSF, par exemple pour la formation des interprètes [ANDRIAKOPOULOU et al. 07].

Sites classique rendus accessibles en LS : Dans cette approche, on cherche à exploiter des sites existants en y intégrant des traductions en LS [KOSEC et al. 10] par des signeurs réels ou virtuels ou des aides sous forme d'agent communiquant en LS [SANSONNET et al. 12]. Les fonctionnalités sont donc celles du site d'origine.

Sites d'apprentissage en LS : On trouve des sites collaboratifs destinés aux enseignants en LS et fournissant des supports pédagogiques, utilisables aussi par les apprenants mais sans suivi [E-LSF 13], des environnement de e-learning procurant des cours en webconférence et des facilités de coopération en LS [DRIGAS et al. 05], et des adaptations à la LS d'environnements d'apprentissage existants [STRAETZ et al. 04].

L'adaptation de ces environnements se limite le plus souvent à proposer des contenus en LS ou à traduire des contenus textuels et à permettre des échanges en LS et non par écrit.

3.2. Contenus en LS

Un document comprenant de la LS est le plus souvent multimédia, combinant des données vidéo, des images ou des schémas et du texte. Il peut prendre plusieurs formes, pdf, présentation avec vidéo, document composite de type iBooks ou page web, mais le mode de diffusion naturel est celui de sites web. Comme on l'a vu, leur conception reste classique et ils utilisent les mécanismes habituels de navigation par liens texte ou images cliquables. Quelques travaux proposent des mécanismes de navigation mieux adaptés à la LS, comme Signlink [FELS et al. 09], tentant de reproduire l'expérience de l'hypertexte en LS [KAIBEL et al. 06]. Dans la même démarche, nous présentons des outils innovants pour la présentation et la navigation dans ce type de document.

4. Documents en LS

4.1. Hypersigne

Le concept d'hypersigne tente de transposer, pour la vidéo en LS, la notion d'hypertexte des documents écrits. Il ne s'agit pas d'interagir dans la vidéo comme on le fait en hypervidéo en attachant des liens à des objets de la vidéo. En effet, ici une image du flux vidéo ne fournit pas une information directement accessible par sa seule présentation, c'est une partie d'un énoncé dans une langue visuo-gestuelle et donc une donnée de nature linguistique qu'il faut décoder pour la comprendre. Les liens seront donc attachés à des segments temporels correspondant à des morceaux d'énoncés (des signes ou des séquences de signes), de même que, dans un texte, ils sont attachés à des mots ou à des groupes de mots et non à leur emplacement dans la page.

Il faut donc définir un procédé pour visualiser les segments (ici temporels) du document qui sont activables, indiquer le thème de la cible du lien, suivre effectivement le lien, afficher le document cible, puis soit poursuivre en suivant d'autres liens soit revenir au document initial via une fonction retour ou via un historique. Contrairement au document écrit, on ne peut pas indiquer un lien par une information visuelle dans le document vidéo, puisqu'aussitôt après avoir été perçu il ne serait plus accessible. Il faut donc dissocier l'indication des segments temporels cliquables de l'affichage de la vidéo elle-même. Pour cela nous avons réalisé un lecteur spécifique (figure 1).



Figure 1. document hypersigne

Il est constitué de 4 zones : la zone des titres, la vidéo principale en LS, une zone de texte contenant l'énoncé équivalent dans la langue vocale et la ligne de temps contenant les liens. Un titre associe une vignette représentant un dessin du signe ou un photosigne (cf. §4.1) et une vidéo du signe. Lorsque le pointeur survole cette vignette, une animation du signe remplace l'image. La zone titre comporte le titre de la vidéo courante et les titres référant la vidéo précédente et la vidéo suivante de l'historique si elles existent.

Les liens sont indiqués dans la ligne des temps, sous forme de segments colorés indiquant les portions d'énoncé concernées. Au passage du curseur dans un segment, une vignette apparaît et indique le contenu de l'information liée. Il y a 3 types de lien :

- Lien vers une image (rouge), pour illustrer les explications données en LS dans la vidéo principale. La vignette est une miniature de l'illustration. Un clic sur le lien arrête la vidéo et superpose l'illustration. Un second clic relance la vidéo en séquence.

- Lien vers un autre hypersigne (vert). La vignette est un photosigne qui indique le thème de l'hypersigne cible. Un clic sur ce lien charge l'hypersigne cible et met à jour l'historique.

- Lien vers une page web classique (bleu). Un clic arrête la vidéo et ouvre la page web. Sa fermeture relance la vidéo.

Une traduction peut être associée à la vidéo de l'hypersigne (zone texte). L'accès aux documents liés à l'hypersigne peut se faire via des liens intégrés au texte, la couleur du texte indiquant la nature du lien. On a donc un document bilingue et la navigation peut se faire dans les deux langues.

Pour retrouver une impression de lecture analogue à celle de la lecture d'un texte (survol, lecture sélective), l'utilisateur peut cliquer dans la ligne de temps et accéder directement à une partie de la vidéo ou déplacer le curseur plus ou moins vite, dans les deux directions.

4.2. Photosigne

Un photosigne est une représentation statique d'un signe sous la forme de superposition d'images et de flèches, forme souvent utilisée pour réaliser des lexiques.

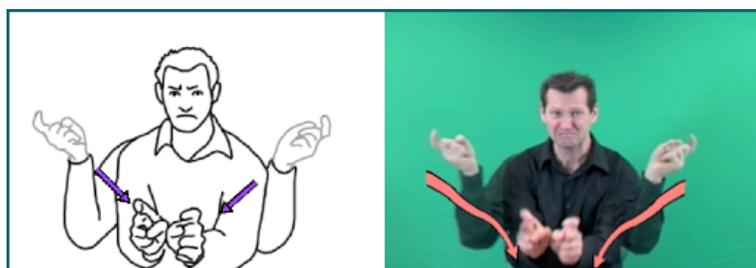


Figure 2. a-Dessin d'un signe b-Photosigne semi-automatique

Il sert ici à réaliser les titres d'un hypersigne et à indiquer la signification des liens. Il est utilisé aussi pour présenter les rubriques d'une table des matières ou pour faire un index en LS. Son dessin (figure 2-a) suppose des compétences graphiques. Le logiciel PhotoSigne est un outil interactif permettant de fabriquer rapidement un photosigne à partir de la vidéo du signe à représenter (figure 2-b). Il comporte deux modules. Le premier effectue automatiquement la détection du visage et des mains du personnage dans chaque trame de la

vidéo. Le second est interactif ; il permet à l'utilisateur de sélectionner les images-clé du signe, de les superposer en une seule image et de ne faire apparaître que des zones particulières (le plus souvent les mains). Le programme termine la réalisation du photosigne en matérialisant le mouvement des mains par des flèches calculées à partir du suivi des mains.

La combinaison de Photosigne et d'Hypersigne permet de réaliser des glossaires hiérarchiques bilingues accessibles directement en LS [GDD 13].

4.3. Interaction, correction

En formation en ligne, le suivi des apprenants est essentiel. Il faut donc pouvoir corriger, en LS, les productions des apprenants. C'est le rôle de l'outil d'annotation de vidéo en vidéo, AVV. En phase de création, il affiche une double fenêtre contenant la vidéo à enrichir et la vidéo du rédacteur, captée par la webcam. L'utilisateur parcourt la vidéo et, pour ajouter une annotation, la met en pause et enregistre son commentaire. Quand toutes les annotations ont été saisies, elles sont automatiquement intégrées sous forme de vignettes dans la vidéo principale. Le résultat est donc une vidéo standard. Ces fonctionnalités sont très simples et rapides à utiliser. En phase de lecture (figure 3), lorsque le lecteur arrive à une annotation, il arrête la vidéo principale, joue l'annotation et poursuit en séquence.

