



DESS HANDI

Nouvelles Technologies et Handicaps

Sensori-moteurs

«Analyse des besoins pour un logiciel
d'aide au sein du projet MICOLE»

CASSON Aurélie

Directeur de stage : Dominique Archambault
Entreprise : Laboratoire INOVA
Lieu du stage : Université Pierre et Marie Curie

Coordonnateur:
J. LOPEZ KRAHE

Paris, Septembre 2005



SOCRATES *Community action programme
in the field of education*

Remerciements

Je voudrais remercier Messieurs Dominique Archambault et Dominique Burger pour m'avoir accueilli au sein du laboratoire.

Mes remerciements se tournent tout particulièrement Vers Dominique Archambault pour son soutien, sa confiance et l'autonomie que j'ai pu avoir tout au long du stage.

Je tenais à adresser mes remerciements à l'ensemble des élèves et leurs professeurs qui ont eu la gentillesse de participer au Projet et qui m'ont ouvert leur classe.

Je remercie également Monsieur Lopez Krahé mon directeur de DESS.

Mes remerciements vont à l'ensemble des collaborateurs du projet MICOLE pour m'avoir accueilli dans ce projet et m'avoir fait partager leurs connaissances et leurs travaux dans le monde du handicap visuel.

Un grand merci à toute l'équipe I.N.O.V.A et de Braillenet pour leur soutien permanent, leur gentillesse, leur sympathie, leurs cafés... Dans ces équipes je voudrais remercier tout particulièrement Victor Moço, Roger Molas Conogan et Catherine Desbuquois pour leurs aides précieuses.

Tables des matières

Remerciements	2
Tables des matières	3
Introduction	6
1. Présentation	8
1.1. Le laboratoire I.NO.V.A	8
1.1.1 L'équipe	8
1.1.2. Leurs activités	8
1.2. Le contexte du travail	10
1.2.1. Le Braille	10
1.2.2. Le braille et les Mathématiques	11
1.2.2.a. Le braille mathématique	11
1.2.2.b. Mathématiques et élèves aveugles	12
1.2.2.c. Etat de l'art des aides technique pour l'accès aux mathématiques algébrique.	13
1.2.3. Le travail en groupe et les élèves brailleuses	17
1.2.3.a. Le travail de groupe	17
1.2.3.b. Etat de l'art des aides techniques pour le travail collaboratif	17
1.3. Projet MICOLE	18
1.3.1. L'objectif	18
1.3.2. Partenaires	19
1.3.3. Les « work-package »	19
1.4. Le stage	20
1.4.1. L'objectifs	20
1.4.2. Méthodologie de travail	21
2. Déroulement du travail	22
2.1. Prise de contact avec les établissements	22
2.1.1. Cadre légal et ethnique	22
2.1.2. Divers Papiers protégeant la recherche	22
2.1.3. Les établissements contactés	23
2.1.3.a Etablissements spécialisés	24
2.1.3.b Classe d'intégration	24
2.1.3.c Les établissements partenaires du projet Micole en France	25
2.1.4. Effectif souhaité	25
2.2. Les instruments et la collecte de données	26
2.2.1. Technique de recueil de données	26
2.2.1.a Les Techniques subjectives	26
2.2.1.b Les techniques objectives	26
2.2.2. L'entretien	26
2.2.2.a Entretien semi-directif	26
2.2.2.b Les Questions	27
2.2.2.c Passation des entretiens	27
2.2.2.d Entretiens avec les professeurs	28
2.2.2.e Entretiens avec les élèves	28
2.2.3. Les observations	28
2.2.3.a Recueil des observables	29

2.2.3.b Réalisation de l'observation sur le travail collaboratif en mathématique	29
2.2.3.c Réalisation des observations pour les formules mathématiques	29
2.3. L'analyse	30
2.3.1. Analyse de nos entretiens et observations	30
3. L'analyse des données	32
3.1. Analyse des entretiens des professeurs	32
3.1.1. Points mis en exergues	32
3.1.1.a. Connaissances et habitudes	32
3.1.1.b. Difficultés rencontrés	35
3.1.1.c. Travail à plusieurs	37
3.1.2 Récapitulatif	39
3.2. Analyse des entretiens des élèves	40
3.2.1. Points mis en exergue	40
3.2.1.a. Connaissances et habitudes	40
3.2.1.b : Difficultés rencontrés	43
3.2.1. c. Le travail en groupe	45
3.2.2. Récapitulatif	47
3.3. Récapitulatif des entretiens des professeurs et des élèves	47
3.4. Analyse d'observations	48
3.4.1. Analyse d'une résolution d'équation avec des puissances de dix	49
3.4.2. Analyse d'une résolution d'un problème avec des notions de temps, de vitesse et de distance	51
3.4.3. Récapitulatif	53
3.4.4. Fonctionnalités utiles pour le travail sur les formules mathématiques	53
3.5. Analyse d'une observation lors d'une résolution de problème en groupe	54
3.5.1. Comparatif entre le travail en groupe et le travail en groupe observé	54
3.5.2. Comparatif entre l'observation et les entretiens	55
3.5.3. Récapitulatif et conclusion sur le travail collaboratif	58
3.5.4. Fonctionnalités utiles pour le travail en groupe	59
3.5.4. a. classe spécialisée	60
3.5.4. b. classe d'intégration	60
4. Quelques lignes directrices pour un cahier des charges	61
4.1. Méthode d'évaluation et processus de conception des aides techniques	61
4.1.1. Introduction	61
4.1.2. Les différentes phases	62
4.1.3. a. Le public visé (type de handicap, population)	63
4.1.3. b. Le but et les fonctions du système	64
4.1.3. c. Un descriptif du système	65
4.1.3. d. Extension du système au travail en groupe	67
4.1.3. e. Les ressources disponibles et requises	68
4.1.3. e. Les contraintes d'utilisation	69
4.1.3. f Les possibilités d'extension de l'utilisation	69
4. Conclusion	71
Bibliographie	72
Annexes	73

Annexe n°1 : Présentation du Projet Micole _____	73
Annexe n° 2 : Convention d'intervention _____	75
Annexe n° 3 : Présentation du projet Micole pour les élèves _____	77
Annexe n° 4 : Consentement de participation du professeur _____	79
Annexe n°5 : Consentement de l'élève : _____	81
Annexe n° 6 : Consentement pour le tiers autorisé _____	83
Annexe n° 7 : Récapitulatif des professeurs en écoles spécialisées _____	85
Annexe n° 8 : Récapitulatif des entretiens avec les professeurs en classe d'intégration _____	89
Annexe n°9 : Récapitulatif entretiens des élèves en écoles spécialisées _____	91
Annexe n°10 : Analyse des entretiens des élèves en classe d'intégration _____	93
Lycée avec des classes d'intégration _____	93
Annexe n°11 : Observation d'observation sur les puissances de Dix _____	95
Annexe n°12 : Observation d'une résolution de problème avec des notion de temps, vitesse et durée _____	97
Annexe n°13 : Observation en classe lors d'un travail en Groupe _____	99

Introduction

La situation de handicap est la résultante de la condition physique de la personne (maladie, troubles, déficiences, etc.) et de sa situation socio-environnementale face à la non - adaptation de l'espace et de son environnement lors d'une action à réaliser.

Le handicap est à la fois un problème individuel avec une altération de la qualité de vie et un problème social. Celui-ci peut toutefois être partiellement compensé par des aides. Ces aides peuvent être de différentes sortes : humaine, technique, matérielle ou logicielle. Le choix de ces aides est lié aux besoins des personnes handicapées : les aides humaines restent privilégiées dans le handicap intellectuel, contrairement aux handicaps sensoriels et physiques où les aides techniques sont de plus en plus présentes.

Ces dernières années, les progrès scientifiques et technologiques ont favorisé le développement et la diffusion d'un nombre important de systèmes pouvant aider les personnes handicapées dans leur quotidien. Cependant, la plupart de ces systèmes restent peu utilisés voir abandonnés faute d'une adéquation avec le profil des utilisateurs.

Les aides techniques doivent à la fois répondre aux besoins, aux exigences et à la déficience mais également être conçues de telle manière que l'utilisateur accomplisse les tâches efficacement sans trop de difficultés.

Afin de concevoir et de développer des systèmes de qualité, utilisables et utiles, des méthodes et des outils d'évaluation existent. Ces outils ont comme but de découvrir les besoins, l'usage, les défauts ainsi que les qualités du système.

L'évaluation est un outil puissant d'accompagnement de la recherche et un facteur de progrès technologique important dans la voie de la satisfaction des utilisateurs. Cette évaluation des aides technologiques est censée améliorer la concordance entre les attentes des futurs utilisateurs et le développement du système.

Les chercheurs, développeurs d'aides techniques, sont de plus en plus conscients du rôle primordial de ces évaluations pour que leurs aides puissent aboutir.

Mon cursus en psychologie ainsi que les connaissances que j'ai pu acquérir dans la formation théorique du DESS Handi (Nouvelles Technologies et Handicaps Sensoriels et Physiques) ont dirigé ma recherche de stage vers l'évaluation d'une aide technologique. C'est dans ce sens que mon choix de stage s'est porté vers celui proposé par Dominique Archambault.

M. Archambault proposa aux étudiants possédant une formation en science humaine, un stage. L'objet de celui-ci était d'analyser, aux moyens d'entretiens et d'observations, les méthodes d'apprentissage des mathématiques, ainsi que la manière dont les élèves non voyants travaillent, que ce soit de façon autonome ou en groupe. Ceci dans le but de réaliser un cahier des charges pour un futur logiciel.

Cet écrit correspond donc au travail que j'ai effectué au sein du laboratoire INOVA pendant les six mois passé dans le projet MICOLE : Multimodal collaboration environment for inclusion of visually impaired children. Ce dernier est un projet européen financé par la communauté européenne entre septembre 2004 et août 2007. Il a comme objectif à terme la réalisation d'un environnement de travail pour les étudiants déficients visuels.

Dans ce rapport sera abordé dans un premier temps le cadre de mon stage. Cette partie décrira tout d'abord l'environnement de travail : le laboratoire INOVA, son équipe et ses

activités suivis d'une explication sur le contexte de travail, à savoir le braille et les mathématiques mais aussi le braille et le travail en groupe. Une présentation du projet MICOLE ainsi que l'objectif et la méthodologie utilisés au cours de mon stage finiront cette partie.

Par la suite sera développé la façon dont s'est déroulé mon travail, c'est à dire la prise de contact avec les établissements, les instruments pour la collecte des données pour les entretiens des professeurs et élèves, les observations en classe, le cadre légal pour des recherches.

La troisième partie abordera les analyses des entretiens et observations. L'objectif de cette partie est de mettre en exergue des grandes concordances et discordances dans le discours des personnes, ainsi que les grandes fonctionnalités que nous pouvons en tirer pour le futur logiciel.

Enfin, la dernière partie sera consacrée aux diverses hypothèses sur des lignes directrices pour le cahier des charges de la future aide technique.

1. Présentation

1.1. Le laboratoire I.NO.V.A

I.NO.V.A. : Interfaces **N**On Visuelles et **A**ccessibilité fait partie de la cellule U 483 de l'Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale (I.N.S.E.R.M.). Ces locaux se trouvent sur le campus de l'université Pierre et Marie Curie (Paris 6).

1.1.1 L'équipe

L'équipe I.N.O.V.A. travaille sur la création ou l'adaptation d'interface pour les personnes mal ou non-voyantes. Cette équipe est dirigée par Dominique Burger et Dominique Archambault qui le seconde. L'équipe coordonne l'association *BrailleNet*, dont Dominique Burger est le président.

« L'association BrailleNet, association loi 1901 à but non lucratif, a pour objectif d'encourager les bonnes pratiques concernant l'accessibilité des sites Web, en particulier pour les personnes handicapées »¹.

Pour atteindre cet objectif, cette association en partenariat avec d'autres acteurs français, européens et internationales a lancé en juin 2000 le Réseau BrailleNet Accessibilité.

BrailleNet Accessibilité est un réseau de compétences autour de l'accessibilité du Web dont les missions sont d'évaluer des sites Web, de réparer des pages Web, de former des webmasters à l'accessibilité et de conseiller les concepteurs de sites Web.

BrailleNet joue également un rôle très sérieux dans l'accès à la culture et à l'éducation pour les personnes ayant une déficience visuelle. BrailleNet a en effet, mis en place un serveur Internet au service de l'édition adaptée, le serveur Hélène et a encouragé le développement technologique favorisant l'intégration scolaire d'enfants handicapés visuels en milieu ordinaire. Il est notamment le partenaire du projet *Vickie*, Tim, etc.

Le paragraphe suivant montrera une brève présentation de ces différents projets. Ci-dessous vous apercevez les logos du laboratoire I.N.O.V.A. et de l'association BrailleNet.



Figure 1 : logos I.NO.V.A et BrailleNet

1.1.2. Leurs activités

Après cette présentation de l'équipe, voici une liste non exhaustive de certains de leurs projets passés et actuels. Vous pourrez retrouver leurs diverses activités dans les sites ci-dessous:

- <http://inova.snv.jussieu.fr/inova> : Site de l'équipe I.N.O.V.A. Vous y trouverez les personnes qui composent ou qui ont participé à cette équipe, aux projets ainsi que leurs publications.
- www.brailletnet.org : Site de l'association *BrailleNet*.

¹ http://www.accessiweb.org/fr/groupe_travail_accessibilite_du_web/charte/

- www.voirplus.net : Partenaire de Braille Net ce portail répertorie les sites traitant du handicap visuel.
- http://www.brailletnet.org/accessibilite/cellule/formation_paris6.htm#public Site du Diplôme d'Université proposé par la formation permanente de l'université Pierre et Marie Curie (Formation proposée en partenariat avec l'association BrailleNet.
- <http://micole.cs.uta.fi>: Site du projet européen MICOLE : Multimodal collaboration environment for inclusion of visual impaired children.

- *Le serveur Hélène Mai 2000 - :*

Le serveur d'ouvrages numériques pour l'édition adaptée aux personnes déficientes visuelles, en liaison avec l'INRIA, l'INSERM, l'Université Paris VI est un serveur Internet au service de l'édition adaptée.

Il est ouvert - en accès restreint - à des centres de production d'ouvrages en braille ou en gros caractères, il donne accès à des ressources francophones littéraires, scolaires, techniques et scientifiques. Il est alimenté en partenariat avec des éditeurs, et des centres spécialisés qui réalisent des adaptations en braille et en gros caractères. Les ouvrages disponibles sur le serveur sont en langue française, leur utilisation est limitée au réseau d'écoles et d'associations spécialisées partenaires de BrailleNet. Ces associations peuvent alors, utiliser les ouvrages pour une impression Braille ou en gros caractères exclusivement. Les fichiers sources peuvent être de divers formats : DOC-texte brut, RTF-modèle DTBook, TXT-texte brut, XML-upCast, HTML-texte brut...

- *Le projet TIM (2001- 2003) :*

Le projet TIM, Tactile Interactif Multimédia financé par la Communauté Européenne a comme objectif de développer des outils, logiciels d'adaptation, permettant de concevoir des jeux ou d'en adapter des déjà existants pour qu'ils soient accessibles aux enfants déficients visuels. Ces jeux sont pensés et conçus de telle sorte que l'enfant puisse découvrir et diriger le jeu de manière autonome. Ces jeux doivent, en effet, être adaptables à l'enfant, quelque que soit le type d'interface qu'il utilise (planche tactile, afficheur braille, synthèse vocale, ou écran). Dans le principe, une fois l'ordinateur et le jeu lancé par une tierce personne, l'enfant manœuvre celui-ci grâce à une planche tactile, le concept keyboard, directement relié à l'ordinateur ainsi qu'aux pages tactiles insérées sur le keyboard portant des boutons en relief correspondant aux diverses commandes. Des jeux comme L'Univers de Pomme d'Api et Lapin malin ont déjà été adaptés.

- *Le projet Vickie (2001-2004) :*

Le projet Vickie: Visual Impaired Children Kit for Inclusive Education est un projet européen qui a comme objectif la création d'un environnement technologique améliorant l'intégration scolaire d'enfants handicapés visuels en milieu ordinaire.

Ce projet a été pensé selon le principe du cartable électronique i.e. que le système permet d'avoir accès à tout le contenu d'un cartable « ordinaire ». La personne utilisant cet environnement, peut avoir accès aux livres, à ses cahiers, dictionnaire, etc. ... Par conséquent, l'environnement doit cumuler les outils nécessaires pour écrire, lire et ceux nécessaires pour l'interaction de l'élève handicapé visuel avec le reste de la classe (professeur et camarades).

- *Diplôme Universitaire (2005-) :*

En partenariat avec l'université Pierre et Marie Curie, BrailleNet organise à partir de Septembre 2005 un Diplôme Universitaire (DU) sur les enjeux de l'accessibilité du Web.

Cette formation s'adresse aux responsables de projets Internet, chefs de projet multimédia, responsables informatiques, développeurs, intégrateurs HTML, ergonomes, graphistes Web, webmasters.

Elle s'étale sur sept jours de formation à l'Université Pierre et Marie Curie, plus une cinquantaine d'heures de projet encadré sur le lieu de travail, par équipes de trois. Cette formation vise quatre objectifs :

Organiser une veille stratégique, législative et technologique sur les questions d'accessibilité du Web.

Evaluer l'accessibilité d'un site et service Internet et Intranet.

Conseiller pour sa mise en conformité, connaître les outils du marché (évaluation, gestion de contenu...).

Intégrer les normes d'accessibilité à toutes les étapes d'un projet Internet.

- *Le projet MICOLE(2004-2007) :*

Le projet MICOLE : Multimodal collaboration environment for inclusion of visually impaired children est un projet européen financé par la communauté européenne entre septembre 2004 et août 2007. Il a comme objectif à terme la réalisation d'un environnement de travail pour les étudiants déficients visuels.

Cet environnement de travail se présentera sous la forme de systèmes multimodaux et apportera une aide aux enfants aveugles et malvoyants pour leurs travaux en collaboration avec d'autres enfants, notamment avec des enfants voyants.

Les grands thèmes de recherche visés pour le projet MICOLE sont les suivants :

- La recherche sur la présentation des éléments graphiques avec notamment les modalités haptiques et auditives.
- La recherche empirique sur l'accès des mathématiques aux enfants aveugles et mal voyants.
- La recherche sur les diverses interfaces pour les personnes déficientes visuelles.
- La réalisation de prototypes et leurs évaluations avec la population ciblée.

Le rôle de l'université Pierre et Marie Curie (PARIS 6) dans ce projet, en collaboration avec l'Université de Linz en Autriche, est de travailler tout particulièrement sur l'accès aux Mathématiques pour les aveugles, en Braille. Pour ce faire, nous étudions les méthodes d'apprentissage des mathématiques, ainsi que la manière dont les étudiants travaillent, que ce soit de façon autonome ou en groupe.

Mon sujet de stage portant sur ce projet, nous reviendrons plus en profondeur sur les objectifs, les partenaires de MICOLE dans la partie 1.3.

1.2. Le contexte du travail

Dans cette partie, nous resituerons dans un premier temps le braille. Nous parlerons, par la suite, du « braille et des mathématiques » puis du « braille et du travail collaboratif ». Ces deux sous paragraphes contiendront une présentation de chaque contexte (braille mathématique et le groupe) pour finir avec un état de l'art des aides techniques existantes dans ses deux domaines.

1.2.1. Le Braille

Le procédé Braille émane d'un ingénieur de cavalerie, Charles Barbier de la Serre. Celui-ci avait, en effet, inventé un procédé d'écriture en relief des sons, pour permettre la transmission de messages aux armées. Sa méthode, proposée en 1820 à l'institut royal des jeunes aveugles, fut perfectionnée par Louis Braille en 1829. Louis Braille en faisant correspondre une lettre à une forme, inventa, donc, le système de lecture et d'écriture de

points en relief : le braille.

Le braille se représente sous la forme d'une matrice de trois lignes et de deux colonnes. La lettre braille se compose de 1 à 6 points. Soixante quatre combinaisons de ces six points sont possibles ou plus exactement 63 plus un vide. L'alphabet braille français comprend vingt six lettres ordinaires auxquelles viennent s'ajouter quatorze signes. Une lettre correspond a une combinaison de points de cette matrice. La lettre est reconnaissable alors par ces points en relief.

Le caractère braille peut être représenté par le schéma suivant :

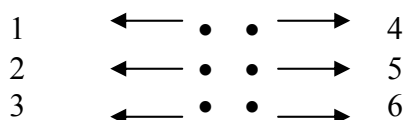


Figure 2: code d'un symbole braille

Dans ce schéma, les chiffres indiquent les points constituant le caractère Braille. Chacun de ces 6 points peut apparaître ou non en relief suivant le caractère. Ce code chiffré pour nommer les caractères brailles employés, permet de simplifier notamment l'apprentissage du braille et la communication non-voyant / voyant, le symbole étant remplacé par une suite de chiffre allant de 1 à 6.

1.2.2. Le braille et les Mathématiques

1.2.2.a. Le braille mathématique

Comme nous venons de le décrire, le braille standard 6 points peut symboliser 64 caractères. Grâce à l'utilisation d'enchaînement spécifique, le braille peut supporter un jeu de caractères beaucoup plus grand. Ainsi, les caractères basiques du braille peuvent avoir des significations différentes suivant le contexte. Par exemple, la lettre « a » peut être un a, un A, un 1 et ainsi de suite.

Se basant sur ce principe de « contexte », de nombreuses notations brailles mathématiques, principalement basées sur les six points, ont été développées.

Chaque pays possède son propre standard, l'américain est le Nemeth, l'allemand le Marburg, quant au braille mathématique français en rigueur c'est la notation mathématique braille 2001.

Le braille mathématique français a, en effet, fait l'objet à quatre reprises (1922, 1971, 1992, 1999) de modifications. Ces changements sont réalisés « *afin de tenir compte des nouveaux besoins des usagers du système braille, inhérent d'une part, au développement de l'intégration scolaire et professionnelle des personnes aveugles et d'autre part, à l'utilisation des technologies nouvelles* »². Les grandes modifications portent essentiellement sur :

- l'uniformisation des codes transcrivant les parenthèses « mathématiques », « littéraires » et « informatiques » ;
- le symbole de la multiplication ;
- le symbole de l'étoile ;
- les symboles de trigonométrie ;

² Notation Mathématique Braille par la Commission d'Evolution du Braille Français, INJA, Septembre 2001

- Ci- dessous vous trouverez des exemples de l'utilisation des blocs :

$\frac{3}{4} \times \frac{7}{5}$ en braille : 

12

Quant à la réalisation de mathématiques i.e. la résolution d'une équation ou d'un exercice donné, les personnes déficientes visuelles sont confrontées à une véritable surcharge mnésique et cognitive lors d'une telle tâche. Les formules mathématiques sont, en effet, souvent complexes et impliquent de garder une vue d'ensemble de la formule, de trouver les points importants, de développer et simplifier les calculs afin d'obtenir le résultat. Or, pour les personnes aveugles ou mal voyantes, utilisant un affichage braille, ces diverses tâches engendrent de nombreuses difficultés telles que : les sauts constants entre le calcul et les résultats intermédiaires, la nécessité de se rappeler de la position à l'intérieur du calcul et donc de référencer des termes, de garder en mémoire de manière provisoire les résultats intermédiaires le temps de les noter à la fin de la somme finale.

Certaines solutions vont peut-être être trouvées, pour diminuer, voir résoudre ces difficultés; néanmoins certaines d'entre elles plus complexes n'ont pas encore de véritable moyen, d'outils susceptibles de faciliter ce travail aux élèves.

1.2.2.c. Etat de l'art des aides technique pour l'accès aux mathématiques algébrique.

Dans cette partie, nous présenterons un état de l'art non exhaustif des aides techniques dédiées à la compensation du handicap visuel lors d'une tâche en mathématique algébrique.

En ce qui concerne les techniques développées pour aider les étudiants déficients visuels à se servir des mathématiques, la plupart des travaux décrits rentrent dans les catégories générales suivantes :

- Tactile, comme en braille ou en relief,
- Assistances sonores qui lisent les équations à l'étudiant (synthèse vocale),
- Logiciel,
- Périphériques haptiques, ou de retour de force.

Les représentations tactiles

Parmi les méthodes tactiles, il y a dans un premier temps, la représentation en braille 8 points. En utilisant les 8 points, le jeu de caractères s'étend de 64 à 256 caractères. Le Braille 8 points permet, d'affecter une combinaison unique à chacun des caractères pouvant constituer un texte littéraire, mais aussi à chacun des symboles mathématiques usuels et informatiques. Malgré les grands avantages que le braille huit points pourrait peut-être permettre pour les mathématiques aucun grands projets n'y est consacré, les codes mathématiques restant exclusivement sur 6 points.

« Dans une volonté d'éviter le plus possible aux professeurs d'avoir à apprendre le braille, il y a des projets leur permettant de préparer leurs documents pédagogiques grâce à des moyens électroniques qui leur sont familiers et de les avoir ensuite automatiquement transcrits en braille. »³ C'est le cas notamment des projets Braillestar, BraMaNet, DTB-WIN, Labrador, M.A.V.I.S. sur lesquels nous allons revenir très brièvement:

○ « Braillestar » :

Braillestar est un système conçu et réalisé, conjointement par l'INJA et l'I.N.S.T.N. (Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, C.E.A. Saclay) C'est un transcritteur noir → braille, direct i.e. l'utilisateur doit rentrer des commandes spécifiques au fur et à mesure de sa saisie Utilisé en particulier dans le milieu scolaire.