Lorsque la vidéo principale n'est pas un énoncé en LS mais, par exemple, un film ou une présentation, cette fonction permet de réaliser l'équivalent d'un sous-titrage en LS.

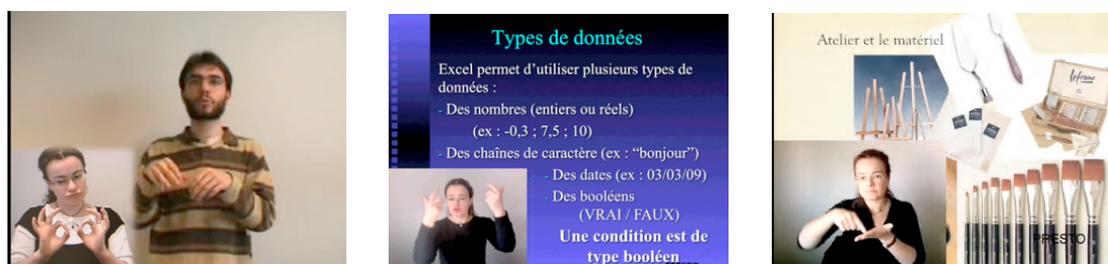


Figure 3. AVV : annotation de documents en LS

Ces logiciels sont opérationnels et disponibles [PRESTO 13] ; AVV est utilisé dans quelques centres de formations à la LSF pour corriger les productions des élèves. Hypersigne est déjà utilisé dans plusieurs enseignements universitaires en LSF, par les enseignants pour faire des supports de cours, et par les étudiants pour rédiger des rapports de projets. Le faible nombre de dispositifs d'enseignement en LSF rend pour le moment difficile l'évaluation à plus grande échelle de ces logiciels.

5. Conclusion

Les sourds doivent pouvoir bénéficier d'environnements d'apprentissage dans leur langue, la LS. Pour que ceux-ci soient adaptés, ils doivent proposer des documents en LS et fournir des outils de navigation évolués, offrant par exemple l'équivalent de l'hypertexte, et des outils d'interaction permettant de communiquer en LS mais aussi d'évaluer une production en LS. Des travaux sont encore nécessaires pour offrir des fonctionnalités telles que la recherche dans un contenu vidéo à partir d'une requête en LS. D'autres travaux

étudient l'exploitation de l'espace en LS. Couplés à la technologie émergente des signeurs virtuels, ils permettront d'assister la production de contenus en LS.

L'ensemble de ces outils permettra alors de réutiliser, en LS, toutes les recherches menées sur les EIAH et de répondre au droit à la formation qui n'est pas encore totalement respecté pour cette population particulière.

Bibliographie

- [ANDRIAKOPOULOU et al. 07] Andriakopoulou E., Bouras C., Giannaka E. « Sign Language Interpreters' Training » *Conference ICL 2007*, Villach, Austria september 2007, p. 26-28
- [CAVENDER 10] Cavender A., Otero D., Bigham J., Ladner R. « ASL-STEM Forum: Enabling Sign Language to Grow Through Online Collaboration » *CHI 2010*, Atlanta, USA, april 2010
- [CUXAC 00] Cuxac C., *La langue des signes française – les voies de l'iconicité*, Ophrys, 2000
- [DALLE 07] Dalle P. « Production et diffusion de ressources pour l'éducation et la scolarisation des jeunes sourds », *ASSISTH07*, Toulouse, 17-21 novembre 2007
- [DALLE 12] Dalle P., « Exemple d'une ressource numérique : Glossaire du développement durable en langue des signes », *colloque CIUEN 2012*, Lyon 16-18 avril 2012
- [DRIGAS et KOUREMENOS. 05] Drigas A., Kouremenos D. « An e-Learning Management System for the Deaf people », *WSEAS Trans on Advances in engineering education*, Issue 1, Volume 2, 2005, pp. 20-24
- [FAJARDO et al. 09] Fajardo I., Vigo M., Salmeron L. « Technology for supporting web information search and learning in Sign Language », *Interacting with Computers* n° 21 , Elsevier, 2009, p. 243-256
- [FELS et al. 09] Fels, D., Gerdzhev, M., Hibbard, E., Goodrum, A., Richards, J., Hardman, J., Thompson, N. Sign language online with Signlink Studio. *HCII*, LNCS 5616, 2009, p.492-501.
- [KAIBEL et al. 06] Kaibel, A., Grote, K., Knoerzer, K., Sieprath, H. and Kramer, F. Hypertext in Sign Language. *9th ERCIM Workshop User interface for ALL*. Königswinter, Germany 27-29 september 2006.
- [KOSEC et al. 10] Kosec P., Debevc M., Holzinger A. « Sign Language Interpreter Module: Accessible Video Retrieval with Subtitles », *Computer helping people with special needs*, LNCS vol. 6180, Springer 2010, p.221-228
- [SANSONNET et al. 12] Sansonnet JP., Corraera D., Jacques P., Braffort A., Verrechia C. « Developing Web fully-integrated conversational assistant agents », *RACS'12* October 23-26, 2012, San Antonio, USA, p. 14-19
- [STRAETZ et al. 04] Straetz K., Kaibel A., Raithel., Specht M., Grote K., Kramer F. « e-Learning Environment for Deaf Adults », *8th ERCIM Workshop User Interface for All*, Wien 2004 Bielefeld university pub

Références sur le WEB.

- [E-LSF 13] <http://enseignement-lsf.com/>
- [GDD 13] : www.irit.fr/GlossaireDD-LSF/
- [PRESTO 13] : www.irit.fr/presto/
- [WEBSOURD 13] Websourd : <http://www.websourd.org>
- [WIKISIGN 13] Wikisign : <http://lsf.wikisign.org>

EyeSchool : Un dispositif d'aide à la scolarisation

Mathieu Muratet*, **Kevin Le Coz ****, **Nathalie Louis****, **Joseph Colineau *****, **Serge Ebersold***, **Patrice Renaud***, **Jawad Hajjam****, **Sylvie Erve****

* *INS HEA*

58-60 Avenue des Landes
92150 Suresnes, France

[mathieu.muratet, serge.ebersold, patrice.renaud]@inshea.fr

** *CENTICH*

51, rue du Vallon
49000 Angers, France

[kevin.lecoz, nathalie.louis, jawad.hajjam, sylvie.erve]@centich.fr

*** *THALES Research and Technology*

Campus Polytechnique

1, Av Augustin Fresnel

91767 Palaiseau Cedex, France
joseph.colineau@thal.esgroup.com

RÉSUMÉ. Cet article présente le projet de recherche EyeSchool, un dispositif numérique nomade pour l'accès à la lecture, et la prise de note pour des personnes déficientes sensorielles (visuelles et/ou auditives) et élèves présentant des troubles spécifiques du langage (Dys) dans un parcours d'éducation et de formation professionnelle. Cette étude s'appuie sur l'analyse des dispositifs actuellement disponibles sur le marché pour proposer une solution innovante, nomade et modulable. L'usage et l'évaluation de ce type d'outil pose notamment question, c'est pourquoi nous présentons aussi dans cet article les expérimentations à venir et le protocole d'évaluation.

MOTS-CLÉS: e-Education, Innovation technologique, Déficience visuelle, Déficience auditive, TSL, Nomadisme.