³ L'accès aux mathématiques par des étudiants mal Voyants, Arthur I. Karshmer, 2002

- « *BraMaNet* » :
Logiciel de transcription noir→braille, gratuit, élaboré à l'université de Lyon 1. Il permet de transcrire des formules de mathématique écrites en MathML vers le braille mathématique français intégral ou abrégé et permet aussi de créer sa propre table braille. Il possède une interface graphique intuitive et gère la mise en page.
- « *DTB-WIN* » :
DTB-WIN est un logiciel de transcription noir→ Braille, de la société Duxbury. **Duxbury Braille Translator** pour Windows (DBT-WIN). Compatible avec toutes les versions de Windows, avec Mac-O/S, il effectue la transcription du braille abrégé vers le braille intégral et inversement. Il peut utiliser un fichier taper sous Word ou Latex (en autre).
- « *Labradoor* » :
Latex to Braille Door élaboré en 1998 par le groupe de travail de l'université de Linz en Autriche, transcrit le code Latex en notation Marburg (braille mathématique allemand).
- *M.A.V.I.S.* :
Mathematic Accessible to Visual Impaired Student sous la direction de A. Karshmer, (Etats-Unis), le groupe M.A.V.I.S. a produit un transcripateur de formules mathématiques en braille. Il transcrit des fichiers Latex en braille Nemeth. (braille mathématique américain).

Assistances sonores :

Les assistances sonores, pour les étudiants non-voyants, ont été des médias les plus utilisées et prisées dans une grande variété d'interfaces informatiques. En effet, Jaws pour Windows est un outil précieux pour toutes les personnes déficientes visuelles qui utilisent un ordinateur. Néanmoins cet outil est principalement destiné aux utilisateurs généraux, et n'est pas très approprié aux personnes utilisant des interfaces plus techniques ou travaillant des mathématiques. Ainsi, Jaws et bien d'autres synthèses vocaux ne lisent pas tous les signes mathématiques.

Nous citerons comme projet dans ce domaine les projets Nemeths 1996, AsTeR, Talking Emacs mais surtout le projet Mathgenie de MAVIS.

- *Talking Emacs (1991)* :⁴
Le projet Talking Emacs lit du code C à l'utilisateur, en y ajoutant des informations descriptives du code en plus des lignes de programme.
- *AsTeR (1994)* :⁵
AsTeR : Audio System For Technical Readings, lit des équations complexes en utilisant des sons spécifiques pour mettre en valeur certaines parties de l'équation. "AsTeR" peut, en effet, créer un rendu auditif des documents TeX et LaTeX.
- *Nemeths (1996)* :⁶

⁴ York and Karshmer, 1991 "Tools to support Blind programmers" IEEE computer Society Press

⁵ Raman, 1994 <http://www.cs.cornell.edu/info/raman/aster.html>

⁶ Nemeth ,A. 1996, ,Teaching mathematics as a blind person

Le concepteur du standard braille américain a développé une structure parlante simple pour la lecture d'équations.

○ Mathsgenie de MAVIS⁷:

Mathsgenie est un projet pour une synthèse vocale spécialisée dans la lecture d'équations. Ce projet de l'université de Floride du Sud, inclut également la prosodie et les navigateurs d'équations permettant à la personne de naviguer sur des équations complexes.

Le système Mathsgenie offre des sons (autres que vocaux) pour fournir une vue d'ensemble de l'équation et permet également d'obtenir des affichages brailles et des possibilités vidéo spécifiques pour les personnes atteintes de basse-vision.

○ The AudioMath Project :

The Audiomaths de l'université de Porto est un outil en développement qui fonctionnera soit de manière autonome ou intégré à une interface vocale (TTS - texte-voix). Ce système lit les formules écrites en Mathml en y intégrant la prosodie appropriée.

Les logiciels

Certains programmes informatiques ou projet ont dans l'objectif de permettre à l'utilisateur de lire activement des textes mathématiques. Nous citerons comme exemple : Maths, InftyReader & InftyEditor, Mawen...

○ Le projet Maths1994-1997

Mathematical Acces for Technology and Science: Projet dans le cadre du programme européen Tide, dont le but était de développer une station de travail permettant aux personnes handicapés visuels d'accéder et de manipuler des expressions mathématiques textuelles. Cette station de travail échange l'information selon des canaux d'entrée et de sortie variée : braille synthèse vocale, affichage visuel et sonore.

○ InftyReader & InftyEditor 2004.⁸

Ce logiciel gratuit de reconnaissance de caractères pour des documents mathématiques, se décompose en deux parties distinctes : InftyReader & InftyEditor.

InftyReader est la partie du logiciel qui permet de scanner une page imprimée et d'en reconnaître chaque caractère.

Quant à InftyEditor, il récupère les documents scannés par InftyReader, permet de les modifier, d'en ajouter et de les convertir dans un format standard : Latex, MathML, HTML, HR-TEX, KAMS, Braille Codes en UBC et en braille japonais. Cette conversion permet d'intégrer ces fichiers dans des documents Latex ou autres pour une version finale et permet aussi l'affichage sur un terminal braille.

○ MAWEN:

Mathematical Working Environment for the Blind : Motivation and Basic Ideas

⁷ The mathsgenie Project information technology department, Karshmer, A

⁸ An Integrated OCR Software for Mathematical Documents and Its Output with Accessibility" M. Suzuki and al, ICCPH 2004

est un prototype réalisé par l'université de Linz en Autriche qui a pour but de tester des hypothèses d'interface dans le but d'optimiser un logiciel d'aide pour l'accès aux mathématiques textuelles.

Périphériques haptiques, ou de retour de force

Le retour haptique ou retour de forces sont à différencier. Le premier s'intéresse à la répartition spatiale, se trouvant le plus souvent à l'extrémité des doigts et le deuxième prend en charge les forces de contact, le poids et l'inertie de l'objet, sollicitant de ce fait les muscles, tendons et articulations...

Les avancées dans ses domaines ont fait apparaître de multiples objets, systèmes. Nous pouvons notamment mentionner, comme exemple, pour le retour de force : des joysticks grand public tel que le Force feedback pro » de Microsoft ou encore des périphériques stylo comme le PHANTOM de SensAble⁹.

En ce qui concerne les interfaces tactiles nous citerons comme exemple la « ifeel mouse de logitech »: souris possédant un vibreur.

Néanmoins, à l'heure actuelle, très peu de ces dispositifs permettant de travailler en deux ou trois dimensions et autorisant l'utilisation des formes à sentir, n'ont été pensés pour améliorer l'accès aux formules mathématiques.

L'homme est un être social qui appartient, tout au long de son existence, à de multiples groupes : « *l'individu n'est pas concevable comme un nomade : car il existe seulement en tant qu'inséré, modelé par un réseau d'autres individus, un groupe* »¹⁰. Ainsi, l'élève fait partie de son groupe familial, de son groupe de classe, de son groupe d'amis...

Contrairement aux divers groupes d'appartenance qui sont « automatiques », le travail en groupe n'est pas spontané. Il requiert en effet, un besoin, un devoir de travailler sur le même sujet, de réaliser un même projet.... De plus, le travail en groupe ne se justifie que, si la tâche a un niveau de complexité telle qu'elle ne pourrait- être accomplie par des individus seuls. On ne se réunit pas pour le plaisir d'être ensemble, mais parce que cela apporte réellement un « plus ».

On parle, donc, de travail de groupe lorsque de façon explicite, des personnes(ici) des élèves, réunis dans un petit groupe, doivent aboutir à une réalisation collective.

Le travail en groupe permet un apprentissage de la vie sociale et démocratique et peut être une motivation dans l'apprentissage et permettrait également le développement des apprentissages cognitifs individuels.

De plus, la confrontation de point de vue, de représentations différentes, prend une part importante dans la construction des savoirs. Le travail individuel prend ainsi la forme d'une contribution à la tâche collective, ce qui conduit le groupe à s'organiser pour que chacun ait un rôle à jouer dans la réalisation du projet.

Pour un travail efficace et pour éviter que les élèves ne se dispersent, il est préférable

- De limiter la taille des groupes à trois ou quatre élèves.
- D'expliciter le projet de façon clair et détaillé i.e. de formuler aux élèves la tâche à réaliser, la manière de le rendre, et le délai imparti,
- De Prévoir la répartition des tâches, des rôles i.e. les fonctions déterminées qu'un élève est appelé à exercer dans le groupe pendant la séance,
- De veiller à la participation active de tous les membres du groupe.

⁹ <http://www.sensable.com/>

¹⁰ Ancona.L 2000 revue de psychothérapie analytique de groupe.

1.2.3.Le travail en groupe et les élèves brailleistes

1.2.3.a. Le travail de groupe

Une collaboration "*est un travail en commun ; un travail entre plusieurs personnes qui génère la création d'une œuvre commune*" (cf. le petit Robert). Dans le domaine de l'enseignement ou de l'apprentissage, le travail collaboratif se concrétise par un travail d'équipe. L'équipe peut être définie comme un groupe de personnes qui interagissent ensemble afin d'accomplir un objectif commun, ce dernier impliquant une répartition de tâches et la convergence des efforts des membres du groupe vers la réalisation de la production commune.

Ce travail à plusieurs peut se faire de visu ou grâce à certains logiciels en réseau permettant une interaction entre des personnes (généralement à distance pour co-produire un même objet). Ces outils permettent d'écrire à deux ou plusieurs un même document, de dessiner sur le même document de départ, etc.

A l'école, le travail de groupe est une méthode pédagogique qui vise notamment, la prise en compte du groupe dans son ensemble, la faculté d'adapter une activité à celle d'un camarade, la capacité à échanger des informations autour d'un projet commun, autour des étapes à parcourir pour atteindre l'objectif, à respecter le travail d'autrui et à s'appuyer dessus pour construire le sien.

Pour une personne déficiente visuelle scolarisée notamment en milieu ordinaire le travail collaboratif peut ne pas apporter tous ces intérêts. Ainsi lors d'un travail en groupe partager les informations avec les autres membres, collaborer activement à la rédaction du projet commun peuvent être des choses difficilement réalisables pour l'élève déficient visuel. Ces difficultés peuvent être expliquées en partie par un manque de technologie sur le transfert de document texte et graphique du noir au braille et inversement. Ce manque d'aide approprié a alors comme conséquence de réduire la participation de l'élève aveugle à son strict minimum, le mettant alors un peu en dehors du travail groupe.

Depuis quelques années des systèmes multimodaux ont fait leur émergence, favorisant le travail en groupe à distance. Néanmoins très peu sont encore adaptées aux travaux en groupe intégrant un membre handicapé visuel.

1.2.3.b. Etat de l'art des aides techniques pour le travail collaboratif

Le terme anglo-saxon CSCW « Computer-Supported Cooperative Work » est employé pour définir l'ensemble des systèmes informatiques qui facilitent la coopération de personnes autour d'une tâche commune. Depuis l'émergence du CSCW, plusieurs applications et produits industriels ont vu le jour. Elles permettent les échanges entre utilisateurs par l'intermédiaire de médias discrets comme le texte, le dessin et elles proposent éventuellement l'utilisation de canaux en particulier sonores visuels...

Les applications coopératives peuvent être :

- Le dialogue direct: il s'agit d'une communication où les messages échangés sont généralement du texte tel que exemple les forums de discussion,
- La vidéoconférence: dans ce cas, les personnes peuvent non seulement s'écrire, mais se parler et se voir. Le télé-enseignement peut être assimilé à la vidéoconférence,
- Les tableaux blancs partagés : les différents utilisateurs peuvent intervenir sur une zone commune pour créer ou modifier un document (dessin, graphiques...). On parle alors de conception coopérative et de manière plus générale de télétravail,
- Les éditeurs multi-utilisateurs temps réel: ils permettent la mise au point de documents écrits par plusieurs personnes. Ils proposent des mécanismes de résolution des conflits pouvant intervenir et certains proposent des communications orales et/ou vidéo,

- Les listes de diffusion et les forums envoient respectivement automatiquement ou à la demande un message à tout utilisateur inscrit.
- Etc.

Comme nous l'avons dit précédemment, la plupart de ces outils sont accessibles aux personnes déficientes visuelles quand ils échangent essentiellement du texte et/ou de la parole. Néanmoins, il est de plus en plus fréquent d'échanger/collaborer sur des schémas/graphiques qui ne sont pas - par nature – accessibles à notre population cible. Les études actuelles sur les environnements multimodaux alliant l'haptique avec soit le retour de force soit l'audio améliorent et promettent une avancée considérable dans l'échange et le travail collaboratif des données graphiques. Certains partenaires du projet MICOLE travaillent particulièrement sur l'élaboration de ces outils multimodaux, des prototypes étant déjà à l'essai.

1.3. *Projet MICOLE*

Micole : "Multimodal collaboration environment for inclusion of visual impaired children" fait partie du programme IST (information, society, technologies), au sein du 6ème programme cadre de recherche de la Communauté européenne.

Il a débuté en Septembre 2004 et devrait se terminer en Août 2006. Il est développé par un consortium de 13 partenaires dont 11 universités et 2 industriels. Les différents partenaires et objectifs du projet sont exposés dans les paragraphes suivants :

1.3.1. L'objectif



Tout comme l'illustre ce dessin, le projet MICOLE vise le développement d'un système multimodal qui soutient la collaboration, l'exploration de données, la communication et la créativité des enfants non voyants avec leurs pairs (élèves voyants et déficients visuels).

Ce système aura, notamment, des répercussions dans le système éducatif et en particulier pour l'intégration des élèves déficients visuels en milieu ordinaire mais également dans le monde du travail et dans la société en général.

Cet environnement de travail multimodal, s'oriente sur les modalités tactiles et auditives afin de compenser le défaut de vision.

Afin de réaliser ce système des recherches théoriques, mais également des évaluations avec la population ciblée vont être réalisées tout au long de ce projet.

Pour mener à bien ce projet 7 groupes de travail ont été conçus. Chacun de ces groupes se voit attribuer des objectifs et un grand thème de recherche. (Vous trouverez une présentation de ces « work-packages » dans le paragraphe 1.3.3).

Ces divers groupes de travail sont constitués d'universités et/ou d'industriels européens qui composent le consortium du Projet Micole.

1.3.2. Partenaires

Les divers partenaires du projet Micole se divisent en deux groupes: d'un côté les universitaires et de l'autre les industriels :

Les universités :

- L'université de Linz (Autriche)
- L'université de Tampere (Finlande)
- The Science and Technology Park of Crete (Grèce)
- Media Lab Europe (Irlande)
- L'université de Siauliai (Lithuanie)
- L'université de Glasgow (Royaume Uni)
- L'université de Uppsala (Suède)
- L'université de Lund (Suède)
- The Royal Institute of Technology de Stockholm (Suède)
- L'université "Paul Verlaine" de Metz (France)
- L'université "Pierre et Marie Curie" (Paris 6) (France)

Les industriels:

- France Télécom, R&D (France).
- Reachin (Suède)

1.3.3. Les « work-package »

Ci- après vous trouverez une description concise des différents groupes de travail composant le projet Micole.

WP1: Users and requirements : les coordinateurs de ce groupe de travail sont de l'Université, Institut Integriert studieren, ULINZ, Autriche

WP1 a trois objectifs principaux :

- Définir les groupes d'utilisateurs appropriés et les groupes d'intérêt impliqués dans le projet ainsi que le niveau de faisabilité du projet,
- Mettre en place les procédures pour rentrer en contact avec les groupes d'utilisateur,
- Définir les exigences de base des utilisateurs pour mettre en exergue les perspectives possibles.

WP2: Senses and accessibility: les coordinateurs de ce groupe de travail sont de l'Université de Glasgow, UGLAS

WP2 est centré sur la recherche fondamentale (expériences et construction empiriques de prototypes pour découvrir comment employer les différents sens dans des interfaces utilisateurs pour les enfants déficients visuels.) Un des objectifs principal est d'explorer la représentation d'informations à travers différentes modalités (tactile, retour de force, auditif). Le deuxième objectif est de concevoir, développer et évaluer une gamme de navigation et de commande des techniques pour que les utilisateurs puissent visualiser et représenter des graphiques, des tables, des diagrammes, des formules mathématiques.

WP3: Collaboration and communication : les coordinateurs de ce groupe de travail sont du Royal Institute of Technology, KTH, de Suede

L'objectif de ce groupe est d'étudier les spécificités du travail de groupe pour les élèves mal et

non-voyants. Cette étude est basée sur des observations en milieu scolaire et permettra une analyse du travail collaboratif. L'objectif final est d'évaluer une interface multimodale permettant aux personnes non-voyantes de travailler, de jouer avec des voyants ou des mal et non-voyantes.

WP4: Inclusive environment : les coordinateurs de ce groupe de travail sont de l'université de Tampere, UTA, en Finlande

Le WP4 établit des applications soutenant l'intégration des enfants déficients visuels dans les écoles. L'objectif principal du WP4 est d'établir une architecture de logiciel qui permette d'améliorer l'intégration scolaire en milieu ordinaire. Le deuxième objectif est d'étudier des techniques d'interaction en collaboration avec WP2 et WP3 et d'établir des applications de prototypes. Ce groupe de travail reçoit des résultats empiriques et des directives des groupes WP2 et WP3. Le logiciel établi sera examiné en collaboration étroite avec WP5.

WP5: Evaluation : les coordinateurs de ce groupe de travail sont de l'université de ULUND en Suède

L'objectif de ce groupe de travail est de prendre en compte les recommandations de conception et les exigences d'utilisateur ainsi que de réaliser des évaluations utilisateur tout au long du développement du logiciel ainsi que lors de sa finalisation.

WP6: Dissemination: les coordinateurs de ce groupe de travail sont de Reachin Technologies AB, RIT, Suède

Le but principal est la diffusion et l'exploitation du logiciel. Les groupes cibles sont d'une part des utilisateurs, des organismes d'utilisateurs et les établissements éducatifs... Les autres groupes cibles de diffusion sont scientifiques et technologiques.

WP7: Management : les coordinateurs de ce groupe de travail sont de l'université de Tampere en Finlande

Ce groupe de travail doit réaliser :

- Un suivi du travail réalisé i.e. contrôler les contenus scientifiques, les procédés de recherche,
- Un comparatif entre les objectifs du projet et les résultats obtenus,
- Une vérification de la gestion du projet.

L'université Pierre et Marie Curie est intégrée dans le WP2-WP3, elle est donc, en collaboration avec les universités constituant ces deux groupes de travaux à savoir :

Pour le WP2: les universités de Glasgow, de Tampere, d'Uppsala, de Lund, de Siauliai et en collaboration étroite pour l'accès aux mathématiques avec l'université de Linz.

Pour le WP3 les universités de Glasgow, de Tampere, d'Uppsala, de Lund, de Siauliai, de Metz, de Stockholm.

1.4. Le stage

1.4.1. L'objectifs

L'objectif de mon travail, au sein du projet MICOLE a été d'étudier, à l'aide d'entretiens et d'observations de professeurs et d'élèves, la méthodologie de travail employée par les professeurs, ainsi que la manière dont les enfants étudient, que ce soit individuellement

ou en groupe.

Le but de ces observations et entretiens est de mettre en exergue, grâce à leurs analyses, les attentes, les besoins, ainsi que les diverses manières d'annoter et d'explicitier les mathématiques ; ceci, dans l'intention de réaliser des grandes recommandations pour un cahier des charges pour un futur logiciel.

1.4.2. Méthodologie de travail

Mon stage s'est échelonné de mi- Mars à mi -Septembre, avec un temps de travail hebdomadaire approximatif de 35 heures. Les jeudis après-midi, jusqu'au mois de juin étaient réservés au cours de Langue des Signes Françaises (LSF) et à des cours d'informatique à Paris 8. L'activité principale de mon stage était le recueil de données sur la méthodologie de travail des professeurs de mathématiques ainsi que sur la manière dont les élèves non voyants travaillent, que ce soit de manière autonome ou en groupe.

Pour ce faire, j'ai dû à de nombreuses reprises me rendre à l'extérieur de Jussieu, dans des établissements scolaires pour prendre le premier contact, réaliser des entretiens ou encore des observations.

Au cours de cette période, D. Archambault supervisait mon travail ce qui me permettait d'être relativement indépendante. Nous nous rencontrions de manière assez régulière afin de lui montrer mes avancements, et qu'il puisse me guider lorsque je rencontrais une difficulté (pour restituer l'effectif, pour les papiers officiels : droit d'image, convention entre les écoles et moi-même).

Durant ce stage, j'ai participé à trois grandes réunions sur le projet Micole à Paris, à Glasgow et à Stockholm. La réunion à Paris regroupait un grand nombre des partenaires du projet et visait en particulier la mise à jour des statuts spécifiques des divers groupes de travaux (WP1 au WP7). Les trois jours à Glasgow, réunissaient en particulier les groupes de travail WP2-WP3 qui correspondent respectivement aux mathématiques aux et travail collaboratif. Au cours de cette réunion, une partie du temps fut réservée aux avancées de chaque partenaire, l'autre partie du temps fut consacrée aux observations et aux manipulations des prototypes. Pour finir, les deux jours passés au sein de l'université de Stockholm en compagnie du groupe de travail WP3, furent particulièrement axés sur des travaux en petits groupes afin de mettre en commun et de réfléchir au travail collaboratif pour les élèves non et mal voyants.

2. Déroulement du travail

2.1. Prise de contact avec les établissements

2.1.1. Cadre légal et ethnique

Toute étude impliquant des participants engendre un certain code de conduite du chercheur ou du chargé de recherche. Ces règles de conduite rappellent à tout chercheur ses devoirs envers les personnes se prêtant à la recherche, ainsi que les différents droits des personnes participant à une étude. Ce code de conduite peut- être trouvé dans sa globalité sur le site : <http://www.sfpsy.org/index.htm> .

Ci-dessous nous rappelons quelques unes des règles fondamentales :

- *« Préalablement, à toute participation à une recherche, les personnes sollicitées doivent exprimer leur consentement informé et libre. Elles doivent être informées, d'une façon qui leur soit intelligible, de tous les aspects susceptibles d'influencer leur consentement (risques, inconfort, effets négatifs immédiats ou différés, limitation de confidentialité...), des objectifs et de la procédure de la recherche. »*
- *« Au terme de la passation de la recherche, le chercheur doit fournir aux participants toutes les informations complémentaires qu'ils demanderaient nécessaires à leur compréhension de la recherche. »*
- *« Au terme de la passation, lorsque les explications lui sont fournies, la personne peut encore se retirer de la recherche en exigeant que les données recueillies la concernant lui soient remises ou soient détruites, sans qu'elle ait à fournir de justifications. »*
- *« Préalablement à leur participation éventuelle, les personnes doivent savoir qu'elles conservent la liberté de participer ou non, sans qu'un refus de leur part puisse avoir sur elles quelques conséquences négatives que ce soit. »*
- *« Certaines personnes peuvent, de fait ou de droit, ne pas être en mesure d'exprimer un consentement libre et éclairé : les enfants et les personnes vulnérables. En droit, le chercheur doit alors obtenir une "autorisation appropriée" d'une personne légalement autorisée. »*

En suivant ce code de conduite, nous avons procédé par étape afin de pouvoir effectuer des interviews et des observations en milieu scolaire :

2.1.2. Divers Papiers protégeant la recherche

Nous avons dans un premier temps présenté le projet Micole¹¹, ainsi que nos attentes aux dirigeants des établissements et aux professeurs de mathématiques. L'accord d'intervention dans les écoles nécessitait la plupart du temps, une « convention d'intervention »¹².

Cette convention, définit par écrit les modalités d'intervention du chargé de recherche à savoir:

- Les raisons d'intervention (le cadre du projet Micole),
- Les détails de ces interventions (Interviews avec des élèves et des professeurs, la durée des entretiens, les observations en classe...),
- Les responsabilités du chargé de recherche (renseignements sur le projet,

¹¹ Description du Projet Micole voir Annexe n°1

¹² Convention d'intervention voir Annexe n°2

responsabilité de l'élève durant l'entretien, devoir de rapport dans l'après coup..).

Une fois cette convention signée, nous pouvions aller présenter le projet Micole aux différents établissements. Cette présentation¹³ s'effectuait dans les classes, en cours de mathématique de manière orale et écrite pour que les élèves puissent, relire le projet et avoir les coordonnées de l'assistant chargé de recherche pour tout renseignement complémentaire. Tout comme pour la rédaction de la grille d'entretien, un souci tout particulier a été apporté à l'écriture de la présentation du projet afin qu'elle soit intelligible par les élèves. Cette présentation précisait le projet, mais aussi le but de l'entretien et de l'observation, leurs durées, ainsi que les enregistrements.

Nous pouvions passer à l'étape suivante i.e. à la demande de participation. Pour les élèves âgés de quatorze ans et plus ou pour les professeurs, cette étape était relativement rapide; le papier de consentement de participation¹⁴ étant signé le jour même de l'entretien. Pour les plus jeunes, cette étape prenait beaucoup plus de temps et fut l'une des raisons pour laquelle nous n'avons pas pu réaliser plus d'observations en classe par manque de temps avant les grandes vacances. Ainsi, un document pour les parents¹⁵ des élèves était distribué en classe et devait par la suite revenir dûment signé afin que l'on puisse commencer les entretiens et les observations; les observations en classe nécessitant bien entendu le consentement de tous les élèves de la classe et de ce fait de tous les tiers autorisés.

Ces consentements de participation précisaient notamment :

Que les informations recueillies dans le cadre des entretiens et observations serviraient uniquement à des fins de recherche et demeureraient confidentielles.

Qu'aucun renseignement pouvant permettre d'identifier le participant ne serait diffusé ou imprimé sans son consentement.

Que la personne se prêtant à la recherche est libre de retirer sa participation à n'importe quel moment.

Que les bandes magnétiques des entrevues et les autres données recueillies seraient conservées au sein du laboratoire et pourraient être détruites par simple demande de leur part.

2.1.3. Les établissements contactés

La loi d'orientation du 30 juin 1975 en faveur des personnes handicapées définissait un droit pour les enfants et les adolescents handicapés à être scolarisés en milieu ordinaire. Cette politique d'intégration fut réaffirmée avec la loi du 10 Juillet 1989 et avec la loi sur l'égalité des droits et des chances du 18 Janvier 2005 :

«- Pour satisfaire aux obligations qui lui incombent [...] le service public de l'éducation assure une formation scolaire, professionnelle ou supérieure aux enfants, aux adolescents et aux adultes présentant un handicap ou un trouble de la santé invalidant. L'Etat met en place les moyens financiers et humains nécessaires à la scolarisation en milieu ordinaire des enfants, adolescents ou adultes handicapés.»¹⁶

Cette loi mentionne également la possibilité, pour les enfants pour lesquels c'est nécessaire, d'avoir recours à des structures de scolarisation adaptées aux besoins de l'élève.

« Dans le cadre de son projet personnalisé, il peut cependant être [...] si ses besoins nécessitent qu'il reçoive sa formation dans le cadre de dispositifs adaptés n'excluant pas son retour à l'établissement de référence. Exceptionnellement, ou de façon transitoire, lorsque ses besoins particuliers le justifient, cette formation lui est dispensée par l'éducation nationale

¹³ Présentation du projet Micole pour les professeurs et pour les élèves voir annexe n°1 et n°3

¹⁴ Consentement de participation Professeurs annexe n°4 et élèves n°5

¹⁵ Consentement pour le tiers autorisé annexe n°6

¹⁶ <http://www.assemblee-nationale.fr/12/ta/ta0371.asp>

dans les établissements ou services de santé ou médico-sociaux.

En France les statistiques montrent que sur l'ensemble des handicaps confondus, les places dans l'enseignement spécialisé sont plus fréquentes que dans les classes d'intégrations.

	Nombre d'enfants en âge d'aller à l'école obligatoire	Pourcentage d'élèves ayant des besoins éducatifs particuliers	Pourcentage d'élèves éduqués dans un dispositif séparé	Année de référence
France	9.709.000	3.1%	2.6%	1999/2000/2001

Ces données sont issues de European agency for development in spécial needs education: ¹⁷

La population du projet Micole devait alors prendre en considération ces deux grandes catégories.

Avant de vous décrire de manière concise les établissements qui ont participé au projet Micole nous voulions vous rappeler les différentes structures en milieu spécialisé et en milieu ordinaire accueillant des personnes handicapées visuelles en France :

2.1.3.a Etablissements spécialisés

Diverses structures spécialisées accueillent des élèves déficients visuels, elles diffèrent néanmoins par la population accueillie (avec ou sans handicaps associés) et par les aides extra-scolaires proposées.

Ainsi, certaines écoles spécialisées dans la scolarité d'élèves handicapés visuels ne reçoivent que des personnes n'ayant aucun autre trouble associé (problème de lenteur, problème de comportement, handicap auditif...).

A l'inverse certains centres peuvent accueillir des personnes ayant des difficultés supplémentaires. Ce sont des centres souvent pluridisciplinaires mêlant la scolarité avec des aides thérapeutiques voire médicales (les SSAIS : Service d'aide à l'acquisition de l'autonomie et à l'intégration scolaire, Les centres Médicaux éducatif..°).

2.1.3.b Classe d'intégration

L'intégration d'un élève en milieu scolaire ordinaire peut se faire avec deux dispositifs différents :

- Une intégration dite Individuelle i.e. que l'enfant va être intégré dans une classe ordinaire de quartier.

Une intégration Individuelle nécessite préalablement une évaluation globale de la situation et des besoins de l'élève qui permettra de déterminer les aides pertinentes, qu'il s'agisse d'aides techniques (matériels pédagogiques adaptés) ou de l'attribution d'un auxiliaire de vie scolaire (AVS). Le rôle de l'AVS est de favoriser la participation de l'élève à l'activité scolaire de la classe, de l'école ou de l'établissement scolaire, sans se substituer à l'enseignant, ni faire écran entre l'élève handicapé et ses camarades.

- Une intégration dans un dispositif collectif de type classe d'intégration scolaire: les

¹⁷ <http://www.european-agency.org/>

Classes d'Intégration Scolaire ([CLIS](#)) dans le premier degré, et les Unités pédagogiques d'intégration ([UPI](#)) dans le second degré.

Chaque classe d'intégration collective est organisée pour répondre aux besoins d'un groupe d'élèves ayant des besoins suffisamment proches. De plus les projets pédagogiques s'inscrivent dans le projet d'école ou d'établissement, de telle sorte que ces dispositifs assurent pleinement leur fonction d'intégration pour les élèves.

2.1.3.c Les établissements partenaires du projet Micole en France

Comme nous l'avons déjà mentionné, le projet Micole s'intéresse aussi bien à la scolarité en milieu ordinaire qu'à celle en milieu spécialisé. Nous avons donc pris de nombreux contacts avec ces deux types d'établissements. En fonction de leur temps, de leurs effectifs, de leur désir de contribuer au projet et de leur disponibilité, nous avons pu travailler avec quatre établissements différents :

- Un Collège / Lycée ordinaire accueillant en intégration des personnes déficientes visuelles
- Trois instituts n'accueillant que des personnes non et mal voyantes, dont un pouvant être considéré comme un centre pluridisciplinaire et qui reçoit des élèves pouvant avoir des troubles associés.

Deux instituts proposant des classes du primaire au lycée et le troisième du primaire à la fin du collège

2.1.4. Effectif souhaité

L'Université Pierre et Marie Curie faisant partie de deux groupes de travaux différents WP2 et WP3 nous devions trouver une population, pour nos recueils de données, qui puisse convenir aux deux.

Pour le WP2 les exigences étaient d'essayer de travailler avec cinq élèves du primaire et du secondaire, ainsi qu'avec cinq professeurs. Les élèves pouvaient être voyants ou déficients visuels, mais ne devaient pas avoir de troubles associés à la vue, tels que des problèmes de lenteur. L'effectif souhaité pour le WP3 était relativement équivalent.

Les personnes ayant acceptées de participer au projet Micole avec l'Université Pierre et Marie Curie sont au nombre de huit professeurs et de douze élèves dont cinq au primaire et sept au collège et lycée.

Parmi les professeurs deux sont déficients visuels et plus précisément un des professeurs non voyant et le deuxième très mal voyant. Les élèves sont tous déficients visuels. Le manque d'effectifs d'élèves voyants peut s'expliquer pour deux grandes raisons : Premièrement les écoles participant au projet sont principalement des écoles spécialisées n'accueillant que des personnes handicapées visuelles. D'autres part n'ayant que très peu de temps (les grandes vacances étant très proches) nous avons préféré nous centrer pour les observations en classe et les entretiens sur la population pour laquelle était réalisée le projet.

Nous aurions souhaité agrandir ce panel de participants avec des étudiants qui effectuent un cursus de mathématique, cependant par manque de temps et de population, nous n'avons pu rajouter des universitaires dans notre effectif. En effet, le nombre d'élèves aveugles de niveau élevé, étudiant les mathématiques est relativement petit, si on en croit les professeurs. Ce petit nombre est probablement (certainement) dû à des raisons qui justifient le groupe de travail WP2 du projet Micole (i.e. à cause des difficultés pour accéder notamment aux formules mathématiques).

De plus, nous avons volontairement écarté les aveugles mathématiciens expérimentés. Ces personnes ont en effet trouvé des moyens pour résoudre les difficultés qu'ils ont pu avoir au cours de leur cursus en mathématique et chacun d'eux prêchant pour sa méthode.

2.2. Les instruments et la collecte de données

2.2.1. Technique de recueil de données

Les techniques de recueil de données constituent une part importante de l'évaluation. Avant d'envisager l'analyse, l'évaluateur doit tout d'abord, recueillir des informations concernant les besoins et attentes, le contexte d'utilisation...

Il existe une grande panoplie d'outils permettant de réaliser cette collecte de renseignements. Elles peuvent être classées en deux catégories : les techniques dites objectives et les techniques subjectives.

2.2.1.a Les Techniques subjectives

Les techniques subjectives sont basées sur les impressions des utilisateurs. Ces derniers sont invités à exprimer leur satisfaction, leur mécontentement, leurs attentes concernant un sujet, une situation, un outil etc.

On s'adresse aux sujets soit par questionnaires soit par entretiens.

- Le questionnaire composé d'un ensemble de questions le plus souvent fermées et ordonnées est très propice à l'analyse. Néanmoins les réponses d'un questionnaire peuvent s'avérer superficielles et dépourvues d'éléments approfondis.
- Les entretiens peuvent être de différents niveaux, selon leur degré de liberté et leur niveau de profondeur. On parlera, alors, d'entretien **non- directif** pour un entretien où le sujet s'exprime comme il le souhaite sur le sujet donné, **semi- directif** lorsque l'entretien comporte une grille souple de questions ou de thèmes visant à orienter le sujet et d'un entretien **directif** s'apparentant aux questionnaires par son ordre préétabli de questions. Ces différents types d'entretiens permettent grâce à des questions plus ouvertes et une grille d'entretien plus souple que celui du questionnaire, d'obtenir des informations plus riches sur le sujet voulu.

2.2.1.b Les techniques objectives

Les techniques objectives sont les méthodes d'observation permettant la collecte d'informations sur des faits, des interactions ou lors de l'utilisation d'un système. Ces informations peuvent avoir une forme descriptive ou une forme quantitative. On distingue alors la technique d'observation directe où l'observateur filme un bout de vécu, une interaction, une utilisation de système et l'observation indirecte. Cette dernière par le biais d'un outil d'observation caméra ou mouchard électronique va enregistrer l'activité du sujet au sein du système, de la situation sans faire intervenir un observateur.

2.2.2. L'entretien

2.2.2.a Entretien semi-directif

Un entretien semi-directif implique l'élaboration d'un guide d'entretien souple. Le guide se présente sous la forme d'une liste ordonnée de thèmes ou de questions qui doivent nécessairement être abordées par l'interviewer ; les thèmes et questions étant établis en

fonction des objectifs de l'entretien.

Cet entretien combine une attitude non directive de l'interviewer qui laisse le sujet répondre aux thèmes ou aux questions le plus librement possible et un projet directif pour obtenir des informations sur les objectifs définis à l'avance.

Les entretiens non-directifs et semi-directifs sont les outils privilégiés pour une enquête qualitative. Ils permettent en effet, par leur degré de liberté laissé à l'interviewé d'obtenir des informations riches et complexes.

Ce type d'entretien nous ait apparu tout à fait adéquat pour acquérir des renseignements sur des points bien précis et rapides, tel que le choix de la notation braille, autant que sur des points demandant un espace de parole plus important tel que les difficultés rencontrés...

2.2.2.b Les Questions

Pour nos grilles d'entretien nous nous sommes efforcés de rédiger des questions intelligibles pour la population cible (professeurs/élèves) avec un vocabulaire adéquat et simple, des questions pertinentes et sans ambiguïtés, dont la formulation n'influence pas la réponse et enfin un mélange de questions courts suggérant des réponses brèves et d'autres plus ouvertes.

Les questions ouvertes permettent, en effet, à l'interviewé d'exprimer son point de vue, sa représentation, sa réalité. Il nous a semblé essentiel de laisser la personne la plus libre dans son choix de vocabulaire, cela permet d'accéder aux catégories conceptuelles des futurs utilisateurs, à leur cadre de références (trop d'interventions impose les nôtres, l'entretien perd de ce fait sa fonction exploratoire le sujet n'ayant plus qu'à infirmer ou confirmer nos propres idées). Les questions ouvertes nous donnaient, donc, la possibilité de récolter en profondeur les différentes attentes, déceptions, conseils des utilisateurs de la population cible.

Ci-dessous vous pourrez trouver des exemples de questions (les grilles d'entretien pour les professeurs et élèves se trouvant dans leur globalité en annexe).

« Connais-tu une notation braille mathématiques? (Laquelle?) »

« Aurais tu un conseil à nous donner ? »

« Rencontrez vous des difficultés pour enseigner les mathématiques aux enfants aveugles? »

2.2.2.c Passation des entretiens

Les entretiens étaient individuels, à l'exception d'un, où l'entretien du professeur et de l'élève était regroupé par manque de temps et choix des interviewés.

Ce choix de passation a été influencé par la volonté d'obtenir des dires les plus libres possible. Ainsi l'entretien en groupe pour les élèves pouvait être tentant pour le gain de temps; cependant il nous a semblé important de les faire un par un pour acquérir l'opinion propre de l'élève, sans que le mimétisme d'un groupe ou d'un leader puisse fausser ou influencer les réponses. D'autre part, nous avons tenu également à être en tête avec l'élève sans le professeur afin d'enlever toute influence qu'aurait pu avoir la présence du professeur sur l'élève.

Tout entretien était préalablement précédé d'un préambule qui cadre de l'entretien i.e.

- La durée
- La confidentialité des dires
- L'anonymat des participants
- Un lieu où tout peut se dire
- Un entretien de recherche et non pas un test de compétence ou de connaissance

- Les grandes lois d'un entretien de recherche : possibilité de ne pas répondre aux questions, de pouvoir arrêter à tout moment...

Ce préambule indiquait également que cet entretien était enregistré de manière auditive afin de faciliter la retranscription des dires et pour respecter dans sa totalité le discours du sujet.

2.2.2.d Entretiens avec les professeurs

Huit professeurs ont participé à cette étude, dont deux enseignaient en lycée avec un élève aveugle en intégration et six dans des établissements spécialisés.

Trois professeurs donnaient des cours à des élèves de collège, deux uniquement à des lycéens, deux avaient des classes du collège au lycée et un enseignait en primaire. Parmi ces professeurs un est non voyant et un est très mal voyant.

Les entretiens avec les professeurs ont duré pour chacun, approximativement, une heure et étaient pris sur leur temps libre. Ils pouvaient être réalisés en fonction des disponibilités et des préférences de l'enseignant dans l'enceinte de l'établissement scolaire ou au sein de l'université Pierre et Marie Curie.

Au cours de ces entretiens, nous nous sommes efforcés d'intervenir pour prolonger le discours et la réflexion des professeurs grâce à des reformulations.

Nous avons souhaité commencer par les entretiens des professeurs afin notamment de pouvoir leur demander leur opinion sur la grille d'entretien pour leur élèves, à savoir s'il manquait une question importante, leur avis sur la formulation des questions...

2.2.2.e Entretiens avec les élèves

Douze élèves ont contribué au projet Micole, dont trois lycéens en milieu ordinaire, quatre collégiens et cinq de niveau CM1-CM2 en école spécialisée.

Parmi ces élèves deux sont malvoyants, braillistes et dix aveugles avec ou sans reste visuel.

La durée des entretiens s'est échelonnée entre une demie- heure et un quart- d'heure; ils étaient individuels et pris sur le temps de cours ou de récréation.

Ils se sont déroulés dans un lieu propice à la mise en confiance hors de la classe occupée par le maître et les autres élèves (salle de classe libre, bibliothèque, etc.).

Une attention toute particulière à été requise afin de prendre en considération les recommandations des professeurs afin d'accommoder l'entretien au rythme et au vocabulaire de chaque élève.

2.2.3. Les observations

Que ce soit pour les observations en cours de mathématiques ou pour les observations pour le travail en groupe, nous avons utilisé une observation directe i.e. que l'observateur fait partie du groupe observé. Néanmoins, sa présence est discrète et muette i.e. qu'elle ne modifie, en effet, en rien le contenu et la durée de la scène observés.

Quant aux comportements des participants, une fois passée l'excitation de la recherche et de la caméra les élèves et professeurs les oublient vite pour être à nouveaux naturels.

2.2.3.a Recueil des observables

Comme nous venons de le mentionner, les observations ont été réalisées à l'aide d'une caméra fixe qui essayait de prendre au mieux la totalité de la scène. Pour minimiser la perte des informations qui ne faisait pas partie du champ de la caméra, le chargé de recherche devait prendre des notes dans l'instant présent.

Ces notes comportent le plan de la classe, les différentes paroles émises lors de l'observation ainsi que les diverses sensations ressenties par l'observateur (étonnement sur le mode de communication, sourire par rapport à une réflexion...).

Les observations ont été réalisées après les entretiens des professeurs, et avant ceux avec les élèves. Cette place pour nos observations nous permettait de savoir quel professeur avait l'habitude de faire travailler ou pas, les élèves en groupe et d'éviter que l'entretien des élèves n'influe sur l'observation.

2.2.3.b Réalisation de l'observation sur le travail collaboratif en mathématique

Au cours des entretiens, un seul professeur de mathématiques nous a parlé du travail en groupe comme une méthode de travail :

« En maths on travaille beaucoup ensemble, bon chacun reste à sa place mais ils savent travailler ensemble ...pas forcément par petits groupes, ils travaillent tous ensemble.

Ca leur apporte la confiance en soit, ça évite d'être jugé, le jugement individuel par le prof est moins dur si vous êtes en groupe que lorsque vous êtes tout seul ».

Nous avons donc réalisé deux observations de travail en groupe dans cette classe, la première sur une résolution de problème avec des chiffres décimaux et la deuxième sur une résolution de problème à l'aide d'un schéma récapitulatif. Cependant nous ne travaillerons que sur la première observation, un problème technique (caméra) ne nous permettant pas de pouvoir accéder aux images de la seconde.

Cette activité a duré une heure mais seules vingt minutes seront analysés, ainsi, le reste du temps était utilisé d'une part pour expliquer l'exercice et les termes employés et d'autre part pour la rédaction de la solution.

2.2.3.c Réalisation des observations pour les formules mathématiques

Cinq participations en tant qu'observateurs ont été nécessaires afin de réunir deux observations enregistrées. Ces cinq observations ont portées sur différents groupes, tous en collège; trois d'entre eux ne pouvaient ainsi convenir pour l'étude, certains élèves des classes n'ayant pas donnés leur droit d'image.

Les deux séances enregistrées portent sur la même classe de quatre élèves brailleuses. Les opérations et simplifications de puissance forment le thème abordé lors du premier cours, et la résolution de problème impliquant des notions de temps, vitesse et durée pour la deuxième séquence d'observation.

Ces deux activités ont durées approximativement quarante minutes, cependant vingt minutes pour chaque cours ont été gardées pour le projet Micole, les vingt autres n'étant que des répétitions des exercices précédents.

2.3. L'analyse

L'analyse est un moyen permettant d'accéder au sens, à travers le texte, le discours manifeste. C'est un instrument qui permet de dépasser le stade de la description, pour chercher les causes ou les effets d'une communication, les points convergents d'une population, les attentes etc, et pour établir des inférences.

Deux d'analyses peuvent être différenciées: l'analyse qualitative et l'analyse quantitative.

Analyse qualitative :

Méthode basée sur des données subjectives indissociables des sentiments, des attitudes et des perceptions personnelles de l'utilisateur. Cette méthode est utilisée pour étudier des observations et des entretiens sur un groupe de personnes restreint mais réaliser dans le but d'entrevoir des opinions, des avis des manières d'être : de connaître plus en détail une population.

Analyse quantitative :

Deux formes distinctes d'analyse quantitative peuvent être citées :

La première vise une population dense, c'est la quantité des sujets participant à la recherche qui prime, le nombre de personnes garantissant ici la représentativité et l'objectivité de l'étude. Elle est utilisée pour des sondages d'opinion et l'outil de recueil des données privilégiées est le questionnaire.

La deuxième est utilisée en priorité pour tester un produit, une aide technique ... Elle a comme but l'amélioration de la conception du système. Basée sur le recueil de données objectives indirectes, la méthode d'évaluation quantitative consiste à mémoriser automatiquement toutes les actions de l'utilisateur sur le système.

Que ce soit, pour l'analyse qualitative ou quantitative des techniques et pour mettre en exergue, les points importants de cette étude sont utilisés :

- La distribution de fréquences qui détermine la fréquence d'apparition de signes caractéristiques de variable.
- La Distribution de fréquences groupées qui définit la fréquence d'apparition de caractéristiques séparées en différents groupes.
- Des arbre de réponses : Procédé pour la subdivision de la totalité des cas en segments
- Analyse des conglomerats : procédé de groupement pour l'identification de deux ou plusieurs groupes, les membres desquels se ressemblent entre eux dans une ou plusieurs dimensions.

2.3.1. Analyse de nos entretiens et observations

Après avoir retranscrit intégralement, chaque entretien et les passages représentatifs des trois observations, nous avons réalisé des grilles .permettant de regrouper les divers points auxquels nous souhaitions avoir des renseignements et réponses.

A ce premier stade de recueil et d'analyse des données, la démarche consistait pour les entretiens à relever les énoncés des élèves et professeurs en relation avec nos grilles d'entretiens : à savoir :

- Pour les enseignants : leur parcours, le nombre d'années dans l'enseignement spécialisé ou avec des élèves déficients visuels, la préparation du matériel, connaissance du braille, le code utilisés, la possible aide parentale, le travail collaboratif, les conseils...
- Pour les élèves : leur niveau, la connaissance du braille, le code utilisé, les logiciels utilisés, l'aide parentale, le travail collaboratif...

En ce qui concerne les observations sur l'accès aux formules, nous nous sommes centrées pour la réalisation de la grille, sur les diverses explications données, sur la réaction des élèves ainsi que sur leur participation au cours.

Référence aux cours, exemple concret, référence aux concepts acquis, reformulation, prise de parole des élèves pour une question, pour une observation, une explication...

Pour la grille d'observation du travail collaboratif, nous nous sommes aidé des grilles d'évaluations utilisées aux seins de l'éducation nationale, nous en avons tiré une toile de fond dont les points principaux regardés sont :

- le type de collaboration,
- le degré de compréhension des consignes de travail,
- les prises d'initiatives dans le fonctionnement du groupe,
- l'équilibre de la répartition des tâches,
- les échanges et discussions sur l'avancé du problème,
- les prises de parole pour exprimer ses idées,
- l'écoute les autres,
- le travail accompli selon les règles établies en groupes.

Ces premières dimensions permettent de constituer un précieux répertoire d'énoncés extraits des entretiens et observations ce qui a été la trame de la deuxième phase d'analyse.

Celle-ci fut, pour les entretiens, de mettre en relief, à l'aide de tableaux et de graphiques les points de concordances et de divergences entre les diverses personnes participants à l'étude, et d'essayer d'en tirer des grandes lignes directrice pour le cahier des charges du futur logiciel.

En ce qui concerne l'observation pour l'accès aux formules : nous avons dans un premier temps, répertorié les diverses méthodes utilisés, et dans un deuxième temps nous les avons soumises aux diverses difficultés énoncés par les professeurs et élèves ainsi qu'aux divers méthodes pédagogiques et conseils cités par les professeurs .

Quant aux analyses sur le travail en groupe celles-ci constituaient principalement à effectuer un comparatif entre la définition même d'un groupe avec ; les grands points permettant de qualifier ce travail et enfin, avec les dires des enseignants et des élèves sur ces éventuels tâches de collaboration.

3. L'analyse des données

3.1. Analyse des entretiens des professeurs

Pour cette analyse nous nous aiderons comme nous l'avons mentionné dans la partie 2.3.1 des grilles récapitulatives des entretiens. Vous trouverez l'ensemble de ces grilles en annexe¹⁸.

Nous diviserons cette analyse en trois sous-parties, correspondant respectivement aux:

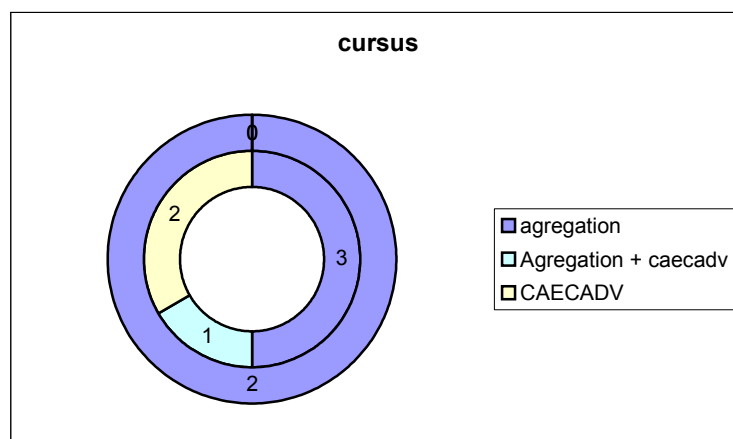
- Connaissances et habitudes des professeurs (parcours, connaissance du braille, utilisation de logiciel, choix du code mathématique..).
- Difficultés auxquels sont confrontés les professeurs ; que ce soit au niveau de l'enseignement des mathématiques ou bien par l'utilisation de matériel.
- Travail à plusieurs (travail de groupe en classe, aide parentale).

3.1.1. Points mis en exergues

3.1.1.a. Connaissances et habitudes

Les formations dans le domaine de la déficience visuelle des professeurs enseignant dans des établissements spécialisés peuvent être : des formations diplômantes spécialisées dans le handicap visuel comme le CAEGADV¹⁹, le CAPA-SH²⁰, et le 2CA-SH²¹, ou bien une formation personnelle avec l'apprentissage du braille de manière autonome.

Quant aux professeurs enseignant dans le milieu ordinaire et n'ayant qu'un élève mal ou non voyant par an, cette formation se restreint bien souvent à ce que peuvent leur apporter leurs élèves. Ainsi, des guides comme le « guide Handiscol pour les enseignants accueillant un élève présentant une déficience visuelle et des formations journalières peuvent leur être proposées, cependant ces formations sont plus de l'ordre d'informations générales que des formations en tant que tel.



Cercle extérieur enseignants dans une classe d'intégration /intérieur : spécialisée

¹⁸ Récapitulatif des entretiens des professeurs d'écoles spécialisées annexe n°7 , récapitulatif des professeurs en classe d'intégration annexe n° 8

¹⁹Le Certificat d'aptitude à l'enseignement général pour aveugles et déficients visuels <http://xavier.claudet.free.fr/index2.html>

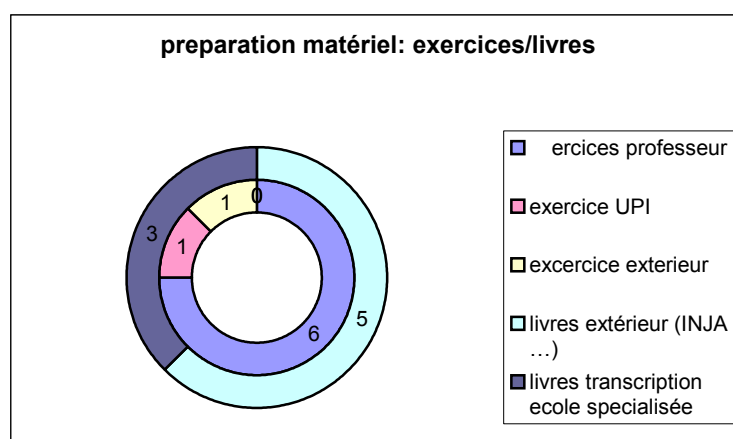
²⁰ Le certificat d'aptitude professionnelle pour les aides spécialisées

²¹ Le certificat complémentaire pour les enseignements adaptés et la scolarisation des élèves en situation de handicap.