1. Introduction

La publication et la mise en œuvre des textes d'application de la loi du 11 février 2005 [LOI 05] pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, ont contribué à dynamiser les recherches dans le domaine. Nous illustrons cette diversité en évoquant quelques travaux relatifs aux loisirs [REICHHART 11], au sport [COMPTE 10], au vieillissement [MADER et al. 12] ou à la scolarisation [GILLIG 06, BENOIT & SAGOT 08, EBERSOLD 12]. Les recherches dans le domaine de la scolarisation s'articulent autour de deux principes : l'accessibilité (accès à tout pour tous) et la compensation (mesures individuelles rétablissant l'égalité des droits et des chances). Le projet EyeSchool que nous présentons dans cet article est une contribution qui aborde la problématique de la scolarisation des élèves handicapés dans le cadre de la démarche de l'école inclusive. EyeSchool est un dispositif numérique nomade pour l'accès à la lecture, et la prise de note pour des personnes déficientes sensorielles (visuelles et/ou auditives) et élèves présentant des troubles spécifiques du langage (Dys) dans un parcours d'éducation et de formation professionnelle. C'est une solution qui se veut nomade, modulable et personnalisable en fonction de l'environnement de travail et des profils des différents apprenants.

Dans cet article, après avoir effectué un panorama des dispositifs disponibles pour les déficiences visuelles, auditives et les troubles spécifiques du langage, nous présenterons le projet EyeSchool et l'expérimentation de ce dispositif. Les objectifs attendus dans ce projet concernent : (1) l'aide à la lecture des élèves et étudiants déficients sensoriels et des élèves présentant des troubles spécifiques du langage et de l'apprentissage ; (2) l'accessibilité de l'ensemble des espaces d'enseignement de manière individuelle ou collective ; (3) l'ouverture des voies de formation en favorisant les conditions d'apprentissage, l'intégration et en optimisant les parcours.

2. Panorama des dispositifs disponibles

2.1. Pour les élèves déficients visuels

La lecture d'un document (exercice, support de cours, énoncé de devoir) ou d'informations inscrites au tableau posent en règle générale problème pour l'élève déficient visuel. Les adaptations concernant l'élève malvoyant peuvent être : une adaptation de surface (document imprimé modifié pour une meilleure lisibilité, grossissement de caractères, amélioration des contrastes), une aide technique de grossissement avec : un téléagrandisseur ou une loupe ; une lecture du document numérique (ou numérisé) à l'aide d'un ordinateur avec ou sans logiciel d'agrandissement d'écran et d'amélioration des contrastes. Dans ce dernier cas, de multiples adaptations sont possibles : interface optimisée (modifiée et simplifiée), lisibilité du contenu à lire (formatage et/ou zoom de l'application), modification de l'aspect à l'aide d'un logiciel d'agrandissement.

Lorsque l'utilisation d'un ordinateur est envisageable le passage des documents au format numérique permet l'usage de logiciels d'agrandissement d'écran. Ces logiciels permettent à l'élève ou l'étudiant malvoyant de pouvoir visualiser sur l'écran de l'ordinateur un document dont l'affichage est adapté à la nature de la déficience visuelle de l'individu (effet de loupe, modification des couleurs, du contraste...). En complément des fonctionnalités graphiques, ces logiciels proposent souvent une restitution sonore des informations.

2.2. Pour les élèves déficients auditifs

Concernant les élèves déficients auditifs, les aides proposées sont moins technologiques que pour les déficients visuels. En effet les solutions proposées dépendent du type de surdité (surdité de transmission ou de perception), du degré de la déficience (légère, moyenne, sévère ou profonde) et de l'âge auquel elle est apparue (enfants né sourd ou devenu sourd après avoir appris à parler). En fonction des différentes situations la compensation peut porter sur : une adaptation et amélioration des conditions d'audition ; une lecture labiale ; un appareillage ; une aide humaine à la communication (traduction par un interprète en Langue des Signes, adaptation par un interface, un preneur de notes, un codeur en Langage Parlé Complété...). Ces moyens de compensation demandent à l'élève une dissociation importante de son attention entre les écrits au tableau, le discours du professeur, l'éventuelle aide humaine à la communication.

Les sourds et les malentendants développent des stratégies visuelles qui peuvent être perturbées par l'environnement. L'éclairage, les signaux lumineux et l'organisation de l'espace (être face à ses interlocuteurs) sont très importants. Les bruits de fond sont très amplifiés par les prothèses auditives, ce qui diminue la compréhension de la parole, et sont une cause de fatigue, même dans le cas d'une surdité sévère. Une journée d'apprentissage en contexte scolaire peut être fatigante pour une personne malentendante qui devra faire plus d'efforts pour communiquer, et prêter plus d'attention à son environnement. Les principales aides et adaptations proviennent donc de l'organisation de l'espace, des circuits d'information et des circulations des espaces de parole.

2.3. Pour les élèves avec des troubles spécifiques du langage (TSL)

Dans un premier temps, une adaptation des documents papiers en version numérique permet aux élèves ayant des TSL de pouvoir visualiser les documents en personnalisant l'affichage en fonction de leur préférence (alternance ligne en gras / ligne normale, utilisation de couleurs contrastées). La configuration de l'interface des logiciels communément utilisés par l'élève est une seconde adaptation couramment utilisée (suppression des icônes ou menus inutiles pour l'élève, augmentation de la taille des icônes, apprentissage de l'utilisation du zoom). Les outils comme les correcteurs orthographiques et grammaticaux sont également très appréciés.

Dans un second temps, si ces premières adaptations sont insuffisantes, l'utilisation de logiciels adaptés est envisagée que ce soit au niveau visuel [MEDIALEXIE 13, ZOOMTEXT 13] ou auditif via l'utilisation de synthèses vocales.

2.4. Synthèse

Que ce soit pour les élèves déficients visuels, déficients auditifs ou ayant des TSL, suivre un enseignement en classe ordinaire leur impose une surcharge cognitive plus importante que pour les autres élèves de la classe. Cet investissement fatigue les élèves ce qui rend d'autant plus difficile le maintien de leur concentration tout au long de la journée. L'objectif du projet EyeSchool est donc de faciliter la prise de note et l'accès aux documents afin de favoriser l'inclusion de l'élève sans impacter le déroulement de l'enseignement.

3. Description du dispositif EyeSchool

Le dispositif EyeSchool est une amélioration d'un premier dispositif (PortaNum) issu de la collaboration de neuf salariés de l'entreprise THALES. Ce premier système était

principalement destiné à faciliter la vision de loin pour des personnes souffrant de déficience visuelle. Cette solution initiale se composait, d'un point de vue matériel, d'un ordinateur portable et d'une webcam ou caméra numérique et, d'un point de vue logiciel, du logiciel PortaNum [PORTANUM 13].

Dans le cadre du projet EyeSchool, le logiciel PortaNum a été conservé pour ses fonctionnalités relatives à la visualisation. Mais le dispositif a été largement rénové par l'ajout d'une fonctionnalité de numérisation de documents papiers via l'utilisation d'un scanner portable, et d'un ensemble logiciel OCR « reconnaissance optique de caractères » et TTS « Text To Speech » de lecture optique et synthèse vocale. La solution envisage aussi d'intégrer une barre de numérisation de tableau Mimio [MIMIO 13], ou un boîtier d'interface pour Tableau Numérique Interactif (TNI).

3.1. Configurations envisagées

Selon le contexte d'utilisation prévu, et le degré de déficience visuelle, auditive ou cognitive, tout ou partie de cette solution peut être mis en œuvre.