Ne dérogeant pas à la règle, la formation des professeurs de notre étude est très différentes selon le types d'établissements: Les premiers ayant une connaissance du braille, du braille maths et de quelques aides techniques pour les déficiences visuelles, contrairement aux seconds qui n'ont souvent pas « le temps » de s'investir pour connaître un peu mieux le domaine du handicap visuel.

Ce manque de formation et de connaissance du braille dans le milieu scolaire ordinaire peut avoir trois conséquences :

- Cela oblige les professeurs à faire appel à des organismes extérieurs pour la préparation de leurs matériels mathématiques (contrôle, cours, graphiques...). Les professeurs en établissements spécialisés préparent eux mêmes les exercices ne faisant appel aux organismes extérieurs ou internes que pour la transcription des livres.

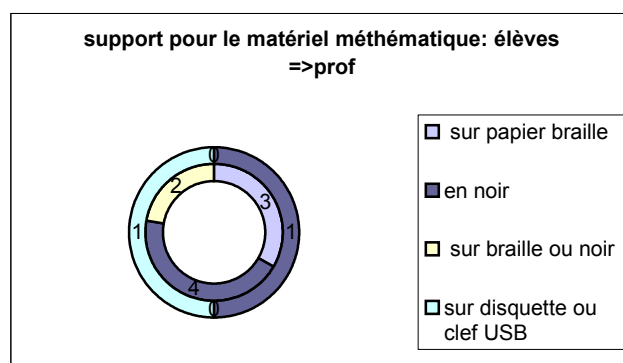
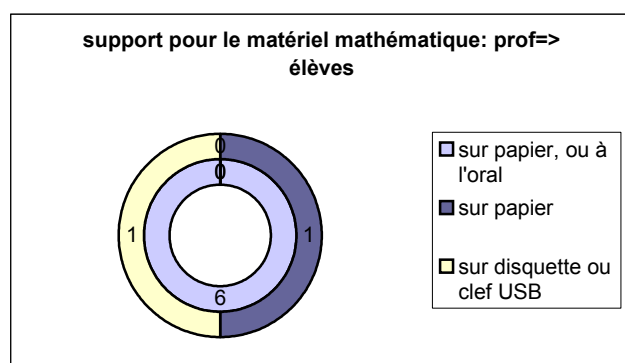


Cercle extérieur classe en intégration/ intérieur classe spécialisée

Cette demande de transcription pour tout matériel a notamment comme conséquence de ne pas toujours avoir les documents en temps voulu. *«Ils ont besoin pour les retranscrire de 10 jours ouvrables et c'est beaucoup trop, on les envoie quinze jours avant et on avance plus ou moins vite avec la classe alors de temps en temps les textes arrivent et ils ne sont plus tout à fait d'actualité ».*

➔ Le futur logiciel devrait pouvoir proposer aux enseignants de réaliser leur exercices puis de les faire parvenir par réseau ou par clef Usb à l'étudiant.

En ce qui concerne les cours et exercices ainsi que le rendu des élèves la connaissance du braille pour les professeurs influe sur le support du matériel mathématique que ce soit dans le sens professeur => élèves ou inversement:



Cercle extérieur classe en intégration/ intérieur classe spécialisée

Très peu de professeurs interviewés utilisent des moyens informatiques pour donner les cours et exercices aux élèves, préférant le papier ou l'oral par rapidité, habitude, manque d'outil informatique pour leur élèves ou par préférence. Cette dernière raison est expliquée en effet par certains professeurs par l'importance d'apprendre à construire un document en braille « *la présentation braille papier est importante, ce n'est pas la même qu'en noir, il faut bien la maîtriser* ».

En ce qui concerne le rendu des élèves, le choix de support leur est souvent possible dans les instituts n'accueillant que des personnes déficientes visuelles, les professeurs lisant tous le braille. L'orientation du choix se fait alors selon la préférence du professeur, les outils informatiques disponibles, par simplicité ou préférence de l'élève.

« *Les petits bien c'est avec la Perkins, les élèves de terminales S, à la Perkins ou alors l'ordinateur c'est eux qui choisissent, en majorité ils utilisent la Perkins* »

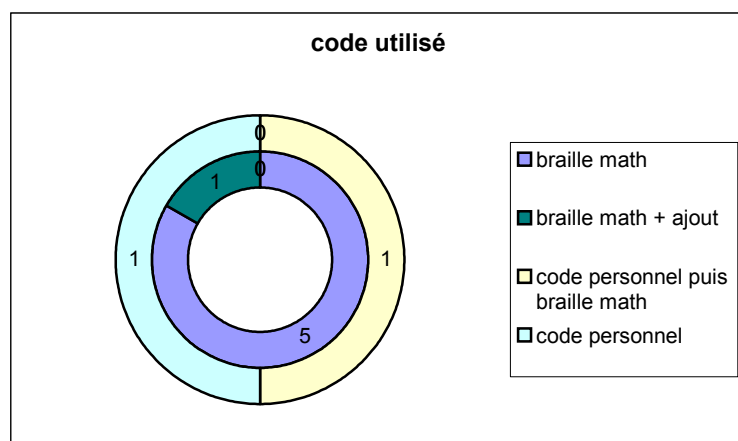
« *Manque d'expérience des élèves de l'ordinateur* ».

« *La lecture sur disquette peut poser problème avoir des signes incompréhensibles* »

Quant aux devoirs des élèves en classe d'intégration, ils peuvent être réalisés de trois manières différentes selon les outils en possession des élèves : par disquette ou clé USB, en noir imprimé, mais aussi en noir manuscrit. Cette dernière est écrite alors soit par la personne non ou mal voyante soit par l'un de ses camarades de classe, ce qui a comme conséquence l'impossibilité de la personne déficiente visuelle de se relire ou la dépendance à un tiers.

➔ Le futur logiciel devrait permettre de pouvoir retranscrire ou envoyer en noir ou en braille le document facilement du professeur à l'élève et inversement.

Certains outils utilisés par l'élève déficient visuel ne permettent pas aux professeurs de pouvoir lire rapidement et correctement le raisonnement et l'exercice « *le professeur sur mon écran lit des choses qu'il ne comprend pas* ». Pour palier à cette difficulté le professeur et l'élève en début d'année peuvent se mettre d'accord pour la création d'un code particulier, mêlant l'écriture noire au braille (ex : l'étoile pour le multiplier), remplaçant le braille mathématique en vigueur. Cet abandon peut avoir notamment comme répercussion un possible oubli de certains signes et de ce fait engendrer des difficultés pour les examens officiels (BAC et Brevet) ainsi que pour l'avenir universitaire des élèves.



Cercle extérieur classe ordinaire/intérieur classe spécialisée

Dans le domaine de l'enseignement spécialisé chaque professeur met un point d'honneur à ce que leurs élèves n'utilisent que le braille mathématique en rigueur « *Comme je dit à mes élèves quand vous serez génial en mathématique vous pourrez donner vos recommandations* ».

et des modifications pour le braille mathématique mais pas pour l'instant vu que l'on est des vulgaires utilisateurs on fait avec ce que l'on a i.e. le code braille mathématique en vigueur. » « En mathématique ça arrive qu'il y en ait qui s'inventent leur propre code, mais on le remet toujours sur la bonne voix ».

Cependant un des professeurs utilisent avec ces élèves en plus de la notation « Antoine », des abréviations n'existant ni dans le braille, ni dans le braille abrégé afin de simplifier certaines formulations mathématiques : *« C'est plus des petits raccourcis pour la rédaction de problème de mathématiques Application numérique par exemple moi je l'écris « a.n. ».*

➔ Intérêt que l'élève expérimenté puisse avoir accès à l'insertion automatique des signes mathématiques, et de rajouter la possibilité d'utiliser le braille abrégé pour la formulation des réponses.

3.1.1.b. Difficultés rencontrés

Difficultés pour l'enseignement des mathématiques

La question « Rencontrez vous des difficultés pour enseigner les mathématiques aux enfants aveugles? » a avivé de vives réactions auprès des professeurs enseignants dans des établissements spécialisés :

« Je ne dirais pas difficultés,, il n'y a rien d'inattaquable »

« Ce n'est pas une difficulté mais il faut passer beaucoup par le langage. »

« Je pense que d'être déficient visuel ne rajoute pas forcément des difficultés »

« Effectivement il peut y avoir d'autres difficultés mais pas plus »

« Non pas vraiment...et puis les maths c'est toujours des maths que l'on enseigne à des élèves aveugles, à un forgeron... »

Une fois ces phrases lancées pour recadrer notre choix de vocabulaire, trois complications ont été mis en exergues :

Deux de ces complications émanent de la cécité en elle même à savoir des difficultés d'appréhension et de réalisation d'élément graphique et géométrique (courbe ou tableau), ainsi que pour la lecture et le calcul d'expression algébrique (la linéarité des formules, le positionnement à l'intérieur du calcul et le calcul en lui même).

La dernière, quant à elle découle des deux complications venant d'être décrites. Ainsi, les personnes déficientes visuelles mettent plus de temps que les voyants pour la préhension d'une formule, d'un graphique. L'œil permettant une vision globale alors que la lecture tactile est très séquentielle et demande un travail de synthèse. Cette troisième complication est plus de l'ordre d'une requête () i.e. un besoin de temps supplémentaire, celui-la même qui a été reconnu pour la passation d'examen.

Pour les deux premières difficultés des solutions, des idées, ont été émis ou déjà réalisé par les professeur en classe :

- Accompanyer la figure, le tableau, avec un texte ou un discours descriptif.
- Avoir une page braille à plusieurs lignes afin de pouvoir visualiser un tableau, ou un graphique quasiment dans leur totalité.
- Avoir des figures en relief afin que les élèves puissent toucher l'objet et de ce fait bien visualiser celui-ci.
- Avoir des pages braille multi-lignes pour pouvoir poser les opérations en colonne ou avoir la notion d'aller à la ligne.

Enfin, de manière générale, les professeurs enseignant dans des établissements spécialisés utilisent pour contrer les complications qu'ils peuvent rencontrer :

- La parole, la mise en mot des termes mathématiques : *« C'est quelle opération qui correspond à « de » dans ma phrase cinq dixième de minutes ? (Réponse de l'élève) : à multiplier »*,
- La référence au concret, à des exemples et des notions qui leur parlent : *« On change d'explications parce que l'on n'utilise pas les mêmes notations et puis il n'y a pas aussi le même vécu, il faut se mettre à leur place, il faut trouver des exemples qui leur conviennent » « J'évite de faire des maths trop mathématiques, je fais des maths de façon littéraire j'essaye de ne pas trop utiliser le langage mathématique »*.

En ce qui concerne les difficultés spécifiques des enseignants travaillant dans le milieu scolaire ordinaire, elles sont également de deux ordres :

Des difficultés en particulier pour la géométrie et les graphiques : pour leur réalisation, leur visualisation (problème pour positionner des points précis, pour la préhension d'une figure complexe ou d'un graphique..).

La deuxième quant à elle est la conséquence du nombre d'élèves en classe : *« Quand on s'occupe tout particulièrement de quelqu'un les 25 autres font la java »*.

➔ Le futur logiciel n' a pas de vocation instructive, le rôle d'enseigner étant totalement laissé à l'enseignant nous prendrons de cette analyse.

-L'importance de la terminologie employée notamment pour la possible sortie en synthèse vocale.

-La nécessité de réaliser une aide pour les graphiques, les figures (cette partie incombant à nos partenaire du Projet MICOLE), cette aide pourrait en effet intégrer selon le désir ou le besoin de l'élève et du professeur, une partie textuelle descriptive de l'élément graphique.

-L'importance d'une aide à la lecture et au calcul de formule algébrique, avec un besoin de pouvoir accéder en permanence à l'opération ou à l'énoncé de départ, possibilité selon le niveau et le choix de l'étudiant de pouvoir disposer son opération en colonne ou en ligne.

Difficultés liées aux matériels

Certaines aides techniques même si elles sont très compétentes dans diverses tâches peuvent avoir des lacunes pour d'autres. Ainsi les synthèses vocales sont très appréciées et utilisées pour la lecture d'un texte ou la navigation dans un ordinateur, une page Web...mais sont inutiles pour la lecture d'un graphe ou d'une figure géométrique et encore insuffisante pour la lecture de formule algébrique. En effet, elles ne lisent pas correctement certains signes mathématiques lisant notamment et en guise d'exemple « tiret » pour le signe moins.

En ce qui concerne les logiciels(Readmaths en particulier), trois grandes complications ont été cités :

- -Le problème de la calculatrice non intégrée au logiciel, engendre une perte de temps et un effort mnésique supplémentaire pour l'élève. Ainsi, cela nécessite que l'élève sorte de son calcul, aille dans la calculatrice, face son calcul et revienne dans son exercice pour noter le résultat de mémoire. :*« Le problème de la calculatrice il est obligé de fermer le document, lancer Jaws calculer, se souvenir des résultats et re-renter dans le problème. »*

-Le retour systématique au braille littéraire à chaque espace, ce qui oblige les élèves à remettre le signe mathématique en permanence :*« Ils écrivent avec le braille standard et*

quand on veut passer au braille mathématique ils doivent mettre le point 6 point trois, le problème c'est que dès qu'ils mettent un espace c'est plus bon ils repassent dans le code normal ».

Cependant ce problème d'espace et de retour au braille littéraire est sou-entendu par le braille mathématique lui même ainsi, celui-ci ne nécessitant pas d'espace, ce dernier dans certains logiciels impliquent la fin du code braille maths.

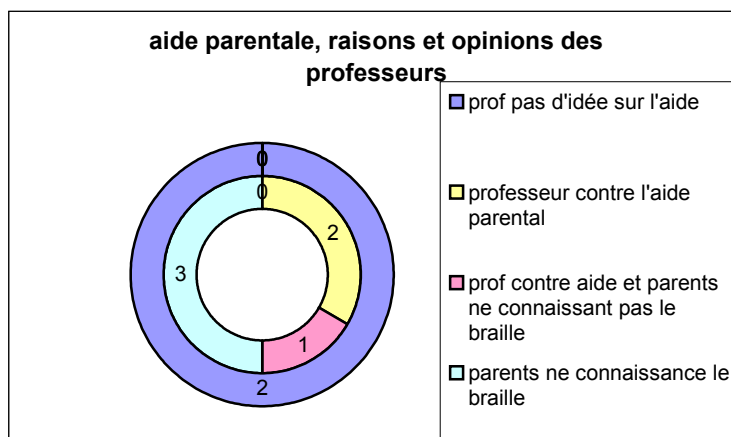
-La plupart des plages braille ne sont pas pourvues d'écran à cristaux liquides pour voir en noir le contenu de la plage braille, rendant de ce fait la lecture pour le professeur complexe et longue pour l'élève. En effet, celui-ci est obligé de fermer le document en cours pour pouvoir le retranscrire. : « *Pour vérifier ce qu'il écrivait soit il fallait qu'il retranscrive mais il ne pouvait plus écrire en même temps soit je lui demandais de relire* ».

→ Que le logiciel intègre une touche fonction permettant de rester dans une écriture braille mathématique, y ajouter une calculatrice ou que celle-ci soit très facilement accessible et place le résultat automatiquement dans l'exercice en cours.

3.1.1.c. Travail à plusieurs

Le travail à plusieurs comprend les devoirs à la maison avec l'aide d'un membre de la famille et le travail en binôme ou en groupe à l'intérieur de la classe.

En ce qui concerne le travail à la maison :



Cercle extérieur professeur en intégration/cercle intérieur professeurs établissement spécialisée

Les professeurs d'intégration n'ont pas su nous donner leur avis sur l'implication parentale des devoirs personnels de leurs élèves. Ceci pouvant être expliqué par le niveau des élèves, en effet, ils sont respectivement en première et terminale, les professeurs considèrent certainement qu'ils ne demandent plus d'aide aux membres de leur famille.

Les réponses des professeurs en établissement spécialisés ont été surtout centrées sur la qualité de l'aide apporté. Ainsi, la majorité des parents d'élèves peuvent avoir du mal à aider leur enfant pour les devoirs de mathématiques connaissant peu ou pas le braille intégral et de ce fait pas du tout le braille mathématique. Ce manque d'investissement parental pour l'apprentissage du braille peut avoir une deuxième conséquence outre l'absence d'aide ; la

grande majorité des professeurs nous on ainsi, clairement dit qu'ils ne préféreraient pas que les parents interviennent dans le travail à la maison. Ceci étant expliqué par une différence significative entre les explications des professeurs et celles des parents :

« L'aide peut aller à l'encontre des explications du professeur, car les parents n'utilisent pas forcément la meilleure manière d'expliquer, ils essayent de faire passer des méthodes qui peuvent être déstructurantes pour l'élève »

« En général je préfère quand même qu'ils fassent en classe parce qu'il n'y pas dix mille façons de travailler et d'expliquer »

« Mais après il peut y avoir des dangers parce, je ne sais pas comment les parents l'expliquent mais quelques fois les élèves reviennent avec des devoirs et c'est plutôt faux »

Cette réserve que peuvent avoir les professeurs pour les devoirs personnels peut sous entendre que la méthode d'enseignement des mathématiques pour les élèves brailleux diffère de celle d'enseigner à des personnes voyantes par :

La nécessité d'employer des signes mathématiques spécifique et inhérent de l'écriture braille (tel que les blocs pour la division). : *« On parlait avec un élève qui écrit en noir de quatre neuvième de X, on voit tout de suite comment ça s'écrit et en braille, il faut dire $\frac{4X}{9}$ parce que si on met 4 divisé 9X vue la priorité des opérations le 9 et le X se multiplient, alors celui qui va dicter il faut bien qu'il dise que 4 et X font partie du même bloc puis fermer le bloc pour rouvrir le bloc pour le neuf du bas. »*

La rigueur de l'explication et de la terminologie mathématiques (structure de phrase identique pour finaliser un problème, emploi des termes de numérateur et dénominateur pour les fractions...) : *« J'ai surtout remarqué que d'enseigner à des brailleux exigeait beaucoup de précision... être beaucoup plus précis sur la terminologie mathématique, la précision mathématique ça sert surtout à se faire le mieux comprendre possible. Donc je me suis efforcé à être encore plus précis avec les brailleux, sur la structure des phrases, être économe dans l'expression des théorèmes ... ».*

Cette rigueur dans la terminologie n'insinue pas un changement radical de vocabulaire et la non utilisation de terme tel que le haut ou le bas d'une fraction mais bien une insistance toute particulière sur l'emploi de nom mathématique afin de bien visualiser la corrélation entre le terme et l'écriture : *« Il faut s'adapter mais surtout pas changer de vocabulaire parce que lorsqu'un élève brailleux parle avec un de ses camarades voyants il faut qu'ils se comprennent absolument, donc il faut expliquer aussi le haut et le bas d'une fraction ».*

➔ Ces remarques vont dans le même sens que l'emploi d'une bonne terminologie pour l'explication des mathématiques à savoir la nécessité d'avoir une rigueur toute particulière dans l'emploi des termes pour les fonctions du logiciel, des aides...

Le travail en petit groupe

L'analyse du travail en petit groupe étant développé dans la partie 3.5 pour « L'analyse d'observation d'un travail en groupe », nous vous invitons à vous y reporter. Ci dessous nous rappelons uniquement les conclusions des entretiens des professeurs à ce sujet :

Les commentaires des professeurs enseignants dans un établissement spécialisé décrivent ce travail comme :

-Un travail en binôme ou bien avec la totalité de la classe,

-Les élèves expliquent leur cheminement de pensée, leur résultat ou bien aident un de ses camarades.

Les professeurs font participer les enfants au cours et laissent une place importante à la réflexion personnelle à haute voix. Cependant il ne semble pas y avoir d'idée du groupe de but collectif, d'échanges mutuels et constructifs.

Pour reprendre l'un des professeurs ce travail à plusieurs, pourrait plus être qualifié de « *travail individuel en groupe* ».

Quant au travail en groupe en classe d'intégration celui-ci ne semble pas faire partie de la méthodologie des professeurs, cela peut être expliqué, également, par le manque d'outils leur permettant de faire travailler les élèves ensemble.

➔ Pour le travail en petit groupe le logiciel devrait pouvoir proposer différentes fenêtres. Des fenêtres notamment pour la discussion ce qui permettrait aux élèves de donner et modifier leur travaux ensemble ainsi que des fenêtres pour la consigne, les fonctions de chaque membre et enfin une fenêtre pour l'écrit final.

Cet outil devrait pouvoir avoir une interface visuelle agréable pour les élèves voyant, avec une bonne transcription du noir au braille et vice versa pour l'envoi en réseau aux différents membres.

3.1.2 Récapitulatif

Il semble que le développement d'un environnement de travail qui faciliterait l'accès aux mathématiques textuelles ainsi que leur manipulation, devrait permettre, selon l'analyse des entretiens des professeurs, d'avoir les différentes fonctionnalités suivantes :

➔ Fonctionnalités :

- Intégrer une touche fonction permettant de rester dans une écriture braille mathématique, ou un autre code que « l'espace » pour passer du braille maths au braille littéraire (double espace, double saut de ligne par exemple),
- Un moyen de retranscription ou d'envoi en noir ou braille du document facilement du professeur à l'élève ou inversement,
- Que l'élève expérimenté puisse avoir accès à l'insertion automatique des signes mathématiques,
- La possibilité d'utiliser le braille abrégé pour la formulation des réponses,
- L'intégration selon le désir ou le besoin de l'élève et du professeur, d'une partie textuelle descriptive de l'élément graphique (pour les collaborateurs travaillant sur les courbes et graphiques),
- Pouvoir accéder en permanence à l'opération ou à l'énoncé de départ,
- Avoir la possibilité de disposer son opération en colonne ou en ligne,
- Avoir une calculatrice intégrée ou que celle-ci soit très facilement accessible et place le résultat automatiquement dans l'exercice en cours,
- Proposer (pour le travail en groupe) différentes fenêtres ; notamment une fenêtre de discussion permettant aux élèves de donner et modifier leurs travaux, des fenêtres pour la consigne et les fonctions de chaque membre et enfin une fenêtre pour l'écrit final.

➔ Conseil et revendication pour le futur logiciel :

- Qu'il ait une interface visuelle agréable pour les professeurs voyants, avec une bonne transcription du noir au braille et vice versa pour l'envoi et la récupération en réseau des exercices,
- L'importance de la terminologie employée notamment pour la possible sortie en synthèse vocale et les fonctions et aides du logiciel.

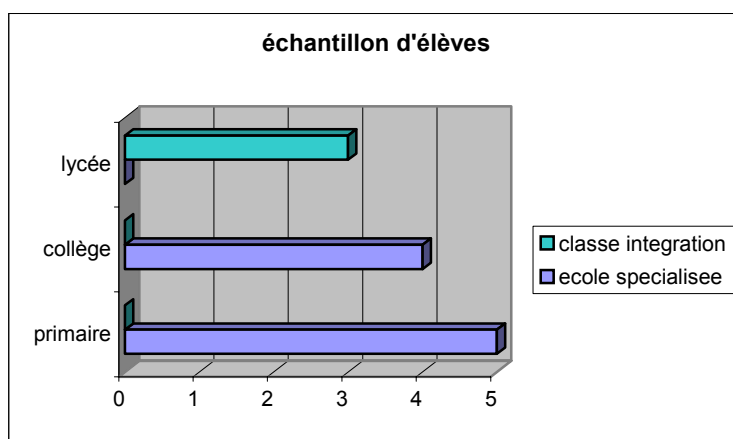
3.2. Analyse des entretiens des élèves

Cette partie suivra les mêmes sous parties que celles utilisées pour l'analyse des entretiens des professeurs à savoir :

- Connaissances et habitudes des élèves (parcours, connaissance du braille, utilisation de logiciel, choix du code mathématique..).
- Difficultés auxquels sont confrontées les personnes que ce soit au niveau de l'apprentissage mathématique ou bien par l'utilisation de matériel.
- Travail à plusieurs (travail de groupe en classe, aide parentale).

Les récapitulatifs des entretiens des élèves en classe d'intégration et en classe spécialisée se trouvent en annexe²².

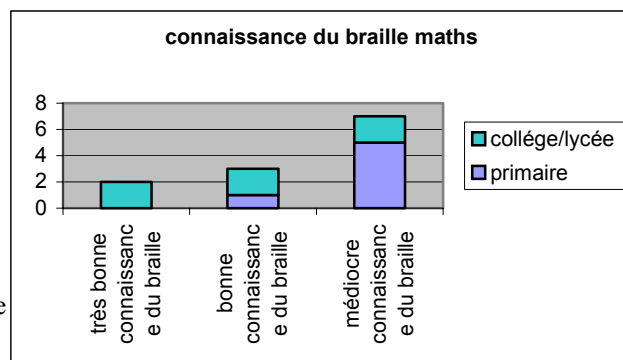
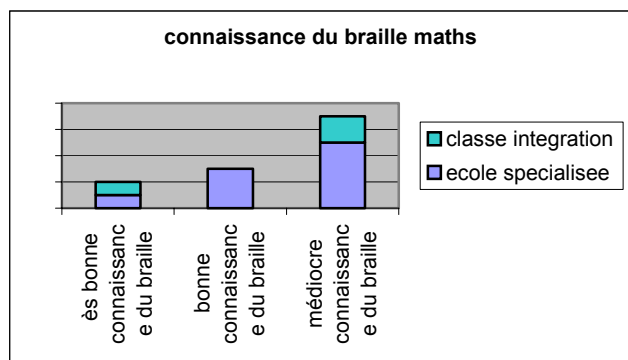
Avant toute chose nous tenons à vous présenter la population d'élèves : ils sont douze élèves, dont neuf dans un établissement scolaire spécialisé et trois suivant un cursus en intégration. La proportion d'élèves en collège/lycée et primaire est décrite sur le graphe ci-dessous.