- **Configuration 1 :** Cette configuration répond au besoin de visualisation du tableau. Elle nécessite que l'élève se place au premier rang. L'élève équipé d'un ordinateur portable, du logiciel PortaNum et d'une webcam haute résolution pourra zoomer, visualiser le tableau dans des conditions de confort visuel améliorées (inversion de contraste, fausses couleurs ...) et prendre à la volée une copie du tableau.
- **Configuration 2 :** La solution précédente sera complétée par un scanner portable. Dans cette solution légère, on pourra scanner le document pour le consulter comme une image modifiable (zoom, contrastes...). On pourra également utiliser l'OCR livré avec le scanner. Cette solution, PC + PortaNum + Webcam + scanner, convient pour les élèves et collégiens qui doivent travailler à partir d'un tableau traditionnel, et de documents papier fournis par l'enseignant. L'utilisation de l'OCR peut être complétée au besoin par l'utilisation d'un logiciel de TTS pour une vocalisation du texte reconnu.
- **Configuration 3 :** Elle est identique à la configuration 2 mais lorsque l'élève ne peut pas s'installer au premier rang, la prise de vue du tableau à l'aide d'une webcam ne convient plus. Dans ce cas de figure, l'alternative consiste à s'interfacer au TNI s'il est disponible dans la classe ou utiliser la barre de capture Mimio de manière à ce que les informations écrites par l'enseignant ou d'autres élèves au tableau soient envoyées numériquement et visualisables via PortaNum sur l'ordinateur de l'élève sans perte d'information.

Facilement transportable dans un cartable, utilisable en milieu scolaire ordinaire, cette solution nomade est une aide technique pour l'élève, l'enseignant, l'auxiliaire de vie scolaire s'il y a lieu et les parents.

3.2. Déficiences et troubles visés

Le système EyeSchool a été initialement conçu pour les personnes déficientes visuelles. Cependant nous émettons l'hypothèse que ce dispositif peut être élargi aux personnes déficientes auditives ou ayant des troubles spécifiques du langage.

3.2.1. Intérêt de EyeSchool pour les déficients auditifs

Comme nous l'avons présenté dans la section 2.2, une journée d'apprentissage peut être fatigante pour une personne malentendante. La solution EyeSchool pourrait être un support d'accessibilité à un élève ou un étudiant ayant une déficience auditive à plusieurs niveaux :

- Quand l'utilisateur bénéficie de la présence d'un interprète en langue des signes française, d'un codeur en Langue Parlée complétée ou d'une interface de communication, la solution permettrait de capter les notes au tableau sans avoir à les prendre et de ce fait de suivre plus aisément la traduction. Dans certains cas, la solution pourrait compenser l'absence d'aide humaine à la communication (hypothèse à vérifier).
- Enfin pour un élève malentendant appareillé ou non il est très difficile d'écouter un cours et de prendre des notes simultanément.

3.2.2. Intérêt de EyeSchool pour les troubles spécifiques du langage

Aux solutions et outils aujourd'hui utilisés par les élèves avec TSL décrits dans la section 2.3, la solution EyeSchool permettrait de bénéficier de fonctions utilisables dans la classe ou à la maison qui permettraient de faciliter :

- la prise de note grâce à la webcam (saisie d'un graphique, d'une trace écrite au tableau, ...)
- le travail personnel grâce à la synthèse vocale qui permet d'accéder à la compréhension plus rapidement sans l'effort du déchiffrage ;
- le traitement informatique des documents papiers pour lire, écrire, transformer.

La solution permettra dans sa présentation finale de pouvoir écrire et intégrer des images dans un document (avec un traitement de texte), de pouvoir prendre une photo zoomée et de pouvoir écrire sur un document photographié.

3.3. Synthèse

La solution présente plusieurs atouts au regard des produits et services existants sur le marché. Elle est basée sur le logiciel PortaNum distribué gratuitement et ses composantes matérielles sont des périphériques ordinaires (ordinateur portable, webcam, scanner, barre de capture numérique...).

Cette solution a donc pour objectif de (1) compenser la perte d'autonomie générée par la déficience sensorielle ou les TSL grâce à l'accessibilité à la lecture et à la prise de note, (2) renforcer les habiletés des personnes concernées, (3) optimiser les apprentissages en milieu varié, (4) permettre à l'environnement de se focaliser efficacement autour de l'apprenant sans faire à sa place, (5) rendre accessible l'environnement et (6) mobiliser l'enseignant.

4. Positionnement scientifique et premiers résultats

Ce dispositif encore « prototype » a, dans sa version initiale, déjà bénéficié d'une expérimentation à petite échelle. Cette expérimentation, en situation réelle d'usage, a porté sur une cohorte de 25 élèves déficients auditifs, visuels ou présentant des troubles spécifiques du langage ou de l'apprentissage (DYS). Les premiers résultats valident la valeur ajoutée du dispositif et précisent les points d'améliorations en termes de mobilité, d'interopérabilité et d'évolutivité.

4.1. Retour d'expérience

4.1.1. Pour les élèves Dysphasiques

- **Modalités d'utilisation** : La webcam peut **faciliter la prise de notes** (saisie d'une figure géométrique, d'une trace écrite au tableau, ...), surtout pour les collégiens. La fonction **OCR + TTS** est utilisée en travail personnel essentiellement, en particulier en **mémorisation par l'écoute** (peu d'utilisation de la synthèse vocale en classe). Le scanner a été relativement peu utilisé en classe (il augmente l'encombrement du dispositif sur le bureau).
- **Accueil par les professeurs, les camarades** : Les professeurs interrogés ont perçu positivement l'utilisation d'EyeSchool, ils n'ont pas eu à adapter particulièrement leur enseignement. La question de la prise d'image en classe a tout de même été soulevée. Globalement les camarades ont réagi positivement.
- **Transport du matériel** : Le PC portable doit impérativement être léger. L'utilisation d'une **tablette tactile** a été évoquée.
- **Installation du matériel** : Le PC portable doit disposer d'une bonne autonomie de batterie, 4 heures minimum, (des élèves ont dû changer de place pour se trouver près d'une prise). Le positionnement de l'élève dans la classe est primordial car la qualité de l'image prise par la webcam peut être altérée si l'élève n'est pas centré par rapport au tableau ou si les conditions d'éclairage ne sont pas favorables. Le recours au **TNI** ou à une **barre de capture de type Mimio** pourrait permettre d'éviter les écueils de la webcam.
- **Fonctions à envisager** : Il serait intéressant de disposer d'un module de **saisie vocale** (saisie du discours du professeur/de l'élève). Certains élèves ont estimé que le logiciel Sono-Lite (OCR inclus dans le dispositif EyeSchool) est difficile à utiliser puisque non conçu à la base pour des élèves Dys. Une version ou un **paramétrage spécifique du logiciel** pourrait être envisagé pour mieux correspondre aux besoins des élèves Dys
- **Présence d'un(e) AVS** : L'outil est plutôt **complémentaire** à l'intervention de ces professionnels. Dans le cas où l'outil fonctionnerait parfaitement et où l'élève maîtriserait son utilisation, il serait peut-être **envisageable de diminuer le temps d'AVS**.

4.1.2. Pour les élèves déficients visuels

Du point de vue du transport du matériel, les déficients visuels n'expriment pas de difficultés particulières. En revanche, sa mise en route en classe peut retarder l'élève en début de cours.

Concernant l'image de la webcam, elle n'est pas toujours exploitable (éclairage, position dans la classe, ajustement de la webcam, définition...) : le TBI semble être une alternative intéressante mais son utilisation en classe est encore très ponctuelle.

Le scanner, quant à lui, donne une bonne qualité d'image même en grossissement, il a été utilisé par 8 élèves sur 9. En revanche, les élèves déplorent l'impossibilité de scanner un livre.

Enfin Sono-Lite a été relativement peu utilisé (3 élèves sur 9) et jamais en classe.

4.1.3. Pour les élèves déficients auditifs

Les premiers résultats de l'évaluation d'EyeSchool auprès de 2 jeunes déficients auditifs ne sont pas concluants. Ils questionnent les pré-requis à l'usage, la nécessité d'un accompagnement à la prise en main et la nécessité de sensibiliser les acteurs à l'usage de cette solution.

4.2. Poursuite des travaux

Pour compléter ces premiers travaux, nous mettons en place une expérimentation à grande échelle, dans le cadre des « Investissements d'Avenir, **développement de l'Economie Numérique** », appel à projets « SERVICES NUMERIQUES INNOVANTS POUR L'e-EDUCATION ». Les partenaires investis dans cette expérimentation sont, l'INS HEA, le CENTICH, THALES mission insertion et la société Synerlog.

L'objectif est cette fois-ci d'atteindre une cohorte de 500 bénéficiaires à terme, dont une centaine d'enseignants et 400 élèves en classe primaire, collège et lycée dans quatre régions françaises (Ile-de-France, PACA, Midi-Pyrénées et Pays de la Loire). Lors de cette expérimentation nous évaluerons notre hypothèse de recherche qui consiste à supposer que le dispositif EyeSchool favorise la scolarisation des élèves déficients visuels, auditifs ou ayant des troubles spécifiques du langage. Dans ce cadre nos questions de recherche sont les suivantes :

- La solution est-elle adaptée aux préoccupations de la communauté éducative en termes de ressources numériques pour la classe ?
- La solution permet-elle aux élèves en situation de handicap d'améliorer leur accompagnement éducatif (orientation, assistance, aide), de lutter contre l'illettrisme et de réduire la difficulté scolaire ?

Pour aborder ces questions, le démonstrateur sera évalué dans l'ensemble des configurations définies dans la section 3.1. L'expérimentation envisagée suivra le protocole TICEVAL, référentiel d'évaluation orienté usages. Les critères évalués se réfèrent à, l'**usage** de l'outil EyeSchool, à la **technologie** employée, à son **impact sur l'organisation**, à son **impact sociétal** et au **modèle économique** adopté. Les notions d'**éthique** et de **risques** sont intégrées aux différents indicateurs d'évaluation. TICEVAL est basée sur la grille GEMSA développée dans le cadre d'un financement de la Fondation Telecom lors du projet « Ecosystème de santé : simulation et évaluation », Télécom Bretagne et le CGIET, Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies ont proposé un outil d'évaluation des projets en TIC santé autonomie [GEMSA 13].

5. Conclusion et perspective

Dans cet article nous avons présenté le dispositif EyeSchool, un dispositif numérique nomade pour l'accès à la lecture, l'écriture et la prise de note pour des personnes déficientes sensorielles (visuelles et/ou auditives) et élèves présentant des troubles spécifiques du langage (Dys) dans un parcours d'éducation et de formation professionnelle. Nous avons étudié d'un point de vue théorique l'intérêt de ce dispositif vis-à-vis des handicaps visés et nous proposons de réaliser une expérimentation à grande échelle afin d'évaluer le dispositif.

Les travaux à venir vont donc consister à mener cette expérimentation, à réaliser des observations conformément au protocole TICEVAL et à analyser les données en vue de répondre aux questions posées dans cet article. D'un point de vue technique une réflexion

sera menée tout au long du projet pour continuer à faire évoluer le dispositif en étudiant par exemple la portabilité du système sur des terminaux mobiles de type tablette.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les institutions partenaires (CENTICH, THALES, INS HEA et SYNERLOG) de ce projet pour leur investissement et leur soutien.

6. Bibliographie

- [BENOIT & SAGOT 08] Benoit, H., Sagot, J., « L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés », *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, n° 43, 3^{ème} trimestre 2008, INS HEA, Suresnes, p. 19-26.
- [COMPTE 10] Compte, R., « Sport et handicap dans notre société : un défi à l'épreuve du social », *Empan*, vol. 3, n° 79, ERES, Toulouse, 2010, p. 13-21.
- [EBERSOLD 12] Ebersold, S., *Les transitions vers l'enseignement tertiaire et l'emploi pour les jeunes handicapés*, Politiques d'éducation et de formation, Éditions OCDE, 2012.
- [GILLIG 06] Gillig, J.-M., *Intégrer l'enfant handicapé à l'école*, Dunod, Paris, 3^{ème} édition (2006).
- [LOI 05] Loi pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, loi n° 2005-102, JO n° 36 du 12 février 2005 page 2353.
- [MADER et al. 12] Mader, S., Dupire, J., Guardiola, E., Natkin, S., « Conception de jeux thérapeutiques pour séniors : l'exemple du village aux oiseaux », *Actes du 7^{ème} congrès sur les aides techniques pour les personnes handicapées, Handicap 2012*, Paris, 13-15 juin 2012, p. 21-26.
- [REICHHART 11] Reichhart, F., *Tourisme et handicap : Le tourisme adapté ou les loisirs touristiques des personnes déficientes*, Harmattan, Paris, 2011.

7. Références sur le WEB.

- [GEMSA 13] Projet Gemsa, <http://recherche.telecom-bretagne.eu/gemsa>, accédé le 19 mars 2013.
- [MEDIALEXIE 13] Médialexie, <http://www.medialexie.com/>, accédé le 19 mars 2013.
- [MIMIO 13] Mimio, <http://www.cinqro.fr/>, accède le 19 mars 2013.
- [PORTANUM 13] PortaNum, <http://www.portanum.com/>, accédé le 19 mars 2013.
- [ZOOMTEXT 13] ZoomText, <http://www.aisquared.com/zoomtext>, accédé le 19 mars 2013.

Contributions du Modèle d'Architecture Textuelle à l'accessibilité de documents numériques pour les non-voyants

Laurent Sorin*, Mustapha Mojahid*, Nathalie Aussenac-Gilles*, Julie Lemarié**

* Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

118 route de Narbonne,

31062 Toulouse cedex 9, FRANCE

{sorin,mojahid,aussenac}@irit.fr

** Laboratoire Cognition-Langues-Langage-Ergonomie,

Toulouse, FRANCE

lemarie@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ. L'objectif du projet MathArchiTact est d'améliorer l'accessibilité des documents numériques pour les utilisateurs aveugles dans un contexte d'apprentissage. Ce projet s'appuie sur un cadre théorique pour la description de la mise en forme du texte, basé sur un modèle logico-linguistique, le modèle d'architecture textuelle (MAT) [Virbel 1989]. Nous présentons ici le modèle en question, ses caractéristiques, son implémentation et ses applications. Le projet s'attachera dans le futur à l'élaboration de différentes stratégies de navigation et de présentation du contenu, sur la base de ce cadre théorique, et à évaluer leur efficacité.

MOTS-CLÉS: non-voyants, accessibilité, structures textuelles, documents numériques.

1. Introduction

L'accessibilité des documents numériques pour les déficients-visuels et tout particulièrement pour les non-voyants est un challenge de taille pour la société. En effet, le vieillissement global des populations entraîne une augmentation du nombre de personnes non-voyantes. De plus, les nouvelles technologies numériques constituent pour ces personnes une opportunité sans précédent pour effectuer certaines tâches difficiles à réaliser autrement [Giraud *et al.* 2011].

Malgré les progrès réalisés dans le domaine des technologies d'assistance et de l'accessibilité de l'information, les utilisateurs aveugles sont très souvent confrontés à des situations frustrantes [Lazar *et al.* 2007; Petit *et al.* 2011]. D'après [Uzan & Wagtaf 2011], une des principales raisons qui font qu'Internet reste difficilement accessible pour les non-voyants est que certains types de contenus ont une nature visuelle très forte dont le rendu dans une autre modalité s'avère complexe. La plupart des documents numériques sont en effet conçus pour être affichés sur un écran et incluent différents objets très ancrés dans l'espace tels que graphes, menus, tableaux, etc. Il est alors exigeant de créer des contenus adaptables, i.e. des contenus pouvant être présentés de différentes façons, sans perdre d'information structurante et les fonctions cognitives associées. Jusqu'à maintenant, un non-voyant qui utilise un périphérique audio ou braille n'accède qu'à très peu d'indices sur la structure du document qu'il est en train de parcourir. Par exemple, même si les logiciels de synthèse vocale permettent d'oraliser efficacement un texte continu, ils sont peu aptes à rendre compte de la globalité d'une page web [Fellbaum & Kouroupetroglou 2008] ou d'objets textuels comme les titres [Lorch *et al.*, 2012].