3.2.1. Points mis en exergue

3.2.1.a. Connaissances et habitudes

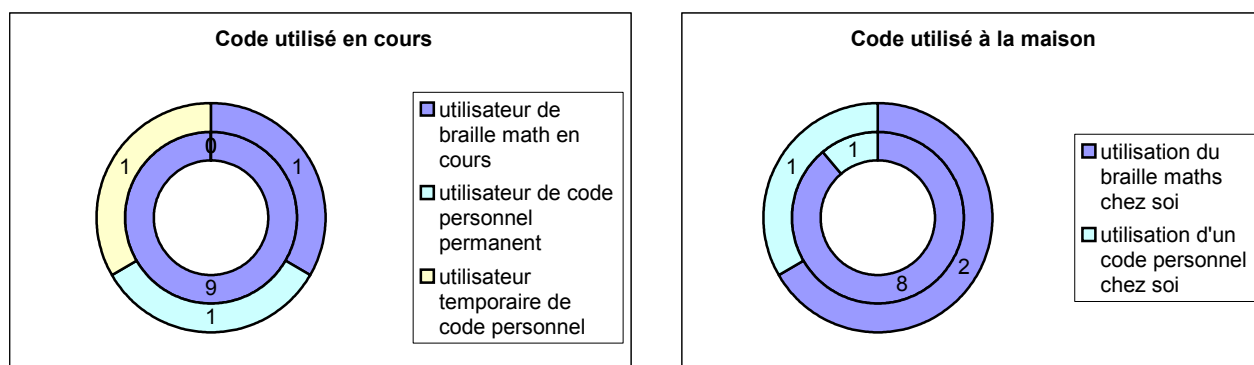
Le niveau de connaissance du braille mathématique des élèves va normalement de pair avec le niveau d'apprentissage et le niveau scolaire de ces derniers : les élèves dans les petites classes ayant une moins grande expérience et habitude des signes mathématiques. Néanmoins avec les mêmes années de formation des différences inter-individuelles existent, elles peuvent être dues à la facilité d'apprentissage, au degré de malvoyance (l'élève se servant alors de ses restes visuels au dépend du braille) etc. :



Le code braille mathématique est enseigné, pour les élèves scolarisés dans une classe spécialisée, par les professeurs, selon les besoins des cours, permettant un apprentissage relativement lent et espacé, et donc une bonne acquisition.

Pour les élèves en classe d'intégration la responsable de l'UPI pour les plus grands, pour les plus petits l'auxiliaire de vie scolaire ou le professeur de CLISS peuvent jouer ce rôle de professeur de braille math.

Cette connaissance du braille va influencer sur le choix d'utilisation du code braille maths ou d'un code personnel, que ce soit au sein de l'établissement scolaire, en milieu ordinaire, ou chez eux. Cette utilisation d'un code particulier entre le professeurs et l'élève ne se fait pas dans les établissements spécialisés comme nous avons pu le voir dans l'analyse des entretiens des professeurs.



Cercle extérieur élèves en classe intégration/intérieur en classe spécialisée

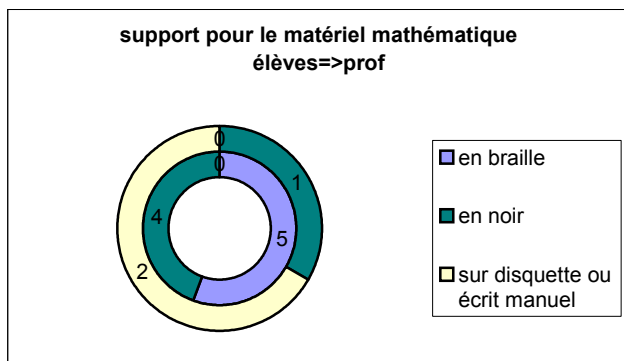
La proportion des élèves utilisant un autre code que le code Antoine, est relativement faible, elle ne correspond qu'à deux élèves sur douze. Ce choix d'un code personnel découle d'un besoin de simplification et de rapidité dans l'écriture : « *De temps en temps quand je suis chez moi je change un peu pour simplifier* ».

En ce qui concerne le regard porté sur l'utilisation du code personnel avec le professeur celui-ci change d'un élève à l'autre. L'un considère cela comme un moyen de réduire les difficultés qu'il peut avoir : « *on a fait un petit code à nous pour simplifier parce que sinon c'était trop complexe* », le deuxième élève quant à lui examine cette utilisation avec beaucoup plus de recul et de prise en compte des possibles répercussions pour l'avenir : « *Il faut juste se mettre d'accord avec le professeur en début d'année et puis ça passe, normalement, mais ce n'est pas du tout une bonne méthode....* »

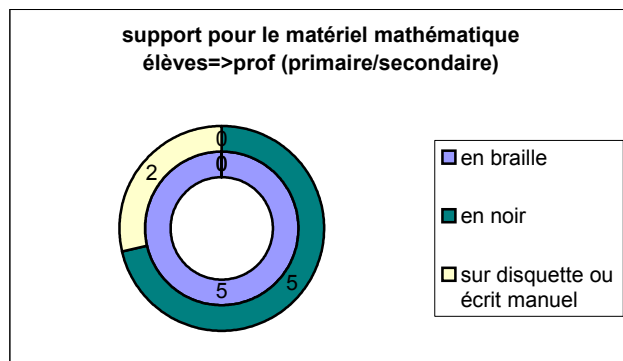
Pour ce qui est du support pour les devoirs et contrôles, nous avons souhaité faire un comparatif, milieu scolaire spécialisé et milieu scolaire ordinaire mais également entre le primaire et le collège/lycée. Ainsi, tout les élèves du primaire donnent leurs devoirs en papier braille à leur professeur non voyant, aucun ne maîtrisant encore à cet âge l'outil informatique, et n'utilisant en classe que la Perkin's.

Pour le collège/lycée le support varie du noir imprimé ou manuscrit et disquette ou clef USB. Le rendu en noir manuscrit est spécifique au lycée en milieu ordinaire, celui-ci est effectué par la personne non voyante elle même (ne pouvant alors pas se relire) ou grâce à l'aide d'un

tiers (responsable d'UPI ou camarade de classe) : « *Je lui donne sur disquette je tape sur l'ordinateur et voilà c'est le plus simple, soit je demande à quelqu'un qui le recopie en noir pour moi...mais bon c'est quand même pas très pratique* ».



Cercle extérieur : classe d'intégration

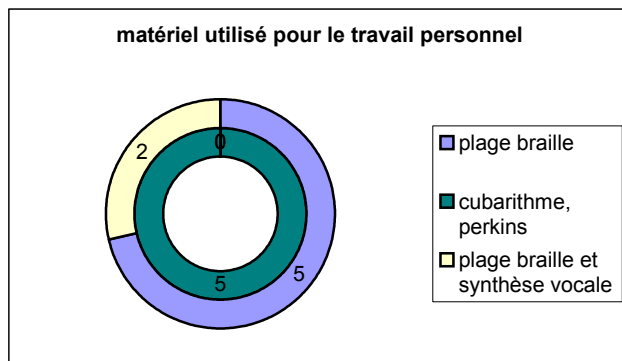
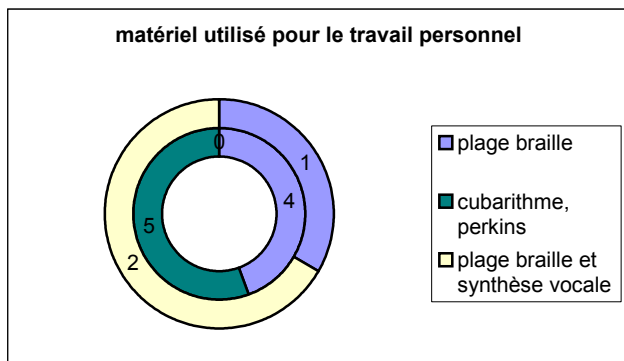


Cercle extérieur : collège/lycée

Tout comme pour le rendu du travail, le choix du matériel pour le travail personnel diffère selon l'âge des élèves. Les élèves en primaire travaillent chez eux avec le même matériel qu'en classe à savoir le cubarithme et la Perkins, ceci pouvant être expliqué par une non ou mal connaissance de l'outil informatique ou bien par exercice d'entraînement pour maîtriser la présentation braille papier (cf entretien avec les professeurs).

Pour les plus âgés, le choix pour le travail des mathématiques est normalement la plage braille (la plus part des synthèses vocales comme nous l'avons déjà mentionné ne lisant pas correctement tous les signes mathématiques). Néanmoins la synthèse vocale est utilisée lorsque les professeurs et élèves se créaient leur propre code ou pour la lecture partielle des exercices notamment pour l'énoncé ou pour la relecture des cours.

Certains étudiants préfèrent, également, continuer à travailler avec la Perkins, plutôt qu'avec des outils informatiques (plage braille..). Ce choix est expliqué alors par les professeurs par facilité de pouvoir appréhender notamment le tableau dans sa totalité sans devoir aller à la ligne : « *En terminale par exemple j'ai 11 élèves dont six brailistes et tous travaillent à la Perkins ... c'est plus simple notamment pour les tableaux d'avoir tout le tableau par exemple cinq lignes qu'ils peuvent avoir d'un seul tenant plutôt qu'avec la plage braille qui est mono ligne* ».



Cercle extérieur : classe d'intégration/ cercle intérieur classe spécialisée

➔ Confort d'avoir en sortie la synthèse vocale pour le travail personnel

Avoir la possibilité d'avoir des plages braille multilignes.

L'utilisation de matériel pour le travail personnel nous amène à parler des divers logiciels connus et ou utilisés par les élèves. Deux logiciels ont été mentionnés par les élèves :

- Bramanet : Logiciel de traduction de mathématique en braille ne marchant qu'avec Word97 (cf 1.2.2. pour l'état de l'art des aides techniques pour les mathématiques),
- Readmaths : logiciel sous DOS et Windows 98/Me/XP permettant de transcrire en noir et de mettre en forme les formules mathématiques braille.

Cinq élèves utilisent le logiciel Readmaths, dont un ayant choisi Readmaths après avoir précédemment utilisé Bramanet. Ce changement de logiciel a été réalisé à contre cœur par l'élève et par obligation, ce dernier ne marchant que sous Word97 *« J'utilise Readmath c'est pas celui que je préfère mais..., avant j'utilisais bramanet et j'ai trouvé vraiment ce logiciel extraordinaire, il avait une méthode réversible que readmath n'a pas on pouvait demander au prof de nous faire passer les cours en noir et on les avait en braille c'était vraiment très bien (...)quelque chose qui m'avait tout de suite séduit dans bramanet c'était l'intégration d'un code abrégé c'est très pratique »*.

L'utilisation quotidienne du logiciel Readmaths par les élèves leur permet d'être de bon critiques dans la pratique du logiciel, ils nous ont alors cités quelques uns de ses avantages et de ses inconvénients :

- Avantages :
 - *« Il prend en charge énormément de codes mathématiques »*
 - *« Il a également un système pour réaliser des tableaux de variation »*
 - *« l'insertion automatique des signes »*
- Inconvénients :
 - L'accès à la calculatrice qui fait perdre du temps et qui demande un effort mnésique supplémentaire à l'élève : *« La calculatrice, pour avoir accès à la calculatrice il faut que je sorte de mon document que je fasse les calculs que je m'en souviennes et que je re-rentre dans mon doc »*
 - La transcription *« Je transcris je ne peux plus modifier mon texte, le problème peut être c'est que readmath ne fait pas les transcriptions par lui même »*
 - Le problème de compatibilité avec les plages brailles d'autres constructeurs *« Il n'accepte aucune autre plage tactile qui provient d'une autre société »*
 - *« Pas de méthode réversible (: prof passer les cours en noir et on les avait en braille)*
 - Le problème des espaces qui signale au logiciel que le code braille maths se finit et repasse automatiquement au braille littéraire *« On doit mettre un signe point 6 point 3 et donc si tu oublies c'est pas bien retranscrit parce que dès que tu fais entrée il faut remettre les points »*

➔ Importance de concevoir un logiciel avec une calculatrice intégrée permettant ainsi de diminuer la charge cognitive mais également afin de réduire le temps de calcul.

-Faciliter le transfert de dossier du professeur à l'élève et de l'élève à l'enseignant.

-Regarder pour le changement de code de fin du braille mathématique.

3.2.1.b : Difficultés rencontrées

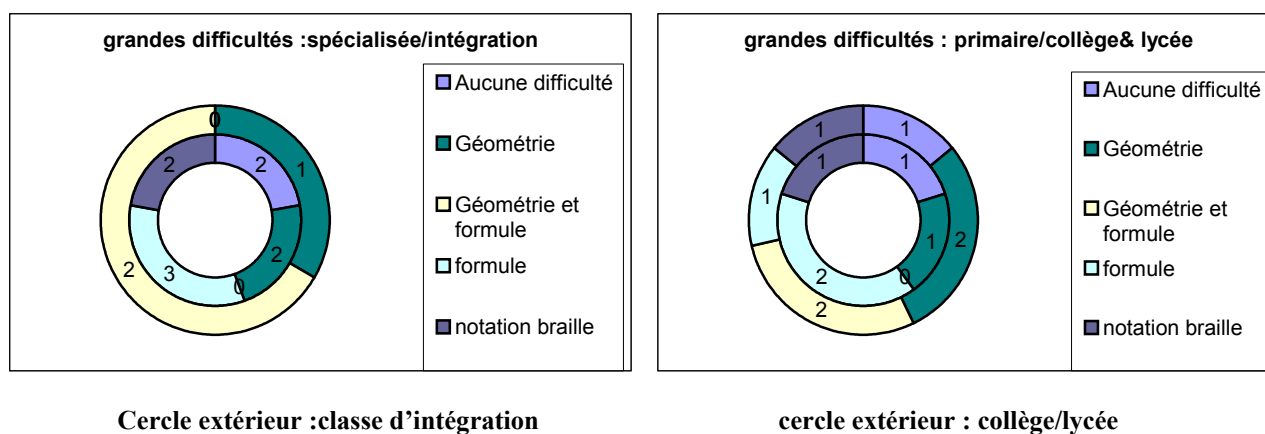
Difficultés pour l'apprentissage des mathématiques

Deux élèves suivant une scolarité spécialisée nous ont dit n'avoir aucune difficulté en

mathématique, ces deux personnes étant respectivement en classe de CM2 et de quatrième.
« Ben alors pour les multiplications : non, les additions, soustractions: non les divisions: non la géométrie les figures: non...Non ça va ».

Les difficultés décrites quant à elles par leurs camarades peuvent être regroupées en trois grands domaines :

- Le code braille
- La géométrie
- Les expressions algébriques



L'une de ces difficultés est l'utilisation du code braille mathématique lui-même, les élèves ayant mentionné ce problème décrivent en effet le code braille mathématique comme étant un code complexe, avec des signes très semblables les uns aux autres. « C'est juste sur la notation je n'arrive jamais à me souvenir par exemple du signe parallèle » « Des notations enfin avec des codes des signes que je n'arrive pas trop à retenir ».

La géométrie fait partie des grandes difficultés auxquelles sont confrontés les personnes déficientes visuelles. Les élèves interviewés ne dérogeant pas à la règle, sont confrontés à la préhension des figures et des graphiques, au travail sur celle-ci (positionner un point, pour un calcul graphique...) : « Tout ce qui est graphique on va dire pour les courbes, j'ai beaucoup de mal à me représenter je prend beaucoup de temps à comprendre ce que l'exercice demande, quand il faut calculer graphiquement ou voir graphiquement quelque chose j'ai aussi beaucoup de mal » « Du moment où dans la figure il n'a pas trop de choses ça va encore mais dès qu'il y a beaucoup de choses je n'arrive pas à me repérer dedans ».

A ces difficultés pour la géométrie peuvent être allié des difficultés pour les expressions algébriques. Celles-ci ne sont évidemment pas du même ordre pour les élèves en primaire qu'aux secondaires. Les primaires sont en effet, confrontés à des gênes pour le positionnement des opérations « Oui j'ai toujours du mal pour certains exercices comme les divisions ou les nombres décimaux parfois, il faut bien poser la virgule sous la virgule (...), et puis les divisions c'est dur aussi de la poser et pour calculer parce que je ne sais pas vraiment où poser les autres cubes ».

Les plus âgés quant à eux rencontrent des problèmes notamment à cause de la longueur des formules et des calculs, imposant des efforts mnésiques importants pour ce souvenir des termes et des résultats intermédiaires du calcul « Quand j'ai des gros calculs un peu compliqués, en plus je n'ai pas de calculatrice adaptée alors c'est très difficile pour moi pour le moment, heureusement j'ai une bonne mémoire ».

En ce qui concerne la linéarité des formules celle-ci ne semble pas poser plus de difficultés que ça aux étudiants, ces derniers ayant l'habitude et ne connaissant pour certains que cette « formulation » : *« Bien moi ce n'est pas en étage c'est en ligne, donc c'est juste un autre système de représentation on s'habitue peu à peu en fait, et vue que moi j'ai commencé très tôt c'est devenu un automatisme assez rapidement(...)le fait d'apprendre le braille mathématique et les mathématiques normal c'est la même chose en fait, moi je ne connais pas deux systèmes différents, enfin si un petit peu parce que je l'ai étudié au début mais, je pense que ce n'est pas plus compliqué que d'apprendre les mathématiques pour les voyants. Après je pense que ceux qui peuvent avoir des difficultés c'est plus un problème de méthodologie que d'adaptation en tant que tel ».*

➔ Importance de permettre aux jeunes élèves de pouvoir positionner leur expressions algébriques en colonne et de permettre de diminuer la charge mnésique lors de calcul complexe (accès rapide à une calculatrice, marquage des termes pour la simplification...).

Difficultés lié aux matériels utilisés

Les difficultés liées à l'utilisations de matériels peuvent être rapproché des inconvénients des logiciels mentionnés plus haut à savoir :

- L'accès à la calculatrice qui fait perdre du temps et qui demande un effort mnésique supplémentaire à l'élève.
- Le problème de transcription ou l'élève est obligé de sortir de son document pour pouvoir le transcrire, ne pouvant plus alors le modifier.
- La difficulté et le temps de latence pour obtenir les écrits du professeurs (en classe d'intégration).
- Le problème des espaces qui signale au logiciel que le code braille maths se finit et repasse automatiquement au braille littéraire.

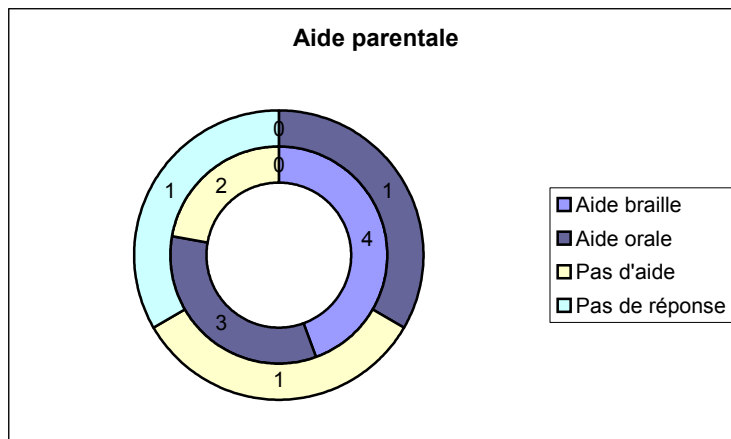
Une dernière difficulté lié à l'utilisation de matériel à été mentionnée, celle-ci venant de la fragilité des feuilles à dessiner. Ces feuilles transparentes et vierges, peuvent être cadriées facilitant normalement le positionnement des points, cependant ces dernières semblent être très fragiles ne permettant pas alors de réaliser une courbe de façon efficace. *« Il existe du papier cadrié mais à mon avis il est beaucoup plus fragile soit on a plus du tout de sensation tactile soit si on appuie trop fort il se déchire alors je ne l'utilise plus ».*

3.2.1. c. Le travail en groupe

En ce qui concerne l'aide parentale :

Les parents d'élèves connaissant très peu le braille et de ce fait le braille mathématique, seul quatre élèves peuvent avoir de l'aide sur le raisonnement mais aussi un peu sur l'écriture et la lecture de l'énoncé mathématique. : *« Ma mère m'aide un peu, elle connaît un peu le braille... Elle me donne des exemples à l'oral et puis moi je travaille avec mon iris ».* Néanmoins, même avec une connaissance du braille cette aide passe essentiellement par l'oral. L'élève lit alors le texte en braille, ou pour ceux qui possèdent un Iris le font lire grâce, à la petite fenêtre digitale, les parents aidant par la suite de différentes manière : donnant des exemple, mettant sur la piste, donnant les réponses par exemple.

Malgré tout, un quart des parents ne connaissant pas le braille ne s'investissent pas dans l'aide pour les devoirs personnels *« Ils ne sont pas du tout calés en maths ni en braille d'ailleurs »* Tout comme dans le commentaire de cette personne le manque d'aide peu être expliqué autrement que par le non connaissance du braille.



Cercle extérieur classe d'intégration/cercle intérieur classe spécialisée

➔ Permettre une bonne transcription braille=> noir pour que les parents d'élèves puissent lire ce que leur enfant écrit lors de leurs exercices.

Travail à plusieurs en classes ou à l'extérieur

Le travail à plusieurs étant développé dans la partie 3.5 nous ne mentionnerons dans cette partie que les conclusions et les grandes phrases des élèves les illustrant.

Les élèves en intégration travaillant en groupe disent ne travailler qu'à l'extérieur des cours et décrivent ce dernier comme un travail duel consistant essentiellement dans une aide de compréhension et ou de prise de note. : « *Ben oui, on le fait en sorte que quelqu'un prenne toutes les notes, ils prennent les notes en noir et après je les fait retranscrire(...)comme ça je suis sûre de comprendre les questions parce que souvent les sujets ne sont pas très bien adaptés donc l'avantage c'est que quelqu'un peut m'expliquer l'énoncé et puis ça va beaucoup plus vite* ».

Cependant le travail en groupe en tant que tel ne semble pas faire partie des habitudes des élèves en classe d'intégration, celui-ci pouvant être considéré comme un problème supplémentaire à gérer: « *Je n'y vois pas l'intérêt, vue les problèmes rencontrés déjà avec le professeur je pense qu'avec deux trois élèves ça ne pourrait qu'empirer les choses* ».

Quant aux élèves en scolarité spécialisée un seul conçoit le travail en groupe comme il se doit i.e. un partage d'idées, une confrontation des points de vue et une division des tâches. : « *On met en commun nos idées, on se met d'accord et puis on travaille, il y en a un qui écrit et puis l'autre parle ou lui explique* ».

Pour les six autres élèves le travail en groupe peut être représenté plus comme un travail individuel réalisé dans un temps collectif, ce travail pouvant également prendre en compte l'aide d'un camarade c'est à dire expliquer son raisonnement ou le mettre sur des pistes pour résoudre le problème, le calcul... « *Avec mes camarades de classe sinon non, on s'explique comme ça entre nous chacun explique quelque chose à un qui n'a pas compris et puis voilà, mais bon on travaille surtout à deux* ».

Ce travail à plusieurs, cette aide réciproque, se déroule oralement par facilité, rapidité ou par non maîtrise des outils informatiques : « *En parlant, mais c'est vrai que l'on pourrait utiliser nos Iris il suffit de les brancher en réseau et voilà, mais on ne le fait pas très souvent...ça fait perdre du temps* ».

➔ Permettre de pouvoir travailler de manière rapide : par réseau, Internet.

3.2.2. Récapitulatif

Selon l'analyse des élèves, le futur logiciel devrait permettre d'avoir ces différentes fonctionnalités :

- Pouvoir travailler de manière rapide : par réseau, Internet,
- Une bonne transcription braille=> noir , noir=>Braille,
- Pouvoir positionner leur expressions algébriques en colonne ,
- Permettre de diminuer la charge mnésique lors de calcul complexe (accès rapide à une calculatrice, marquage des termes pour la simplification...),
- Faciliter le transfert de dossier du professeur à l'élève et de l'élèves à l'enseignant,
- Regarder pour le changement de code de fin du braille mathématique,
- La possible insertion automatique des signes.

3.3. Récapitulatif des entretiens des professeurs et des élèves

Avant de faire le récapitulatif des fonctionnalités espérées par la population cible de notre étude, nous souhaitions ajouter les conseils donnés par les enseignant et élèves à la fin des entretiens. Ainsi la dernière question formulée était : « *Si vous aviez un conseil à nous donner, quel serai il ?* », peu d'élèves ont répondu par contre quasiment tous les professeurs nous ont donnés un conseil :

« Ne pas leur demander d'écrire trop, il y a pas mal d'étapes qu'ils font mentalement et je me suis aperçue que le fait d'écrire plus que d'habitude, faire plus d'étape, ou autres choses les gênent plus que ne les aident...et qu'ils puissent avoir en permanence l'équation à réaliser, à calculer dans une fenêtre qu'ils puissent aller vérifier ça je pense que ce serait bien... ».

« Commencez un petit peu et faites tester je ne vois pas de meilleur conseil et faites le tester aussi bien au élèves qu'aux professeurs voyant et non et mal voyants, et que le logiciel soit attractif graphiquement pour le professeur en intégration et pour les camarades voyants ».

« Il faudrait peut être penser alors à une plage braille avec au moins deux ce serait déjà bien mais trois ce serait le mieux qu'on puisse avoir la notion de passer à la ligne, pour qu'ils n'aient plus besoin de calculer le 28ièm caractère ou espace et mettre le égal en dessous du égal ».

« Veillez à la compréhension du problème, de l'énoncé et pour que ce soit conçu dans la tête i.e. que l'énoncé des problèmes ou exercices fassent référence à des objets que les personnes aveugles aient déjà appréhendés, touchés ».