Pourtant, de nombreux travaux en psychologie cognitive montrent clairement les effets positifs des signaux visuels révélant l'architecture du texte (titres, listes, résumés, etc.) sur leur traitement (voir [Lemarié *et al.* 2008] pour une synthèse). Une étude récente de [Lorch *et al.* 2012] montre que l'explicitation (à l'oral) de l'information véhiculée par les titres améliore la compréhension du texte. En se basant sur une analyse des fonctions informatives des titres effectuée par [Lemarié *et al.* 2012], les titres peuvent être rendus à l'oral à l'aide d'indices prosodiques et discursifs. L'étude de [Bou Issa *et al.* 2010] a montré par ailleurs que l'on peut améliorer l'accessibilité des documents pour les non-voyants en intégrant les informations visuelles du « *first glance* » en utilisant le langage notationnel des Images de Page [Luc *et al.* 2001; Mojahid 2011].

C'est dans ce contexte que le projet MathArchiTact vise à permettre aux non-voyants d'accéder aux propriétés visuelles et à la structure logique des documents en utilisant des techniques et outils d'accès appropriés. Nous utiliserons dans ce projet un corpus constitué de manuels scolaires de mathématiques et nous nous attacherons à évaluer et améliorer leur accessibilité. Le projet en est actuellement à ses débuts. Dans cet article, nous définissons le cadre théorique sur lequel nous nous appuyons pour rendre compte de l'architecture des documents numériques (partie 2). Nous spécifions sur un exemple comment décrire l'architecture du texte pour mieux la restituer à des aveugles (partie 3) avant de terminer par les travaux envisagés pour mettre en œuvre cette approche.

2. Le Modèle d'Architecture Textuelle

2.1. Présentation

Afin de décrire les propriétés visuelles d'un document, nous reprenons un modèle issu des domaines de la logique et de la linguistique : le *Modèle d'Architecture Textuelle (MAT)* [Pascual & Virbel 1991; Pascual 1996; Virbel 1985, 1989]. Le MAT a notamment été

utilisé en informatique dans une perspective de génération de texte [Luc 2000] et d'analyse de texte [Vigouroux *et al.* 2002]. Le modèle a également été utilisé pour modéliser et prédire les effets de signaux visuels sur le traitement cognitif du texte [Lemarié et al. 2008; Virbel et al. 2005]. Dans le cadre du projet MathArchiTact, nous souhaitons utiliser ce modèle afin de rendre la mise en forme de texte accessible aux non-voyants. Même si le présent article vise à analyser les contributions et l'implémentation du modèle, l'objectif à plus long terme est de permettre la navigation et la présentation des structures auxquelles il donne accès et de vérifier que l'accès à ces structures est bénéfique pour les non-voyants.

Le MAT fournit une analyse sémantique de la mise en forme du texte contribuant à « l'architecture du texte ».

2.2. Concepts clés

Le MAT discerne deux composantes d'un texte : (1) le **message** et (2) sa **mise en forme** spécifique. Cette dissociation peut être comparée à la séparation en couches en informatique, où l'on distingue les données de leur présentation.

(1) Le **message** est constitué du contenu que l'auteur souhaite communiquer au lecteur (idées et concepts), ainsi que son expression linguistique spécifique qui correspond au choix de l'auteur aux niveaux lexical et syntaxique.

(2) Les propriétés de **mise-en-forme** font référence à la typographie et à la disposition du contenu textuel. Ces propriétés visuelles du texte permettent de distinguer au sein du texte des **objets textuels** ; un objet textuel fait donc référence à un phénomène de mise en forme. Ainsi, les listes, les titres, les mots en gras et les paragraphes sont des objets textuels.

Enfin, l'**architecture textuelle** fait référence aux objets textuels du document et aux relations qui existent entre eux. L'idée ici est que la mise en forme du texte reflète l'intention originelle de l'auteur d'organiser et de structurer son message ; c'est pour cela que l'on parle d'*architecture*. Cette idée justifie l'hypothèse du modèle qui postule que la mise en forme matérielle d'un texte contribue à son sens et n'est pas juste un habillage « posé » a posteriori.

L'architecture textuelle est représentée dans le MAT par le **métadiscours**, qui est un ensemble cohérent de **métaphrases** élaborées selon une grammaire spécifique [Pascual & Virbel 1991], chaque métaphore décrivant l'intention sous-tendant l'utilisation d'un objet textuel. On utilise le terme *métaphore*, emprunté à Harris [Harris 1968], pour désigner la part du langage qui sert à décrire le langage lui-même ainsi que ses propriétés (ici ses propriétés visuelles), par opposition au langage qui se réfère à des éléments du monde. Par exemple, « Cet article est divisé en 3 parties » est une métaphore car elle véhicule de l'information sur le texte lui-même plutôt que sur des objets ou des événements du monde.

La **Figure 1** montre comment la mise en forme peut être décrite en utilisant les métaphrases du MAT.

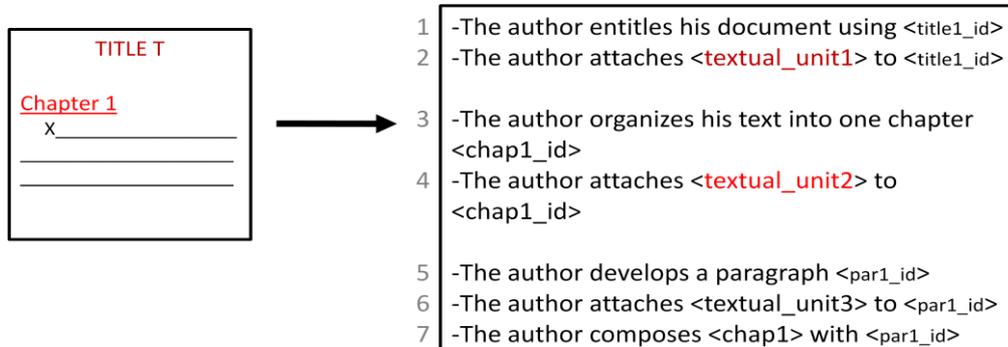


Figure 1. Exemple de représentation formatée du texte utilisant le MAT

Il est à noter que : chaque objet textuel possède un identifiant unique (title1_id, chap1_id, par1_id...); les métaphrases 2, 4 et 5 illustrent la séparation entre le contenu et les objets textuels, l'unité textuelle constitue ainsi l'objet élémentaire du métadiscours sans aucune mise en forme matérielle ajoutée (texte brut) ; enfin, un objet textuel peut lui-même contenir d'autres objets textuels (ici le chapitre contient un paragraphe).

Concernant les relations qui existent entre objets textuels, il est possible d'en distinguer deux catégories. La première comprend toutes les relations de composition donnant la structure hiérarchique du texte (e.g. métaphrase 3) qui reflète sa structure logique. La seconde regroupe l'ensemble des relations non-linéaires entre objets, par exemple la relation entre le texte d'origine et une annotation de celui-ci.

Enfin, même si l'exemple précédent s'attachait à montrer un découpage des « macro » objets textuels, le MAT permet de décrire des phénomènes beaucoup plus locaux tels qu'une mise en gras pour indiquer un mot-clé.

2.3. Implémentation

Quel que soit le format du document numérique d'origine, segmenter ses objets textuels implique d'être capable de l'annoter. Les langages de type « balises » et plus particulièrement le XML et le HTML s'y prêtent parfaitement et permettent la description des propriétés et relations des objets textuels. De plus, ce sont des formats utilisés par le standard DAISY¹ qui est largement utilisé dans les bibliothèques numériques pour les livres audio [Christensen & Stevens 2012].

Actuellement, la DTD² décrivant l'ensemble des objets textuels et relations identifiables dans un document mathématique est en cours de construction. En effet, plutôt que de reformuler les objets textuels par du métadiscours avec le MAT, ils seront signalés en corpus par des tags XML. Un ensemble de formes de présentation équivalentes seront identifiées pour chaque type d'objet textuel afin de répondre aux spécificités de différents cas d'usage.

¹ Standard international pour les livres audio

² Document Type Definition : définition d'un ensemble de balises utilisables, dans ce cas précis des balises XML

3. Contributions du modèle à l'accessibilité de documents numériques

3.1. Navigation intra-document

Les lecteurs audio DAISY permettent deux types de navigation : locale et globale³. La navigation locale fait référence au contrôle de la lecture du texte à l'oral, et inclut différentes actions comme le saut de paragraphe ou le changement de la vitesse de lecture. La navigation globale, quant à elle, comprend toutes les actions de navigation entre les titres et sous-titres structurant le document. En annotant les documents à l'aide du MAT, il serait possible de permettre un troisième type de navigation entre les objets textuels d'après les relations décrites dans le cadre du modèle (par exemple 'tel paragraphe *démontre* telle propriété'). Les relations de composition compléteraient la navigation globale de DAISY et les relations non linéaires (cf. Figure 2 et 3 ci-après) fourniraient de l'information sur la structure logique du texte (un paragraphe démontrant une propriété, par exemple). La navigation (audio) se ferait à la fois au sein de la structure, à un niveau plus fin que les titres, et dans une autre dimension qui serait celle des liens entre objets textuels. Les modes de navigation seront définis ultérieurement dans le projet. .

Annoter les objets textuels d'un document et leurs relations permettrait également de réorganiser le contenu du document en fonction de ces relations. En effet, cela aurait le double avantage d'éviter trop de « sauts » entre différents endroits du document et de faciliter une lecture cohérente à différents niveaux. Par exemple, il peut être souhaitable de regrouper un théorème, sa démonstration et les notes de bas de page associées. Dans un document comme celui de la Figure 2, chacune de ces parties sont clairement mises en évidence de manière visuelle et peuvent être identifiées comme des blocs.

3.2. Le cas des mathématiques

Pour le projet MathArchiTact, nous avons choisi de travailler sur un corpus constitué de manuels scolaires de mathématiques afin de les rendre plus accessibles aux élèves non-voyants scolarisés en classe ordinaire de collège/lycée. L'hypothèse faite ici est que leur donner accès à cette information permettra une meilleure compréhension des documents, tout comme la restitution de signaux visuels à l'oral peut améliorer la compréhension [Lorch et al. 2012]. Le choix des mathématiques a été fait en considérant deux points : (1) les manuels de mathématiques ont une structure visuelle particulièrement riche ; (2) une littérature abondante existe sur l'accès aux objets mathématiques par les non-voyants [Alajarmeh 2012; Awdé 2009; Schweikhardt & Bernareggi 2006], dont il sera intéressant de s'inspirer pour l'accès aux objets décrits par le MAT. Enfin, ce choix nous paraît d'autant plus pertinent si l'on considère les difficultés qu'ont les élèves non-voyants à apprendre les mathématiques [Archambault 2009].

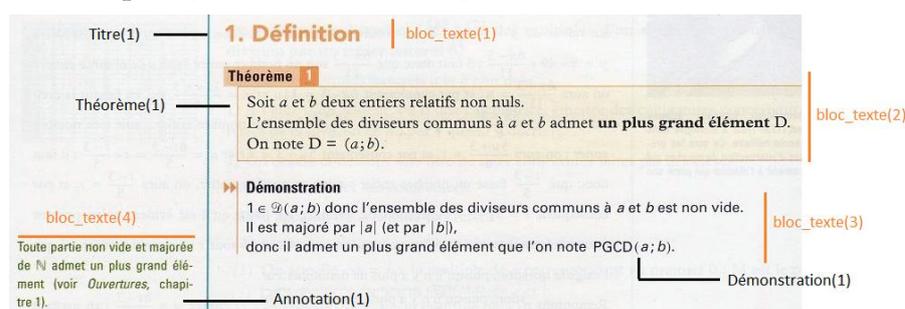
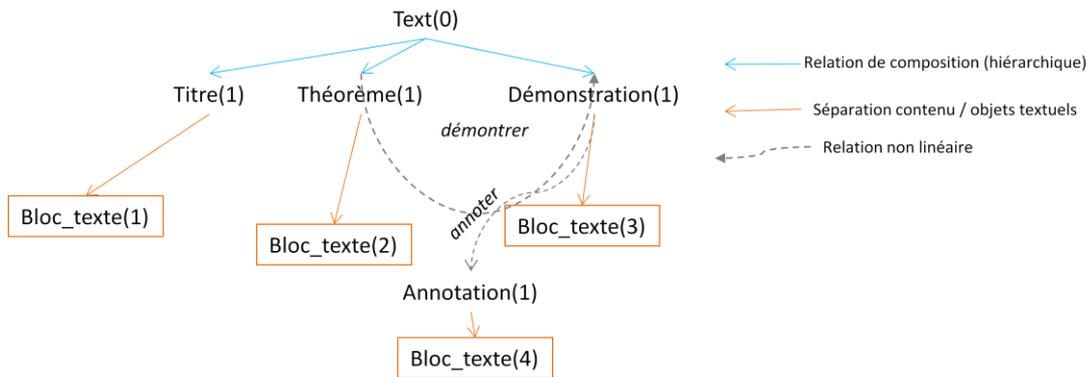


Figure 2. Annotation de quelques objets textuels du MAT sur un document mathématique**Figure 3.** Représentation des relations de l'exemple annoté de la Figure 2

Cet exemple illustre les relations qu'il est possible de mettre au jour à l'aide du MAT sur un extrait de page de manuel scolaire. Rendre accessible ces relations aux non-voyants leur permettrait de naviguer dans un nouvel espace au sein du document, défini par les composants et les relations du modèle (e.g. entre le théorème et sa définition, entre la définition et l'annotation correspondante). La segmentation des objets textuels et l'identification de leurs relations sont effectuées manuellement par l'annotateur. À terme l'objectif est de rendre le processus semi-automatique via un outil qui ferait une première segmentation et identification sur la base de la mise en forme, du lexique, de connaissances sur le livre.

4. Futurs travaux et perspectives

Nous proposons ici un cadre d'implémentation du MAT aux documents numériques, dans la perspective de leur accès par des utilisateurs non-voyants. Nous appuierons notre approche par une étude que nous menons actuellement avec les non-voyants dont le but est de cerner leurs besoins en termes d'accès à l'information dans un cadre scolaire.

La prochaine étape du projet sera de développer un lecteur audio restituant le contenu et la structure des pages en utilisant des techniques de présentation et de navigation adaptées aux documents annotés avec le MAT. Les résultats obtenus seront comparés aux différents logiciels et outils existants. Notre prototype pourra faire l'usage d'une diversité d'indices tels que des indices prosodiques, des *earcons*⁴ et peut être *spearcons*⁵ utilisés dans les interfaces audio [Bates & Fitzpatrick 2010],[Walker *et al.* 2006]. La pertinence d'une sortie braille complémentaire ou en substitution sera aussi étudiée en fonction de la tâche et de l'objet à présenter. Notre prototype fera ensuite l'objet de tests auprès d'utilisateurs non-voyants.