« Que les documents soient exploitables de l'un ou de l'autre coté qu'il n'y ait pas de problème pour les deux, c'est à dire que je ne sois pas obligé d'imprimer le document que je puisse donner une disquette ou une clef Usb et ça se terminerait là ».

« Et bien qu'il y ait une voix agréable , parce que les voyant ils ont la souris mais aussi les images alors pourquoi choisir entre la plage braille et la synthèse vocale. Il faudrait faire juste pareil que pour les voyants je pense ».

« Ce serait bien peut être de ne pas oublier l'insertion automatique des signe braille».

L'analyse des entretiens inter-groupes allant dans le même sens, les conseils étant en accord avec les grands points mis en exergue lors de l'analyse des entretiens, nous pouvons, donc,

récapituler la liste de fonctionnalités souhaitées pour le travail des expressions algébriques mathématiques (les fonctionnalités pour le travail de groupe étant vu en 3.5):

Les fonctionnalités :

- Intégrer une touche fonction permettant de rester dans une écriture braille mathématique, ou un autre code que l'espace pour faire comprendre aux logiciels la fin du braille maths(double espace),
- Un moyen de retranscription ou d'envoi en noir ou braille du document facilement du professeur à l'élève ou inversement,
- Que l'élève expérimenté puisse avoir accès à l'insertion automatique des signes mathématiques,
- La possibilité d'utiliser le braille abrégé,
- Pouvoir accéder en permanence à l'opération ou à l'énoncé de départ,
- Avoir la possibilité de disposer son opération en colonne ou en ligne,
- Avoir une calculatrice intégrée ou que celle-ci soit très facilement accessible et place le résultat automatiquement dans l'exercice en cours,
- Permettre de diminuer la charge mnésique lors de calcul complexe (accès rapide à une calculatrice, marquage des termes pour la simplification...),
- La possibilité d'obtenir une aide sur les symboles braille permettant de rechercher un symbole et de l'insérer directement dans le travail en cours.

Revendications et conseil :

- Qu'il ait une interface visuelle agréable,
- Une bonne transcription du noir au braille et vice versa pour l'envoi et la récupération en réseau des exercices,
- Faire attention dans l'emploi des termes
- Ne pas leur rajouter des étapes supplémentaires en comparatif à leur travail habituel.

3.4. Analyse d'observations

Les deux observations suivantes ont été réalisées dans une classe de 4^{ème} dans un établissement spécialisé oeuvrant pour l'intégration des personnes mal et non voyantes en lycée ordinaire.

Cette classe se compose de quatre élèves non voyants. Le professeur a comme particularité d'utiliser le tableau noir pendant ces cours. Le professeur explique cette utilisation comme étant une habitude ayant, en effet, travaillé dans un établissement scolaire ordinaire précédemment et par méthode pédagogique afin de cadrer, structurer les mathématiques:« *Enseigner à des enfants aveugles ne m'a pas empêché de toujours continuer à écrire au tableau..., c'est de toute façon structurant pour les élèves* » L'emploi du tableau noir peut être également interprété comme une aide pour le professeur, afin de structurer pour lui même son cours.

Tous les élèves utilisent un Iris : assistant personnel braille portable de 40 caractères fabriqué par Eurobraille²³. L'Iris comporte en standard :un traitement de texte avec abrégueur-désabrégueur (Readfast),pour les mathématiques le logiciel Readmath²⁴, un tableur de données, une calculatrice, un gestionnaire de fichiers, un navigateur Web,un connecteur réseau Ethernet, etc.

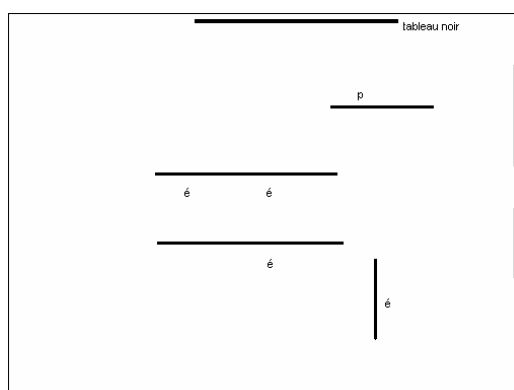
²³ http://www.eurobraille.fr/doctechique/iris_prod.htm

²⁴ <http://www.eurobraille.fr/doctechique/readmath.htm>



IRIS d'Eurobraille

La disposition de la classe est dessinée ci-dessous :



Ces deux analyses d'observations vont être présentées à l'aide d'un graphique. Celui-ci représente, la méthodologie de travail, ainsi que les moyens employés pour la résolution des équations. Vous trouverez la transcription des observations en annexe²⁵.

3.4.1. Analyse d'une résolution d'équation avec des puissances de dix

Le but de cet exercice était de résoudre une fraction avec des puissances de dix. Comme vous pouvez le voir sur le graphe ci-dessous, le professeur afin de faire comprendre l'exercice et les différentes étapes de calcul utilise :

-La mise en mot de la formule avec le code braille mathématique : « *on ferme le bloc on rajoute le bloc $20 \cdot 10^{10}$ on ferme le bloc* ».

-La scissure de l'équation en deux sous équations : celle avec les puissances et celle contenant les coefficients des puissances de 10. Le fait de scinder l'équation permet de simplifier et de résoudre partie par partie l'expression afin de mettre en évidence les particularités et les règles de résolution de chaque sous parties.

-L'emploi de terminologie mathématique

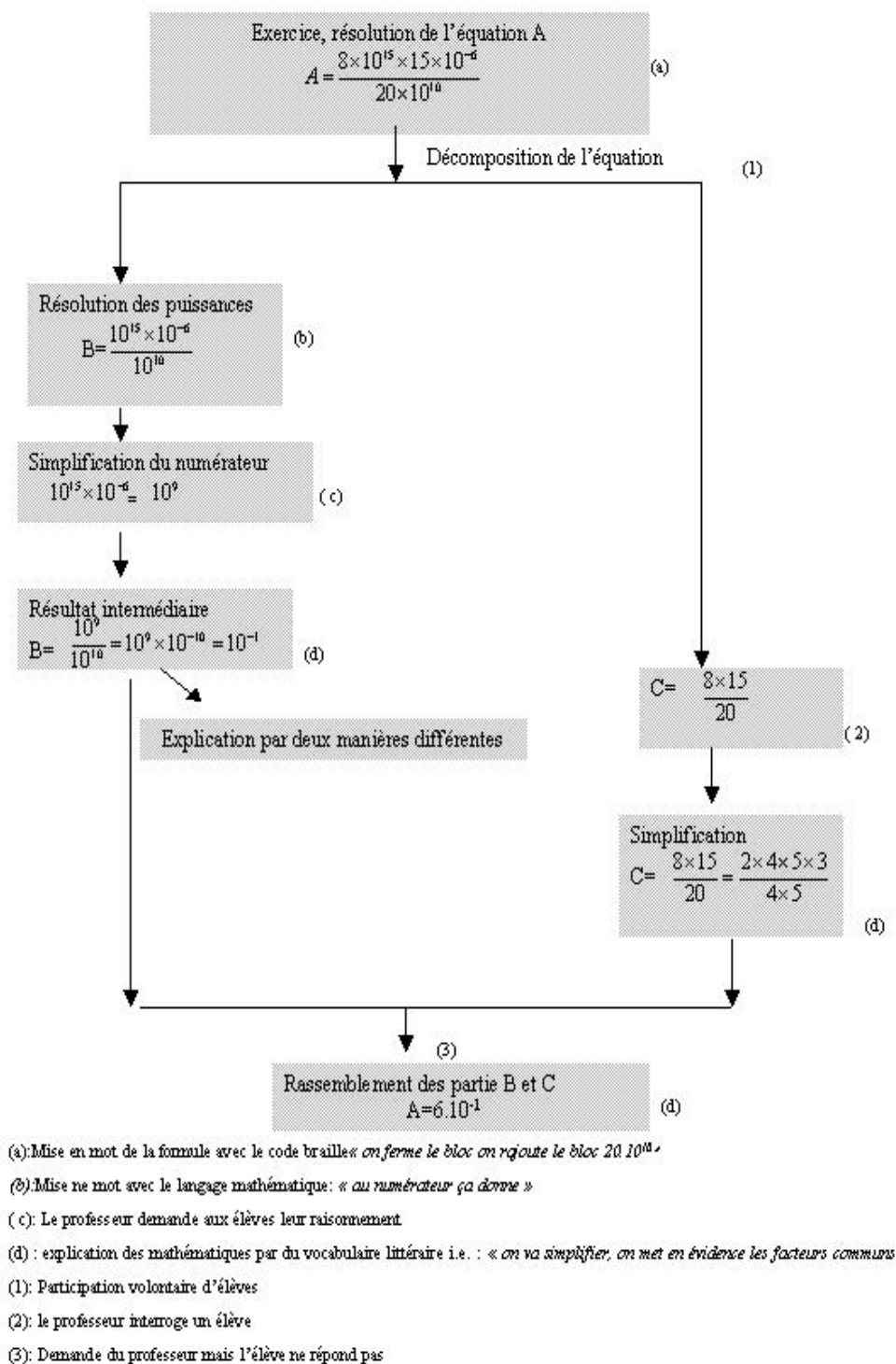
$$\frac{10^{15} \cdot 10^{-6}}{10^{10}} \begin{array}{l} \text{au numérateur} \\ \text{au dénominateur} \end{array}$$

-La mise en mot avec des termes plus littéraires, ou des explications sur les termes mathématiques « *on va simplifier, on va mettre en évidence les facteurs communs, alors un petit détail en maths on dit décomposer* ».

-Demande du raisonnement de l'élève : « *comment fais- tu pour calculer, simplifier les puissances ?* ».

-Le professeur explique différentes méthodes pour arriver au même résultat : « *autre méthode on peut multiplier par l'inverse $10^9 \cdot 10^{-10} = 10^{-1}$* ».

²⁵ Observations de résolution d'équations annexe n°11 et n°12



En ce qui concerne la participation des élèves celle-ci peut être volontaire ou provoquée par la demande du professeur. Les réponses volontaires insinuent une compréhension ou tout au moins une idée au raisonnement à avoir, quant à la non réponse elle exprime bien une incompréhension. Lors de cette incompréhension le professeur utilise alors, l'emploi d'un langage moins mathématique pour expliquer. « Je crois que vous avez une difficulté avec le 10^{-1} ... ; alors le 10^{-1} donc le 1 ça veut dire que le dix apparaît une fois ; et le 10^{-1} veut dire qu'il apparaît une fois au dénominateur ».

➔ Importance des termes utilisés pour les fonctions et les aides du logiciel

Permettre grâce à des fonctions de copier/coller de diviser en plusieurs parties une expression mathématiques trop complexe.

Pour la simplification, l'intérêt de mettre en exergue certains éléments venant d'être simplifier avec d'autres termes ayant le même coefficient.

3.4.2. Analyse d'une résolution d'un problème avec des notions de temps, de vitesse et de distance

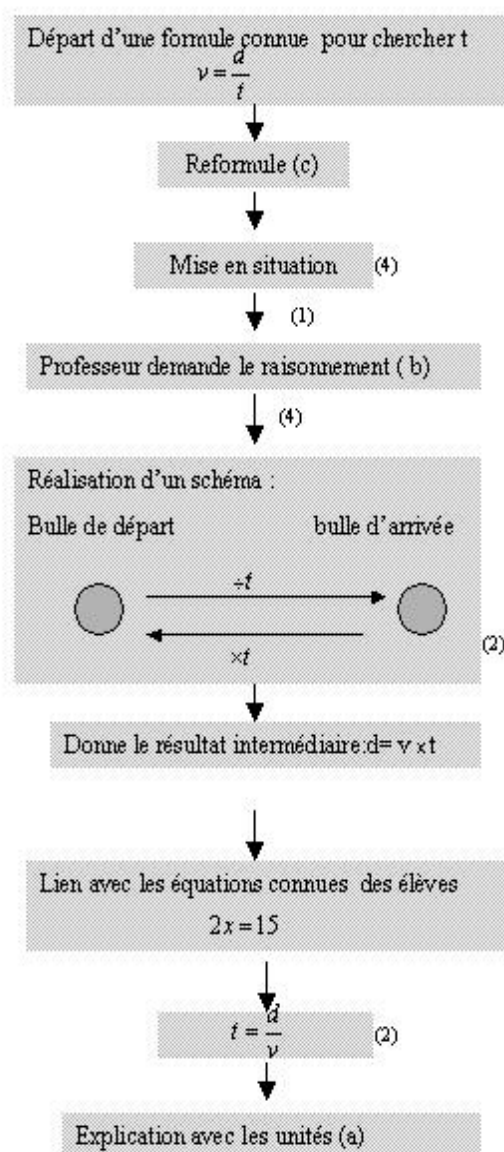
L'exercice en cours, sur la résolution d'un problème avec des notions de temps, de vitesse et de distance s'est divisée en trois grandes étapes :

-La première correspondant à la recherche de l'équation du temps lorsque l'on connaît la distance et la vitesse.

-La deuxième partie requiert la mise en mot de la solution trouvée.

-Et enfin, la dernière étape est la recherche de la formule $t=d/v$ par une méthode différente de celle de la règle de trois. Cette sous partie sera insérée à la première, celle-ci n'ayant d'importance que par son intérêt pédagogique.

La recherche de l'équation du temps lorsque l'on connaît la distance et la vitesse.



(a): Donne une autre manière de trouver le résultat

(b): Le professeur demande aux élèves leur raisonnement

(c): explication des mathématiques par du vocabulaire littéraire i.e.

(1): Participation volontaire d'élèves

(2): le professeur interroge un élève

(3): Demande du professeur mais l'élève ne répond pas

(4): Pas de réaction des élèves

Tout comme pour la résolution de fraction avec des puissances de dix, le professeur use pour faire comprendre aux élèves cette règle de trois de différentes méthodes :

-La re-formulation de l'exercice par des mots d'usages courant : « *Formule de maths $v=d/t$ Ce qui veut dire en un mot que si on connaît la distance et la durée on peut calculer la vitesse* », Celle ci ne provoquant pas de réponse des élèves le professeur utilise alors :

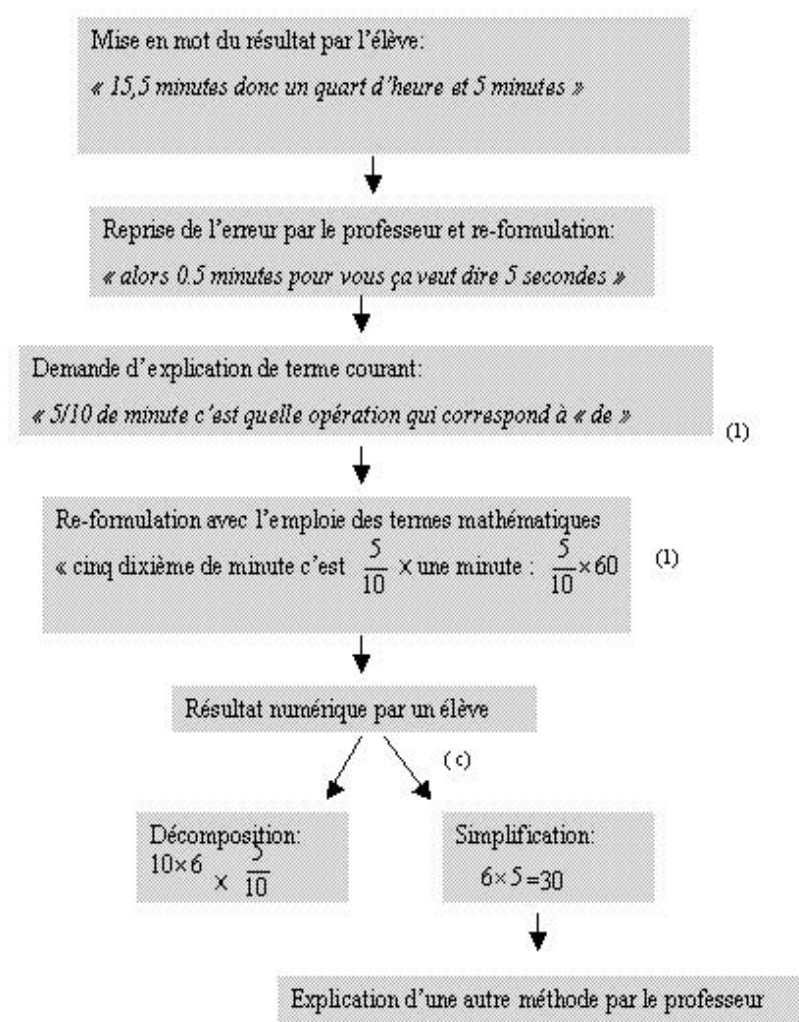
-La mise en contexte pour que l'élève trouve ça propre formulation : « *Si vous deviez exposer la situation à une personne extérieure du cours comment feriez-vous ?* ».

-Un dessin et une mise en mot de celui-ci pour mettre en exergue les opérations qui sont à l'œuvres.

-L'utilisation de type d'équation déjà connue et maîtrisée par l'élève afin que ce dernier puisse transférer ces connaissances d'un cas particulier à une généralité: « *Ce qui nous donne comme équation $12,4=0,8*t$, c'est la même chose que lorsque l'on faisait: $2x=15$* ».

-Enfin une fois la formule trouvée le professeur donne une deuxième méthode pour la retrouver : « *Alors on peut la retrouver soit en faisant le schéma des bulles de départ et d'arrivée mais aussi grâce aux unités* ».

La mise en mot de la solution trouvée



(a): Mise en mot de la formule avec le code braille

(b): Mise en mot avec le langage mathématique

(c): Le professeur demande aux élèves leur raisonnement

(d): explication des mathématiques par du vocabulaire littéraire

(1): Participation volontaire d'élèves

(2): le professeur interroge un élève

(3): Demande du professeur mais l'élève ne répond pas

Le professeur comme nous pouvons le voir encore une fois, utilise les mêmes moyens pour expliquer et surpasser les difficultés que peuvent avoir les élèves. Ce professeur insiste bien sur l'explication et la compréhension de la terminologie mathématique. Il fait très attention à ce que l'élève puisse expliciter son raisonnement et enfin donne toujours une deuxième façon de pouvoir atteindre le résultat.

→ Intérêt pour un logiciel comprenant des aides pédagogiques d'insérer les différentes manières de trouver un résultat.

- Importance d'employer des termes mathématiques précis pour la synthèse vocale

3.4.3. Récapitulatif

D'après l'analyse des observations le futur logiciel devrait permettre d'avoir ces différentes fonctionnalités :

- Permettre grâce à des fonctions de copier/coller de diviser en plusieurs parties une expression mathématiques trop complexes.

- Pour la simplification intérêt de mettre en exergue certains éléments en mettant en relief les termes avec les mêmes coefficients.

Conseil :

- Une attention particulière quant à l'utilisation des termes employés pour les fonctions et les aides du logiciel.

3.4.4. Fonctionnalités utiles pour le travail sur les formules mathématiques

Le but principal est de développer un environnement de travail qui facilite l'accès aux expressions mathématiques textuelles ainsi que leur manipulation i.e. le calcul, la simplification... (L'université Pierre et Marie Curie se concentre sur les expressions textuelles; les représentations graphiques: graphes, diagrammes, géométrie étant travaillé par d'autres membres du projet Micole).

Cet outil sera un lieu de travail et non un tuteur informatique. Il ne mettra ni ne corrigera pas les erreurs de l'élève.

D'après l'analyse des observations il devrait permettre :

- Chaque étape de calcul soit rangée dans un champ d'édition à plusieurs lignes ou dans des fenêtres séparées mais accessibles les unes entre elles par simple commande.

- Le champ d'édition permettant à l'étudiant de pouvoir stocker son résultat intermédiaire devra intégrer une fonction pour ajouter ce résultat directement à la fin de la somme finale, et exécuter le saut retour vers l'exercice.

- Les termes qui ont été regroupés pour une simplification devront être soit enlevés du calcul soit marqués comme déjà traités.

- Donner la possibilité à l'élève d'écrire sa formule en colonne ou en ligne selon ces besoins.

- Permettre de scinder l'expression numérique pour la simplifier.

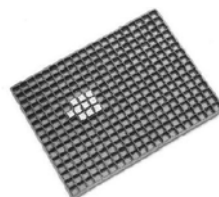
3.5. *Analyse d'une observation lors d'une résolution de problème en groupe*

L'observation du travail en groupe a été réalisée dans une classe de CM1-CM2 dans un établissement spécialisé accueillant que des personnes handicapées visuelles. (vous retrouverez en annexe la transcription de cette observation²⁶).

Le jour de l'observation sept élèves étaient présents, le huitième étant malade. Tous les élèves non-voyants(6) et malvoyants(2) sont brailleux. Ils utilisent en classe des livres en braille, des cubarithmes (Plateau en plastique à cases servant pour l'apprentissage de l'arithmétique et de l'algèbre, qui s'utilise avec des cubes en relief) et la Perkins. (ci-dessous vous pouvez apercevoir ces matériels).

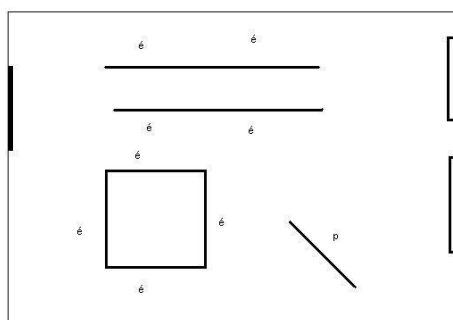


Machine Perkins



Cubarithme

La disposition de la classe est décrite ci-dessous, celle-ci ne changeant pas lors du travail en groupe les élèves restant à leur place habituelle. Pendant ce travail le professeur ne reste jamais statique derrière son bureau au contraire il se déplace entre les tables des élèves.



3.5.1. Comparatif entre le travail en groupe et le travail en groupe observé

Comme nous l'avons déjà défini le travail en groupe réunit des élèves dans un petit groupe afin de réaliser une tâche commune. La mutualisation des tâches permettant notamment de réaliser des productions qu'un élève seul ne serait pas en mesure de faire du moins dans le temps imparti.

Le groupe de travail a des fonctions et des lois internes comme la production, le respect de la parole de l'autre, la participation de chacun, parler chacun à son tour, entrer dans la confrontation des points de vue...

Une répartition des tâches pour chaque membre est déterminée soit par le professeur soit par les élèves eux-mêmes. Ces rôles sont les fonctions déterminées qu'une personne est amenée à réaliser dans le groupe, dans le but de contribuer à la finalisation du projet.

²⁶ Résolution de problème en groupe annexe n°13

Pour commencer tout travail en groupe il est nécessaire de formuler les objectifs du projet pour que chaque élève sache la tâche qu'il doit accomplir, de décrire la production attendue et enfin de préciser le temps pour le réaliser.

Mise en place du projet

Lors de l'observation le professeur donne les références du travail à effectuer et demande à quelques élèves, chacun à leur tour de lire une partie du problème. Celui-ci lu, l'enseignant s'assure alors que tous les termes de l'énoncé sont bien connus et compris des enfants et répète l'objectif de l'exercice.

La production et le temps ne sont pas explicitement cités néanmoins ils sont connus de manière implicite par les élèves puisque ce travail doit se faire dans le temps du cours de mathématique à savoir une heure et que le devoir sera écrit, selon les habitudes, par chacun sur feuille individuelle.

→ La production finale est individuelle, une copie par élève.

Constitutions des groupes.

Le travail groupal est effectué non pas en petit groupe mais par la classe entière c'est à dire sept élèves. La tâche à réaliser est un problème avec additions de chiffres décimaux (les CM1 et CM2 sont mélanger, les CM1 n'ayant pas encore vu les additions à virgules, contrairement à leur aînés).

→ Il n'y a pas de véritable création de groupe, le groupe étant celui de la classe.

Répartition des rôles dans le groupe

La résolution du problème se fait de manière collective, tous les élèves participant à l'identification du problème, émettant des suggestions.. Néanmoins, celle-ci n'a pas fait l'objet entre les élèves de sous divisions des tâches, chaque points du problème étant soumis à l'ensemble de la classe.

→ Ici, nous pouvons parler d'un travail collectif avec une « réflexion individuelle groupale ».

Règles interne du travail en groupe

Au cours de cette résolution de problème l'investissement de chaque élève c'est fait ressentir. Ainsi tous les élèves sont intervenus de façons assez spontanée, la prise de parole se faisant tour à tour, chaque élève étant respectueux de la parole de ses camarades (les élèves ne se coupent pas la parole, ne se moquent pas de l'autre...).

→ Bonne dynamique et bonne participation de la classe, les règles de travail en commun sont respectées.

Cette résolution de problème ne peut être qualifié d'après ce comparatif à un travail collaboratif. Ainsi outre la participation orale de chaque élève, le respect des manières de bienséance d'un échange ainsi que le but commun : la résolution de l'exercice, ce travail ne regroupe pas les grands points définissant ce type de travail : constitution de groupe, sous-division des tâches.

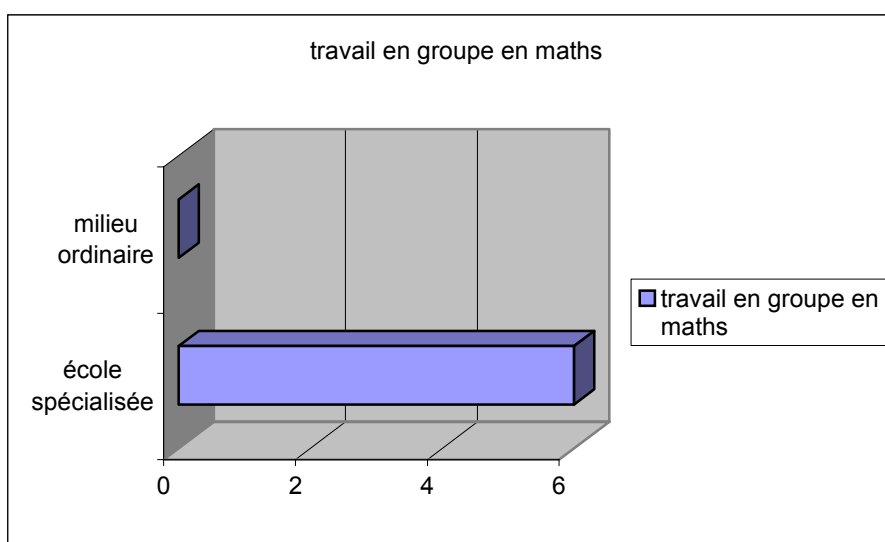
N'ayant qu'une observation de travail en groupe nous ne pouvons pas nous permettre de tirer des hypothèses sur le fonctionnement de travail collectif en mathématique avec des personnes déficiente visuelle. Nous utiliserons également les entretiens des professeurs et des élèves. Ceux-ci nous permettrons, en effet, d'épaissir notre recherche d'hypothèses et de pouvoir comparer l'observation aux ressentis des professeurs et élèves de la classe.

3.5.2. Comparatif entre l'observation et les entretiens

Dans un premier temps nous présenterons un graphique et un tableau récapitulatif des différents dires des professeurs puis des élèves sur ce thème, nous en ferons le comparatif pas la suite.

Point de vue des professeurs

	Ecole spécialisée	Milieu ordinaire
Travail en groupe	-Oui parfois pour les devoirs à la maison, et sinon en classe non pas trop ou juste avec le voisin d'à côté. Ils s'aident mutuellement -Je les fais travailler ensemble pour les angles, pour l'utilisation du rapporteur je les mets par équipe de deux un dessine un angle et l'autre doit le mesurer. -On travaille beaucoup ensemble, pas forcément par petit groupe ils travaillent tous ensemble. Ils verbalisent, ils explicitent, ils doivent donner leur démarche aux autres -C'est un transfert d'information brut -Le travail en groupe mais je le qualifierais plus par du travail individuel en groupe i.e. que le plus fort aide le plus faible soit en lui donnant des indices soit en lui donnant la réponse ; il n'y a pas vraiment d'échange de manière de penser d'explication... -Lorsque l'on travail en maths on dit tout ce que l'on fait par oral	Aucune collaboration <u>Raison</u> : -Quand un de ses camarades est au tableau il faut arriver à leur faire dire tous les points qu'il y a sur la courbe ou lui demander de décrire tout ce qu'il fait. - C'est une petite très solitaire



Comme nous pouvons le constater faire travailler les élèves en mathématique à plusieurs ce fait plus dans le milieu spécialisé que dans le milieu ordinaire. Ce décalage entre les deux

domaines éducatifs peut être expliqué par diverses hypothèses comme le nombre d'élèves par classe, qui passe du simple au triple, l'intégration de l'élève au sein de sa classe...

Mais d'après les commentaires des professeurs peut-on réellement parler de travail en groupe, ainsi ils définissent ce travail comme :

-Un travail en binôme ou bien avec la totalité de la classe,

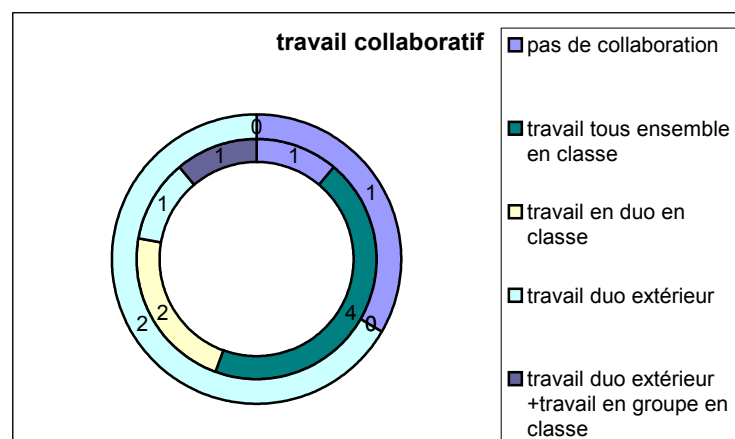
-Les élèves expliquent leur cheminement de pensée, leur résultat, aide un camarade.

Ici, les professeurs font participer les enfants au cours et laissent une place importante à la réflexion personnelle à haute voix, mais il ne semble pas y avoir d'idée du groupe de but collectif, d'échanges mutuels et constructifs.

➔ Pour reprendre l'un des professeurs ce travail à plusieurs, décrit précédemment, pourrait plus être qualifié de « *travail individuel en groupe* ».

Point de vue des élèves

	Ecole spécialisée	Milieu ordinaire
Travail en groupe	1 élève - Pas de travail en groupe "Je sais pas c'est que ça ne s'est pas présenté 8 élèves Travaillent en groupe soit l'ensemble de la classe soit deux par deux : -on travaille par deux ou trois après on donne le résultat -travailler en groupe c'est la même chose que de travailler tout seul ... on peut juste parler plus fort -on travaille en même temps on est toujours en petit groupe on travaille sur les mêmes problèmes mais chacun sur son Iris et après le professeur nous interroge -on le fait en même temps ou deux par deux on parle doucement -en groupe on travaille à haute voix sinon c'est du travail chacun pour soi vue que l'on écrit dans ces cas là -j'aime bien travailler en groupe parce qu'il y a tout le monde tout le monde peu donner son avis -on s'explique comme ça entre nous chacun explique quelque chose à un qui n'a pas compris -On met en commun nos idées, on se met d'accord et puis on travaille, il y en a un qui écrit et puis l'autre parle ou lui explique	1- pas de travail en groupe raison: vue les problèmes rencontrés déjà avec le professeur je pense qu'avec deux trois élèves ça ne pourrait qu'empirer les choses (habitude du mutisme) 2- travail en groupe mais souvent que par deux : -on le fait en sorte que quelqu'un prenne toutes les notes... et après je les fait retranscrire... comme ça je suis sûre de comprendre les questions - je travaille avec une personne mais c'est rare... ça me permet de mieux comprendre même



Cercle extérieur classe en scolarité ordinaire/ intérieur classe spécialisée

Allant dans le même sens que les professeurs, les élèves en intégration disent travailler en groupe qu'à l'extérieur, ce travail est duel et consiste essentiellement dans une aide de compréhension et ou de prise de note.

Quant aux élèves en scolarité spécialisée, un seul conçoit le travail groupal comme il se doit i.e. un partage d'idées, une confrontation des points de vue et une division des tâches. Pour les six autres élèves le travail en groupe peut être représenté plus comme un travail individuel réaliser dans un temps collectif, ce travail pouvant également prendre en compte l'aide d'un camarade c'est à dire expliquer son raisonnement ou le mettre sur des pistes pour résoudre le problème, le calcul...

→ Ce travail pourrait être qualifié d'aide et ou d'expression de son point de vue, de son résultat.

En ce qui concerne plus précisément les élèves et le professeur concernés par l'observation (qui sont mis en gras dans le tableau) leur description concorde relativement bien avec l'observation effectué pour la façon de travailler à savoir : une résolution d'exercice individuelle avec une mise en commun des idées et des résultats : *« travailler en groupe c'est la même chose que de travailler tout seul ... on peut juste parler plus fort »*. Cependant en ce qui concerne le groupe en lui même l'observation portait sur la participation de l'ensemble de la classe n'ayant pas de groupement par trinôme ou binôme. Néanmoins l'effectif du groupe n'a pas l'air d'influencer la manier de travailler à plusieurs : *« on le fait en même temps ou deux par deux on parle doucement »*.

3.5.3. Récapitulatif et conclusion sur le travail collaboratif

Pour résumer le travail « en groupe » que nous avons eu l'occasion d'observer ainsi que ceux décrit lors des entretiens ne correspondent pas à un réel travail de groupe. Nous pouvons parler plus d'un travail individuel mis en commun avec une bonne dynamique de classe, et une grande habitude à respecter la parole de l'autre ainsi que de la prendre en compte. Mais ce dernier point n'est il pas inhérent au handicap visuel ? Ainsi pour expliciter son travail la personne déficiente visuelle à l'heure actuelle se sert essentiellement de la parole.

En ce qui concerne le travail en groupe dans les classes d'intégration, nous avons pu constater qu'il ne se passait qu'à l'extérieur des cours et qu'il avait comme but principal les explications des exercices ou la prise de note. Ces deux fonctions de travail à plusieurs ainsi que la réflexion du troisième élèves : *« vue les problèmes rencontrés déjà avec le professeur je pense qu'avec deux trois élèves ça ne pourrait qu'empirer les choses »* mettent bien en

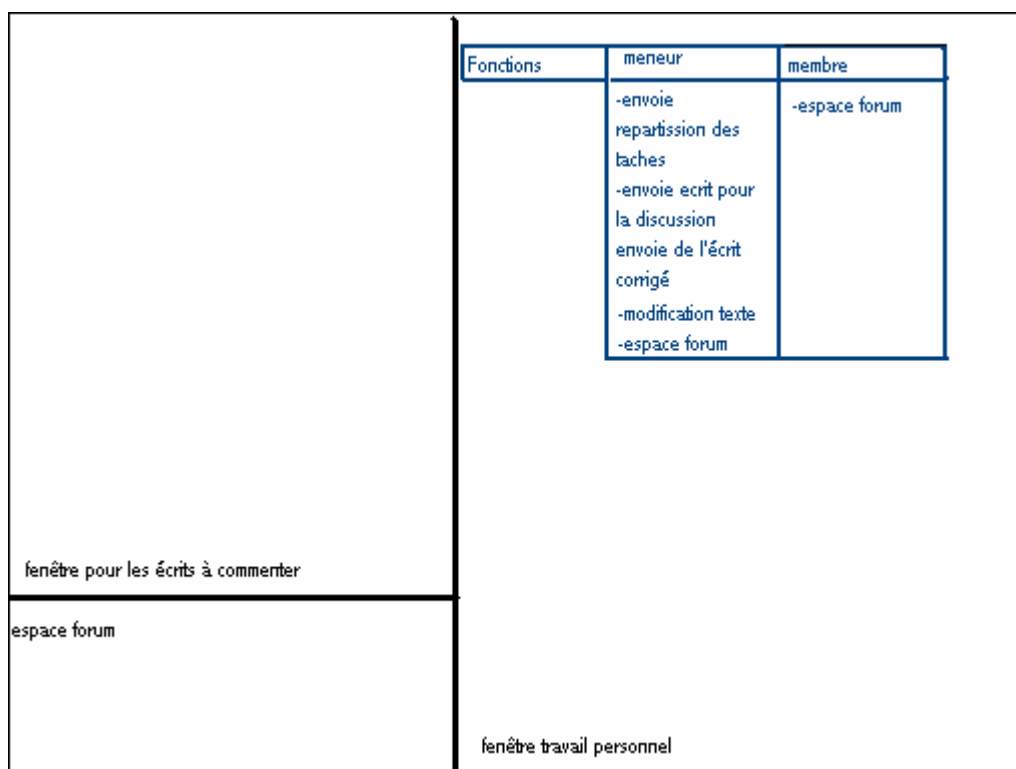
exergues le manque d'outils adéquat pour pouvoir réaliser des mathématiques ainsi que pour pouvoir les travailler à plusieurs.

3.5.4. Fonctionnalités utiles pour le travail en groupe

Pour le travail en groupe le logiciel devrait pouvoir comporter différentes fenêtres:

- Une fenêtre statique où serait écrit les consignes du travail de groupe,
- Une fenêtre avec la répartition des taches de chaque membre du groupe,
- Une fenêtre dynamique partagée en trois sous partie :
 - Une prenant la moitié de la page, pour le travail spécifique de la personne,
 - Une petite pour la partie forum, discussion,
 - Une partie pour que le meneur du groupe puisse envoyer son écrit afin de demander aux autres leurs critiques, leurs modifications, leurs acquiescements.
- Une fenêtre pour les écrits du groupe où le meneur puisse déposer les divers écrits déjà validé par les membres.

Nous entendons par meneur de groupe la personne ayant la main sur la partie de gauche de la fenêtre interactive i.e. celle qui peut mettre divers écrits dans cette partie et donc montre son travail, ses idées aux autres membres du groupe. Il nous paraît, en effet, obligatoire de différencier au niveau du logiciel une personne qui ait plus de pouvoir que les autres. Ce pouvoir permettrait d'avoir la possibilité d'organiser les commentaires et les écrits, ainsi, un seul membre a la possibilité de disposer des éléments dans la partie dynamique, les autres ne pouvant que donner leurs avis. Ce meneur peut bien entendu changer en fonction les besoins du groupe et l'avancement des divers membres, le changement de meneur étant rapide grâce à l'espace forum.



Deux différents types de fonctions sont utiles selon le type d'établissement scolaire.

- Milieu ordinaire classe intégration (synthèse vocale ou projecteur nécessaire → élèves mal ou non voyant devant pouvoir partager et obtenir des informations de ses camarades voyants)
- Classe spécialisée (plage braille, synthèse vocale pour jeux de groupe, partage d'informations avec des non ou mal voyants).

3.5.4. a. classe spécialisée

- Possibilité de prendre la main pour effectuer des modifications sur le travail réalisé → répercussion immédiate dans les afficheurs de textes,
- Historique des opérations avec qui quand ou,
- possibilité de pointage d'un objet et de répercussion dans les afficheurs des autres élèves.

3.5.4. b. classe d'intégration

- Transcription parfaite du noir au braille et braille au noir (synthèse vocale, fenêtre de transcription double sens, câble réseau),
- Difficulté édition graphique (calculs, dessins, cartes...).

4. Quelques lignes directrices pour un cahier des charges

4.1. Méthode d'évaluation et processus de conception des aides techniques

4.1.1. Introduction

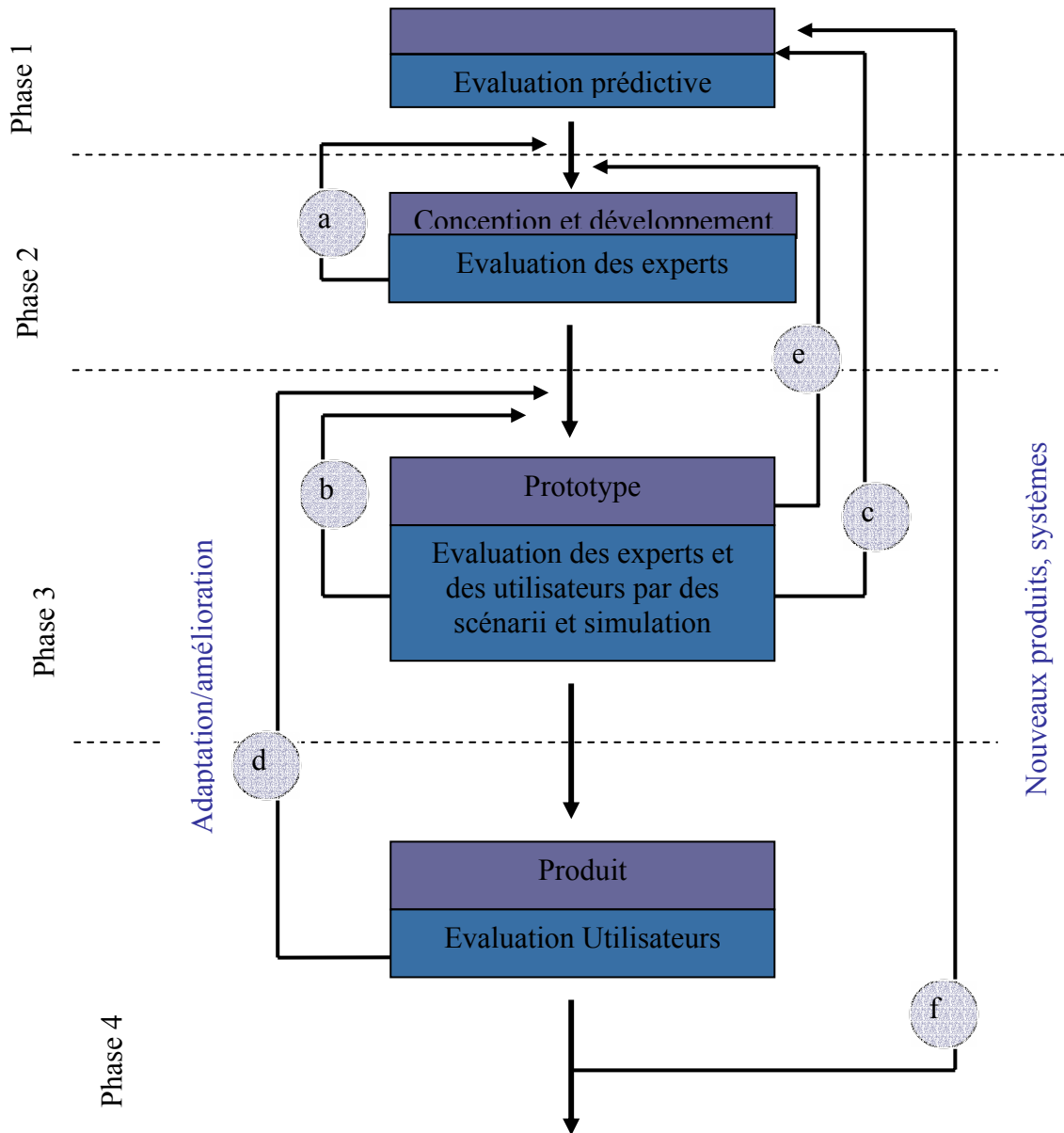
L'implication des utilisateurs dans les diverses phases de conception d'une aide technique est primordiale pour augmenter la conformité entre les besoins d'une population et le développement d'un produit et de ce fait pour augmenter la chance de voir le système utilisé par la suite.

Le développement de produits et de services doit être organisé de telle sorte que les utilisateurs puissent donner leurs avis sur les adaptations à réaliser et à apporter. Pour ce faire l'évaluation d'une aide technique fait appel aux utilisateurs avant, pendant et à la finalisation du produit.

Ces évaluations sont également étroitement liées au processus de développement et de l'état d'avancement de ce dernier. A chaque phase de développement correspond donc une évaluation, une analyse. Le schéma suivant synthétise ces différentes phases et met en exergue le rôle des utilisateurs dans chacune d'elles.

4.1.2. Les différentes phases

La méthode d'analyse peut se diviser en quatre sous partie :



Pour le processus de validation

Figure : processus de développement

Phase 1 : analyse des besoins

La première phase est basée sur l'analyse des besoins. Elle est utilisée afin de concevoir et d'effectuer des évaluations prédictives sur les besoins réels de la population visée. Cette phase précède n'importe quel processus, et doit être effectuée avec minutie car

elle permet de mettre en exergue les attentes des futurs utilisateurs et de ce fait être le guide des travaux vers la conformité des produits avec les besoins.

Les résultats de cette première phase sont la base sur laquelle les concepteurs et les développeurs doivent appuyer leurs travaux.

Phases 2 : développement et intégration

La deuxième phase d'analyse est réalisée parallèlement au développement. Cette phase d'évaluation itérative de l'aide technique vise à améliorer cette dernière. Elle permet d'étudier le niveau d'adéquation entre la logique d'action de l'utilisateur et la logique de fonctionnement du système. Cette évaluation peut prendre plusieurs aspects :

Une évaluation du concept visant à détecter les défauts de ce dernier

Une évaluation de la conception afin de choisir entre des alternatives de conceptions.

Phase 3 : pré-mise en situation

A l'inverse de la phase deux, qui ne nécessite pas la participation des utilisateurs, la phase trois repose sur l'observation des utilisateurs lors de l'interaction avec le prototype.

L'évaluation d'une aide technique avec les utilisateurs est un élément clef afin de pouvoir améliorer et adapter cette dernière. Cependant cette phase aux contacts des utilisateurs ne peut s'effectuer avant d'avoir une version suffisamment stable et sécurisée du produit.

Phase 4 : mise en condition réel

La dernière phase d'évaluation est la phase de mise en situation réelle. L'évaluation à ce stade permet un diagnostic d'emploi de l'aide technique et une validation lors de l'utilisation par les divers utilisateurs dans leur environnement quotidien. Cette phase vise à faire sortir les dernières améliorations et permettent de contrôler les performances avant la commercialisation.

4.1.3. Le cahier des charges émanant de l'analyse des besoins

Le travail que j'ai effectué durant mon stage s'est porté essentiellement sur l'analyse des besoins. Comme nous venons de le rappeler cette analyse consiste, grâce à des analyses d'observations en milieu « naturel » ainsi qu'à des entretiens avec la population cible, d'émettre de grandes prédictions sur les besoins réels de la population visée.

Les résultats de ces analyses vont constituer les grandes lignes du cahier des charges de la future aide technique.

Ce cahier des charges va être la trame sur laquelle les concepteurs vont se référer afin de coordonner leurs travaux avec les attentes des sujets.

Ce cahier des charges contient :

- Le public visé (type de handicap, population)
- Le ou les fonctions du système
- Un descriptif du système
- Les ressources disponibles et requises
- Les contraintes d'utilisation

Nous aborderons de manière plus détaillées ces différents points dans la sous partie suivante.

4.1.3. a. Le public visé (type de handicap, population)

Les personnes visées par le projet Micolé, comme nous avons déjà pu le voir, sont des élèves non ou mal voyants, leurs camarades de classe aussi bien dans un milieu scolaire ordinaire que spécialisé, ainsi que les parents et les professeurs. Ces populations n'englobent pas les personnes pouvant avoir des handicaps autres que la vue associés (problème de lenteur, problème cognitif, surdité...).

Le travail spécifique de l'université Pierre et Marie Curie, en étroite collaboration avec l'université de Linz, vise tout particulièrement l'accès aux expressions mathématiques des élèves non ou mal voyants, brailleux, scolarisés entre le primaire et l'université.

En résumé la population du futur logiciel décrit ci-dessous est

- Une personne non ou mal voyante brailleuse, âgée de 6 à 20 ans sans trouble associé,
- Son professeur de mathématique,
- Un tiers (pair, membre de la famille).

4.1.3. b. Le but et les fonctions du système

Le but principal est de développer un environnement de travail facilitant l'accès aux expressions mathématiques textuelles ainsi que leur manipulation (le calcul, la simplification...) Les fonctionnalités utiles pour le travail de groupe seront rajoutées aux fonctionnalités spécifiques du logiciel pour l'accès aux mathématiques dans un second temps. Cet outil sera un lieu de travail et non un tuteur informatique. Il n'interprétera en aucun cas les mathématiques, i.e. qu'il ne mettra pas les erreurs en évidence afin de ne pas mâcher le travail de l'élève.

Avant de noter nos hypothèses de fonctionnalités nous souhaitons noter quelques principes qui doivent être pris obligatoirement en compte si nous voulons réaliser une aide technique dont les futurs utilisateurs aient envie de se servir.

Qu'elle soit simple d'utilisation,

Que son utilisation soit rapide,

De ne pas oublier le confort (confort de lecture par exemple) de l'étudiant aveugle au profit du confort des professeurs (rapidité de transcription),

Que ce logiciel soit compatible avec n'importe quelle plage braille.

Il devra permettre:

- D'écrire du texte,
- D'écrire des formules,
- De se déplacer dans la fenêtre d'écriture (avec des raccourcis claviers particuliers pour avoir le haut de la page ou sa ligne d'écriture),
- De structurer ses écrits (Titre, sous titre, paragraphe),
- De recopier automatiquement la formule, ou une partie de la formule,
- De pouvoir modifier, supprimer ou insérer des lignes,
- D'être graphique pour le professeur, parent ou camarade voyant, donc posséder une bonne transcription en noir,
- D'avoir accès à des aides (pour la simplification, le positionnement du calcul, etc.),
- De permettre la mise en relief d'un élément (pour l'aide à la simplification),
- D'avoir accès à une fenêtre de brouillon (type cubarithme),
- D'avoir accès à une calculatrice avec une fonction de copier/coller,
- D'avoir accès à une aide sur les symboles braille permettant de rechercher un symbole et de l'insérer directement dans le travail en cours
- De pouvoir rester dans le code braille mathématique même en insérant des espaces.

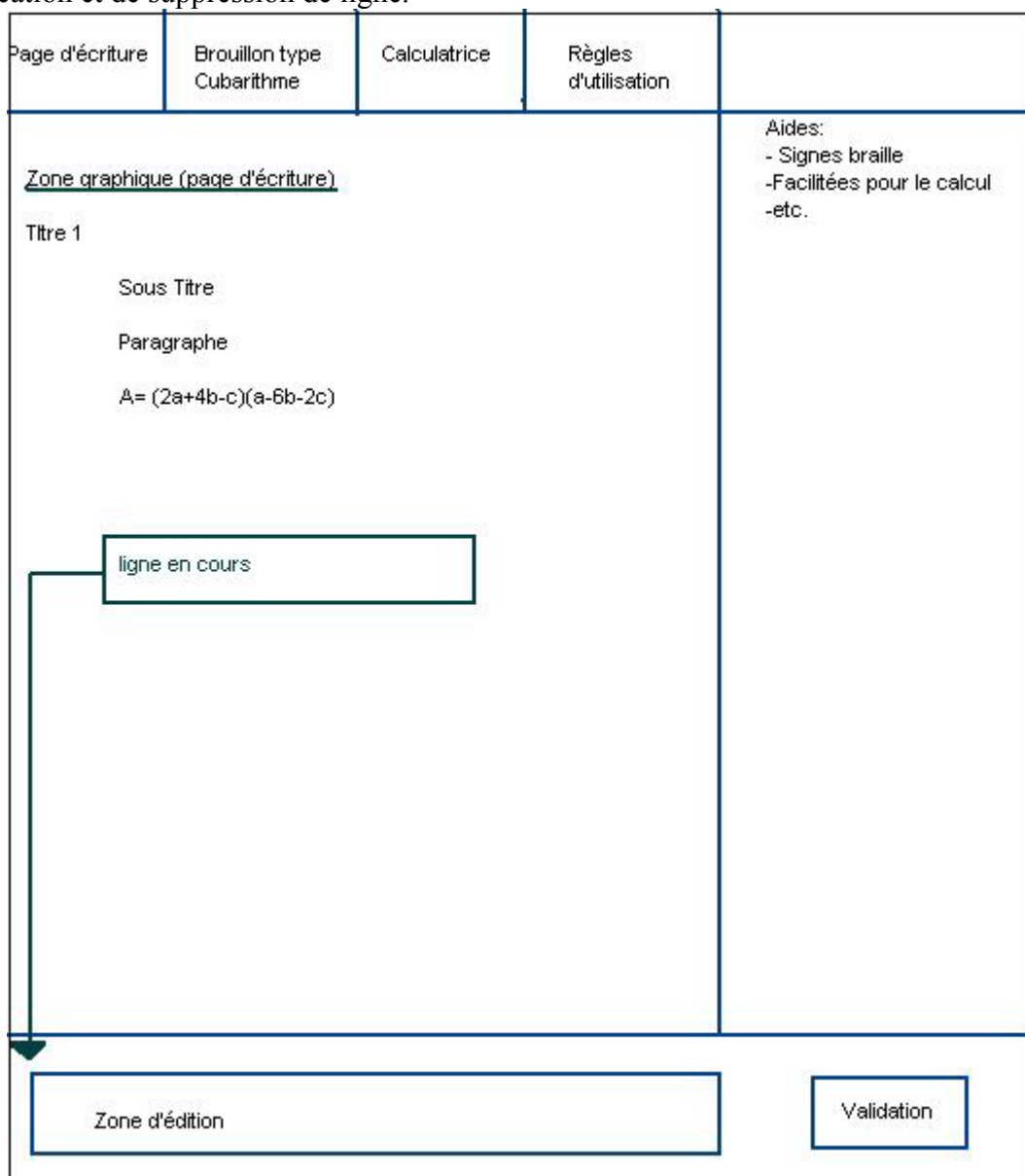
Le paragraphe suivant présentera à l'aide d'un graphe la structure du logiciel. Seront ensuite décrites les différentes fonctionnalités citées ci-dessus ainsi que les moyens pour leur mise en œuvre.