Différentes pistes sont à explorer dans une perspective à plus long terme : la segmentation automatique des objets textuels, la prise en compte des relations rhétoriques avec la Théorie des Structures Rhétoriques (RST), [Mann & Thompson 1987] qui pourrait compléter le MAT. À noter que l'utilisation conjointe de la RST et du MAT a déjà fait l'objet de travaux sur les énumérations [Luc 2000]. La flexibilité des langages d'annotation

⁴ Sons non verbaux utilisés pour représenter un événement ou véhiculer une information spécifique

⁵ Echantillons audio de parole fortement accélérés

dérivés du XML permettrait l'extraction de métadonnées conformes à des modèles tels que le "Learning object Metadata"⁶.

Enfin, d'autres types de handicap pourraient bénéficier des annotations effectuées avec le MAT pour l'accès à un document comme certains handicaps cognitifs, ainsi que d'autres situations où la modalité visuelle n'est pas disponible (pas d'écran ou petit écran).

Remerciements

Nous tenons à remercier l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse et le laboratoire LACII pour leur contribution au projet MathArchiTact. Ces travaux sont financés par la Région Midi-Pyrénées et le Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur de Toulouse.

- [Alajarmeh 2012]Alajarmeh, N. Doing Math : Mathematics Accessibility Issues, W4A2012 – Google Student Award , April 16–17, 2012, Lyon, France. Co-Located with the 9th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility. 2–3, 2012.
- [Archambault 2009]Archambault, D. Non Visual Access to Mathematical Contents : State of the Art and Prospective. *Proceedings of the WEIMS Conference 2009 (The Workshop on E-Inclusion in Mathematics and Science)*, 2009.
- [Awdé 2009]Awdé, A. *Techniques d'interaction multimodales pour l'accès aux mathématiques par des personnes non-voyantes*, 2009.
- [Bates & Fitzpatrick 2010]Bates, E., & Fitzpatrick, D. Spoken Mathematics Using Prosody , Earcons and Spearcons. *Proceedings of the 12th international conference on Computers helping people with special needs* (pp. 407–414), 2010.
- [Bou Issa et al. 2010]Bou Issa, Y., Mojahid, M., Oriola, B., & Vigouroux, N. Analysis and evaluation of the accessibility to visual information in web pages. *International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2010)* (pp. 437–443). Vienna, Austria: Springer-Verlag, 2010.
- [Christensen & Stevns 2012]Christensen, L. B., & Stevns, T. Biblus – A Digital Library to Support Integration. *Proceedings of the 16th international conference on Computers Helping People with Special Needs* (pp. 36–42), 2012.
- [Fellbaum & Kouroupetroglou 2008]Fellbaum, K., & Kouroupetroglou, G. Principles of electronic speech processing with applications for people with disabilities. *Technology and Disability*, 20(2), 55–85, 2008.
- [Giraud et al. 2011]Giraud, S., Uzan, G., & Thérouanne, P. L'accessibilité des interfaces informatiques pour les déficients visuels. In J. Dinet & C. Bastien (Eds.), *L'ergonomie des objets et environnements physiques et numériques*. Paris : Hermes - Sciences Lavoisier, 2011.
- [Harris 1968]Harris, Z. S. *Structures mathématiques du langage*. Dunod, 1968.
- [Lazar et al. 2007]Lazar, J., Allen, A., Kleinman, J., & Malarkey, C. What Frustrates Screen Reader Users on the Web: A Study of 100 Blind Users. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 22(3), 247–269, 2007.
- [Lemarié et al. 2008]Lemarié, J., Lorch, R. F., Eyrolle, H., & Virbel, J. SARA: A Text-Based and Reader-Based Theory of Signaling. *Educational Psychologist*, 43(1), 27–48, 2008.
- [Lemarié et al. 2012]Lemarié, J., Lorch, R. F., & Péry-Woodley, M.-P. Understanding How Headings Influence Text Processing. *Discours*, 10, 2012.

- [Lorch *et al.* 2012]Lorch, R. F., HT, C., & Lemarié, J. Communicating headings and preview sentences in text and speech. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 18(3), 265–276, 2012.
- [Luc 2000]Luc, C. *Représentation et composition des structures visuelles et rhétoriques du texte. Approche pour la génération de textes formatés*, 2000.
- [Luc *et al.* 2001]Luc, C., Mojahid, M., & Virbel, J. Système notationnel de l'architecture textuelle par image de page. In M. Mojahid & J. Virbel (Eds.), *Conférence Internationale sur le Document Electronique* (pp. 263–272). France, 2001.
- [Mann & Thompson 1987]Mann, W. C., & Thompson, S. A. Rhetorical Structure theory description and constructions of text structures. In J. Kempen (Ed.), (pp. 85–96). Martinus Nijhoff Publishers, 1987.
- [Mojahid 2011]Mojahid, M. Fondements du langage des Images de Page et sa mise à l'épreuve. *2nd International Conference on Linguistic & Psycholinguistic Approaches to Text Structuring*. Louvain, Belgique, 2011.
- [Pascual 1996]Pascual, E. Integrating Text Formatting and Text Generation. *Trends in Natural Language Generation An Artificial Intelligence Perspective* (pp. 205–221), 1996.
- [Pascual & Virbel 1996]Pascual, E., & Virbel, J. Semantic and Layout Properties of Text Punctuation. *34th Annual meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 41–48). Santa Cruz, USA, 1996.
- [Petit *et al.* 2011]Petit, G., Dufresne, A., & Robert, J. Introducing TactoWeb : A Tool to Spatially Explore Web Pages for Users with Visual Impairment. *HCI International* (pp. 276–284), 2011.
- [Schweikhardt & Bernareggi 2006]Schweikhardt, W., & Bernareggi, C. LAMBDA: A European system to access mathematics with Braille and audio synthesis. *Proceedings of the 10th international conference on Computers Helping People with Special Needs*, 1223–1230, 2006.
- [Uzan & Wagtaf 2011]Uzan, G., & Wagtaf, P. A Model and Methods to solve problems of Accessibility and Information for the Visually Impaired. *Proceedings of the international conference STHESCA*, 2011.
- [Vigouroux *et al.* 2002]Vigouroux, N., Maurel, F., Oriola, B., Truillet, P., Privat, R., Ducos, E., Virbel, J., Luc, C., Mojahid, M., Nespoulous, J.-L., & Toën, J. Problématique, enjeux et perspectives de la présentation orale de documents : une approche pluridisciplinaire. *Inscription Spatiale du Langage structure et processus (ISLsp) 2002, Toulouse, 29/01/2002-30/01/2002* (pp. 139–150). IRIT, 2002.
- [Virbel 1985]Virbel, J. Langage et métalangage dans le texte du point de vue de l'édition en informatique textuelle. *Cahiers de grammaire*, 5–72, 1985.
- [Virbel 1989]Virbel, J. Structured documents. (J. André, V. Quint, & R. Furuta, Eds.) *Structured documents*, 161–180, 1989.
- [Virbel *et al.* 2005]Virbel, J., Schmid, S., Carrio, L., Jacquemin, C., Mojahid, M., Baccino, T., & Garcia-debanc, C. Approches cognitives de la spatialisation du langage. De la modélisation de structures spatiolinguistiques des textes à l'expérimentation psycholinguistique : le cas d'un objet textuel, l'énumération. (C. Thinus-Blanc & J. Bullier, Eds.) *Agir dans l'espace*, 233–254, 2005.
- [Walker *et al.* 2006]Walker, B. N., Nance, A., & Lindsay, J. Spearcons : Speech-based earcons improve navigation performance in auditory menus. *Proceedings of the 12th International Conference on Auditory Display* (pp. 63–68), 2006.