4.1.3. c. Un descriptif du système

La description du logiciel, ses différentes fonctionnalités ainsi que leurs moyens afin d'y accéder (raccourci clavier, fonctions aides) ne sont pour le moment que des hypothèses. Elles seront, par la suite, tester auprès de la population cible afin de savoir leurs préférences.

La fenêtre principale du logiciel devrait se présenter comme ci-dessous, i.e :

- Avec une grande page d'écriture graphique (pour le professeur, les parents, les camarades) que l'élève pourra structurer avec des titres, sous titres et paragraphes,
- En haut de cette dernière ce trouva des fonctions donnant sur des fenêtres : des fenêtres de brouillon, pour accéder à la calculatrice et pour les règles d'utilisation,
- Toute la partie de droite sera réservée aux diverses aides proposées,
- Tout en bas de cette page, se trouvera la ligne d'édition représentant la ligne en cours de rédaction, lecture, calcul...
- Et enfin, une touche validation, en bas à droite, qui servira lors d'insertion, de modification et de suppression de ligne.



Plus concrètement dans cette fenêtre d'écriture, l'élève pourra écrire du texte et des expressions mathématiques. Il aura la possibilité de structurer ces écrits et de se déplacer dedans grâce aux flèches clavier. Des raccourcis clavier existeront également pour permettre à l'élève d'aller très rapidement du haut de sa page à sa ligne en cours.

L'élève pourra rester dans le code braille mathématique d'un paragraphe à l'autre. Ainsi, si le premier paragraphe contient des expressions numériques, par défaut le paragraphe suivant restera en code braille mathématique (l'élève n'ayant plus besoin de remettre les codes spécifiques de début de mode maths) . Cependant si l'élève souhaite retourner au braille littéraire il ne lui suffira que de sauter une deuxième ligne ou bien se servir d'une touche de fonction et/ou d'un raccourci clavier pour changer de code.

Des fonctions de copier/coller donneront la possibilité à l'élève dans un premier temps de pouvoir reprendre une ligne entière, la modifier ou l'enlever de la fenêtre. Ces modifications seront toujours précédées d'une demande de validation, grâce à la touche validation, située en bas à droite.

Dans un deuxième temps, ces facilités, pour copier/coller, permettront à l'étudiant de pouvoir recopier toute la formule ou une partie de celle-ci et aller dans les fenêtres de brouillon ou de calcul.

La fenêtre de brouillon se présentera comme un cubarithme permettant à l'élève, de positionner en colonne son expression algébrique. Cette fenêtre tout comme celle pour l'accès à la calculatrice permettra une insertion automatique du calcul, du résultat ou tout simplement des fonctions pour le retour à la fenêtre initiale ou à l'annulation de ce qui vient d'être fait.

Brouillon

A	B	C	D	E	F

Positionner le calcul

Calculer

Insérer le calcul

Insérer le résultat

Annuler

Retour à l'exercice

zone d'édition

En ce qui concerne les diverses aides apportées à l'étudiant elles pourront être activées ou pas selon l'exercice à réaliser et le niveau de connaissances et de compétences de l'utilisateur. En

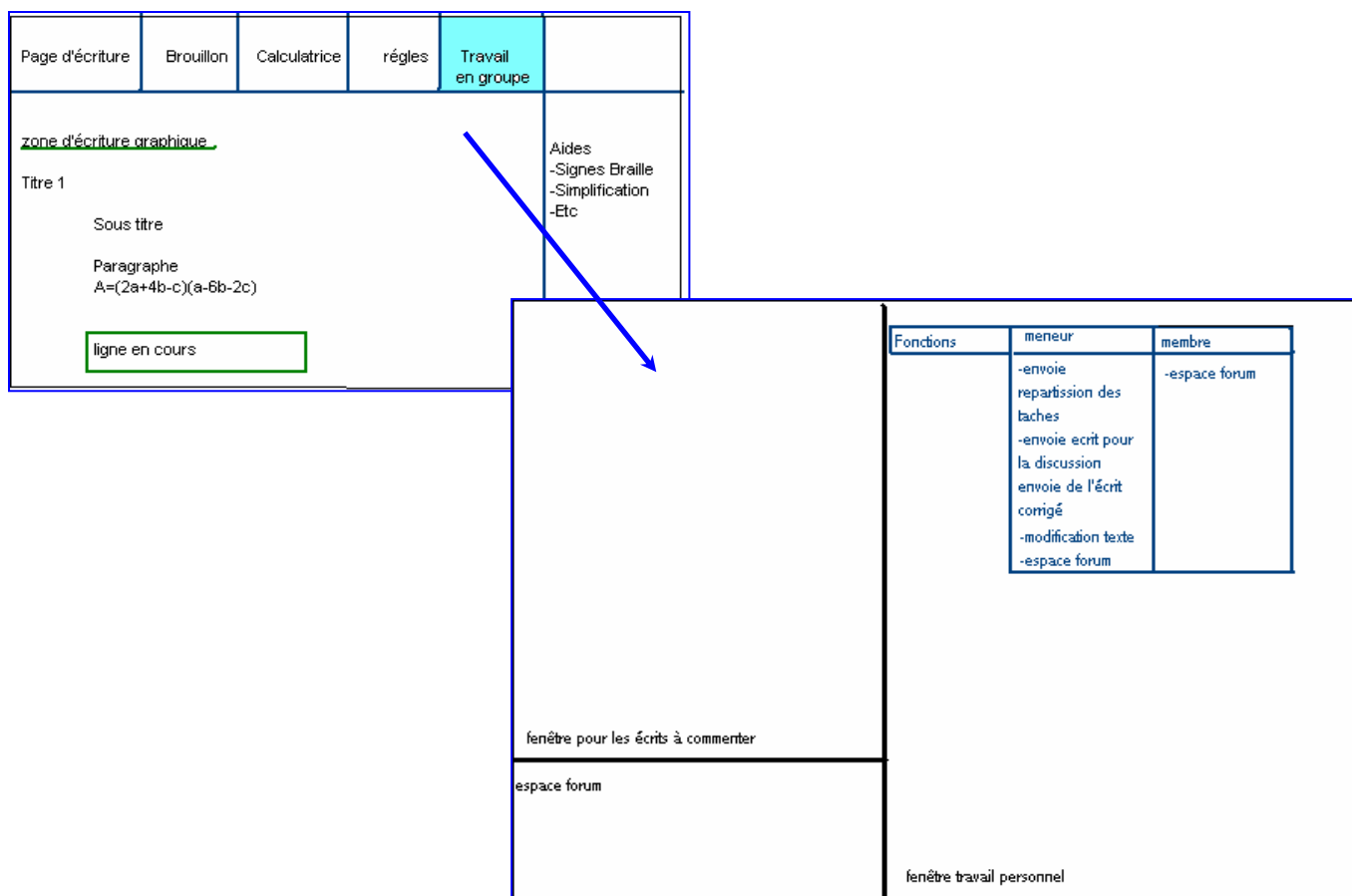
effet, l'aide devra être offerte à l'étudiant seulement si il a déjà acquis les compétences pour réaliser seul cette tâche. Ces aides comprendront en outre une facilitée pour :

- La simplification avec un moyen de mise en exergue ou de suppression d'éléments déjà traités,
- Un accès à la notation braille mathématique afin de pouvoir insérer un code automatiquement.

En plus de ces aides dans la manipulation des données, ce logiciel devrait également permettre d'accéder aux documents mathématiques dans des formats communs, d'avoir le choix pour la notation braille (différent braille européen) ainsi que d'obtenir les formules mathématiques en braille et d'une manière graphique.

4.1.3. d. Extension du système au travail en groupe

En ce qui concerne les fonctionnalités spécifiques pour le travail mathématique à plusieurs une touche fonction devrait être intégré dans la barre de menu du logiciel. Cette fonction donnerait alors accès à la double fenêtre :



Dans cette fenêtre, toutes les fonctionnalités du logiciel initial seront gardées i.e. pouvoir écrire du texte, des mathématiques, pouvoir structurer et modifier les écrits, les fonction de copier coller ;

Le choix entre l'ouverture sur une double fenêtre et scinder la fenêtre initiale en deux en rajoutant les parties « écrit à commenter » et « l'espace forum » serait intéressant à comparer.

Ainsi, l'avantage de tout mettre sur une même fenêtre permet de garder les habitudes de l'utilisateur mais surcharge cette dernière. A l'inverse ouvrir sur une double fenêtre permet de bien faire la différence entre le travail commun et le travail individuel mais demande à l'utilisateur de se familiariser avec celle-ci.

Comme nous avons pu le voir cette fenêtre contiendra des fonctions spécifiques pour le meneur du groupe (envoi des écrits pour la discussion, modification, sauvegardes des écrits du groupe...) ainsi que pour les autres membres notamment l'accès à l'espace forum.

4.1.3. e. Les ressources disponibles et requises

Les ressources requises pour la réalisation du logiciel sont deux langages de mise en forme le Html et MathML. Ainsi, les fenêtres graphiques contiendront les documents textes qui seront codés en HTML et les expressions mathématiques codés en MathML. Une dernière ressource sera nécessaire pour le futur logiciel à savoir le convertisseur UMCL qui permettra de transcrire les formules mathématiques en braille. Ces trois ressources sont définies brièvement ci-dessous.

HTML :

Hyper Text Markup Language est un langage universel utilisé pour communiquer sur le Web. Ces pages peuvent contenir aussi bien du simple texte, que des liens vers d'autres pages, ou des images, des séquences animées ou encore des fichiers sons.

Il est très facile à maîtriser s'agissant d'un "langage à balises" (format ASCII). Il contient en effet, des instructions dans des balises délimitées entre crochets. Ces instructions sont interprétées alors, par les différents navigateurs et apparaissent sur l'écran.

L'intérêt du langage HTML ne réside pas seulement dans le fait qu'il permet de faire une mise en page multimédia et hypertexte. Il permet d'aller beaucoup plus loin, en enrichissant le texte d'informations structurelles, voire sémantiques, que le logiciel client (le navigateur) peut utiliser en fonction des besoins, des préférences et des possibilités de l'utilisateur.

Ainsi, rendre accessible les pages HTML pour les utilisateurs aveugles qui consultent les documents HTML par l'intermédiaire de synthèses vocales ou d'afficheurs braille ne demande que certaines grandes règles tels que :

- Accompagner tout élément graphique par un descriptif textuel le décrivant,
- Une séparation nette de la forme et du fond permettant aux navigateurs non visuels d'extraire plus facilement la structure logique du document i.e. la construction de feuille de style pour la mise en page...
- Des liens explicites qui permettent à la personne de savoir exactement où le lien va l'emmener et va lui permettre de voir...

(Pour plus d'information sur l'accessibilité d'une page HTML je vous conseille de vous reporter aux deux sites suivants :

<http://w3qc.org/docs/accessibilite.html>

<http://www.brailletnet.org/accessibilite/livreblanc/>

MathML

Le *MathML*. :**Mathematical Markup Language**, est un projet du W3C son objectif est de permettre d'écrire des mathématiques, de les recevoir et de les traiter sur le Web, tout comme HTML a permis cette fonctionnalité pour le texte.

La grande avancée de MathML est de rendre accessible les formules mathématiques. qu'il permet d'améliorer l'accès aux formules. En effet, avant d'afficher des mathématiques sur Internet n'était pas une chose aisée. En général, les formules étaient contenues dans des images au

format GIF ou JPEG, ceci engendrant deux problèmes : la construction de ces images et leur accessibilité pour des personnes non-voyantes. Pour les rendre accessibles, il fallait alors, ajouter l'attribut « alternatif » (descriptif textuel) de l'image. Cet attribut est soit ajouté à la main (cela sous-entend que l'on connaît le braille mathématique) soit il est transcrit automatiquement par un logiciel. Or pour être retranscrit automatiquement, l'image doit être convertie dans un format que connaît le transcripateur. Le W3C préconise l'utilisation de *MathML* pour résoudre ce genre de problème.

C'est un langage riche pour les représentations des mathématiques. Plus précisément, MathML permet de coder une forme sémantique et/ou syntaxique d'un objet mathématique. Parallèlement, il doit permettre à des logiciels de calculs formels comme *Maple* ou *Matlab*, ainsi qu'à des applications classiques développées dans des langages standard (C, Java, LISP, etc.) d'échanger et d'interpréter des objets mathématiques complexes.

Vous trouverez de plus amples renseignements sur le site Internet : www.w3.org/Math/

Le UMCL

Le projet UMCL Universal Math Conversion Library est un projet du groupe iGUMA (international group for universal mathematics access: groupe dont l'université Pierre et Marie Curie fait parti avec nos partenaires de Linz) Ce projet est un projet « open source » qui vise le développement d'une librairie permettant de convertir les formules mathématiques écrites à l'aide de MathML vers différents braille mathématique.

Cette librairie sera alors utilisée par le système pour d'obtenir en sortie différents codes braille mathématiques. (la librairie contenant déjà les convertisseurs du braille français et Italien , sont à venir le braille anglais, le Nemth et le Marbourg).

4.1.3. e. Les contraintes d'utilisation

Les seules contraintes d'utilisation du logiciel seront que l'élève possède un ordinateur ainsi qu'une plage braille. Ainsi, le logiciel utilisera la librairie Libbraille²⁷ le rendant compatible avec toutes les plages brailles.

De plus, le logiciel ayant accès à la librairie UMCL celui-ci devrait pouvoir être utilisé dans différents pays européens, cette librairie permettant d'avoir en sortie différents codes braille mathématiques.

4.1.3. f Les possibilités d'extension de l'utilisation

Dans l'immédiat, comme nous l'avons déjà dit, seule la partie logiciel pour la réalisation des mathématiques sera réalisée, la partie pour le travail de groupe venant dans l'après coup. Dans un deuxième temps seront testés puis insérés selon l'opinion des utilisateurs :

- Le braille abrégé,

- L'intégration d'éléments graphiques et les diverses aides qui en découlent (descriptifs pour les graphes, etc.),

- L'accès en sortie de la synthèse vocale,

- Les différentes fonctions manquantes et supplémentaires qui seront ressorties des futurs tests utilisateurs.

Enfin les possibilités d'extensions nous renvoie au but final du projet MICOLE à savoir la réalisation d'un environnement de travail collaboratif pour les enfants mal ou non voyants,

²⁷ <http://libbraille.org/>

leur professeurs, parents et pairs. Cet environnement de travail devra alors prendre en considération les divers travaux des participants à ce projet afin de réaliser une plate-forme permettant aux élèves de jouer ou travailler à plusieurs sur des mathématiques (expressions numérique, géométrie, graphe..) de la géométrie de la chimie...

4. Conclusion

La réalisation d'une aide technique, comme nous l'avons déjà expliqué, doit être centrée sur l'utilisateur. C'est à dire, sur ces besoins, ces attentes et sur ces critiques et ces approbations. Ainsi, le développement d'un environnement d'aide doit, tout au long de sa réalisation, faire référence ou être soumis aux futurs utilisateurs pour que celui-ci soit apprécié et utile aux personnes concernées.

Au cours de mon stage au sein du projet MICOLE, j'ai réalisé, par le biais d'entretiens et d'observations avec des élèves déficients visuels et de leurs professeurs de mathématique, une analyse qualitative. Celle-ci se centrait sur les habitudes, les difficultés et la manière de travailler des élèves, que ce soit individuellement ou en groupe. Cette analyse nous a alors permis de mettre en exergue les attentes et besoins des personnes et, de ce fait, les fonctionnalités qui leurs seraient utiles pour un futur logiciel d'aide.

Les grandes fonctionnalités ressorties sont notamment :

- Pouvoir se déplacer dans la fenêtre d'écriture,
- Structurer ses écrits,
- Recopier automatiquement la formule, ou une partie de la formule et pouvoir la modifier, la supprimer ou y insérer des lignes,
- Être graphique pour le professeur, parent ou camarade voyant, donc posséder une bonne transcription en noir,
- Avoir accès à des aides (pour la simplification, le positionnement du calcul, etc.).

Enfin, cette analyse qualitative des besoins nous a permis de réaliser les grandes lignes d'un cahier des charges. Ce dernier est ciblé sur un logiciel d'aide à l'accès des expressions algébriques mathématiques ainsi qu'à son extension pour le travail en groupe.

Ce travail doit être, très prochainement, mis en commun avec nos différents partenaires européens dans le but d'homogénéiser certaines lignes du cahier des charges, laissant néanmoins les points spécifiques à chaque groupe de travail.

Pour conclure, ces six mois de stage au sein du laboratoire INOVA m'ont donné l'opportunité d'être en contact avec des personnes en situation de handicap, ce qui m'a permis d'approfondir mes connaissances sur les techniques de recueils de données et sur l'analyse qualitative des besoins de la population concernée. J'ai pu également, grâce à nos différents partenaires ainsi qu'aux groupe de travail, élargir mes compétences sur les environnements d'aide et ainsi faire ressortir un cahier des charges réalisable.

Bibliographie

Article

D. Archambault, F. Berger, V. Moço « Overview “ Universal maths conversion library ” » , AAATE Lille 2005

D. Burger « Nouvelles technologies pour l'intégration scolaire des handicapés visuels » - Bilan et perspectives de la prise en charge des jeunes déficients visuels en France et en Europe, congrès du GPEA, 2000.

D.-J. Gillian, P. Barraza, A. Karshmer, “Cognitive analysis of equation reading: Application to the development of the Math Genie” ICCPH 2004

J.C Gabus; « Les aides techniques », réadaptation n°387, 1992

A. Karshmer *Access to mathematics for Blind students* retrieved 2002

D. Scapin « Ergonomics guidelines for the design of human- computer interfaces » Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique. 1986

B. Stöger, K. Miesenberg, M. Bausic. ; “Mathematical Working Environment for the Blind : Motivation and Basic Idea” ICCPH 2004

A. Valentin « Evaluation ergonomique des logiciels – une démarche itérative de conception » Collection outils et méthodes, ANACT. 1993

J.P. Savary « Handicap auditif et visuel et Utilisation de Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication » - Rapport bibliographique, CNAM, 2001

Site Web

www.assemblee-nationale.fr/12/ta/ta0371.asp

www.brailenet.org

www.voirplus.net

www.w3.org/Math/

<http://inova.snv.jussieu.fr/inova>

<http://www.sfpsy.org/index.htm>

<http://xavier.claudet.free.fr/index2.html>

http://www.eurobraille.fr/doctechique/iris_prod.htm

<http://www.eurobraille.fr/doctechique/readmath.htm>

<http://w3qc.org/docs/accessibilite.html>

<http://www.brailenet.org/accessibilite/livreblanc/>

<http://libbraille.org/>

<http://www.european-agency.org/>

http://web4.ac-creteil.fr/mission-colleges/Eleves_difficulte/travail_de_groupe/

<http://www.snv.jussieu.fr/inova/villette2002/act5.html>

<http://haptic.mech.nwu.edu>

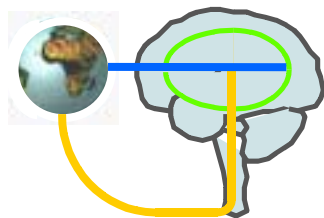
<http://www.sensable.com>

<http://www.snv.jussieu.fr/inova/villette2002/res5.htm>

<http://www.snv.jussieu.fr/inova/publi/2003/article.pdf>

Annexes

Annexe n°1 : Présentation du Projet Micole



INSERM Unité 483

INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ
ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE

Plasticité cérébrale et adaptations
des fonctions visuelles et motrices

Présentation du projet MICOLE : Multimodal collaboration environment for inclusion of visually impaired children.

Le projet MICOLE est un projet européen financé par la communauté européenne entre septembre 2004 et août 2007. Il a comme objectif à terme la réalisation d'un environnement de travail pour les étudiants déficients visuels.

Cet environnement de travail se présentera sous la forme de systèmes multimodaux et apportera une aide aux enfants aveugles et malvoyants pour leurs travaux en collaboration avec d'autres enfants, notamment avec des enfants voyants.

Ce projet se compose de 13 partenaires dont 11 universités et deux industriels:

Les universités:

- L'université de Linz (Autriche)
- L'université de Tampere (Finland)
- The Science and Technology Park of Crete (Grèce)
- Media Lab Europe (Irland)
- L'université de Siauliai (Lithuanie)
- L'université de Glasgow (Royaume Uni)
- L'université de Uppsala (Suède)
- L'université de Lund (Suède)
- The Royal Institute of Technology de Stockholm (Suède)
- L'université "Paul Verlaine" de Metz (France)
- L'université "Pierre et Marie Curie" (Paris 6) (France)

Les industriels:

- France Télécom, R&D (France).
- Reachin (Suède)

Les grands thèmes de recherche visés pour le projet MICOLE sont les suivants :

- La recherche sur la présentation des éléments graphiques avec notamment les modalités haptique et auditive.
- La recherche empirique sur l'accès des mathématiques aux enfants aveugles et mal voyants.
- La recherche sur les diverses interfaces pour les personnes déficientes visuelles.
- La réalisation de prototypes et leurs évaluations avec la population cible.

Le rôle de l'université Pierre et Marie Curie de PARIS 6 dans ce projet en collaboration avec l'Université de Linz en Autriche est de travailler tout particulièrement sur l'accès au Mathématiques pour les aveugles, en Braille. Pour ce faire, nous étudions les méthodes d'apprentissage des mathématiques, ainsi que la manière dont les élèves travaillent que ce soit de façon autonome ou en groupe.

C'est dans ce sens que nous avons besoin de réaliser des observations dans des classes ainsi que des entretiens auprès de professeurs et d'élèves. Ces observations et entretiens nous aideront à concevoir des aides pour de nouveaux dispositifs.

Les entretiens sont individuels et durent approximativement une demie-heure. Ils portent sur l'accès aux mathématiques et sur le travail en groupe. Ils sont normalement enregistrés pour faciliter la retranscription des dires du sujet.

Tout ce qui est dit lors de ces entretiens est bien entendu confidentiel, seuls les chercheurs participant à cette étude peuvent en prendre connaissance. De plus la participation à cette étude est anonyme ; nul renseignement pouvant identifier la personne participante ne sera diffusé sans son consentement.

Enfin, la participation à cette recherche est volontaire, les participants peuvent de ce fait se retirer de l'étude à tout moment.

En ce qui concerne les observations en classe, celles-ci visent tout particulièrement le travail en groupe et sont de durée équivalente à celle du travail du groupe observé. Celles-ci sont également enregistrées par souci d'objectivité et pour faciliter le recueil de données. Tout comme les entretiens, les observations sont confidentielles, elles ne peuvent être visionnées que par les chercheurs.

Par la suite, cette étude inclura également l'évaluation de prototypes dans les salles de classe afin d'améliorer ces propositions et de les valider.

Nous vous informerons si jamais des modifications sont apportées à l'étude ou si de nouveaux renseignements sont rendus disponibles.

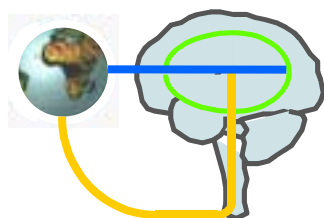
Je me tiens bien entendu à votre entière disposition si vous avez d'éventuelles questions sur le projet MICOLE

Je vous remercie à l'avance de vous intéresser à ce projet et de l'appuyer.

Je vous prie d'agréer l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Aurélie Casson

Annexe n° 2 : Convention d'intervention



INSERM Unité 483

INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ
ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE

*Plasticité cérébrale et adaptations
des fonctions visuelles et motrices*

Convention d'intervention à l'Institut « » dans le cadre du projet Européen MICOLE (multimodal collaboration environment for inclusion of visually impaired children)

Entre **Mademoiselle Aurélie CASSON**, assistante chargée de recherche au laboratoire INOVA de l'université Pierre et Marie Curie, sous la supervision de **Monsieur Dominique ARCHAMBAULT** Maître de Conférences à l'Université Pierre et Marie Curie, 9 quai St Bernard, 75252 Paris cedex 5.
Et l'Institut représenté par **Monsieur** le Directeur

Il a été convenu ce qui suit :

- La présente convention a pour objet de définir les modalités d'interventions de Mlle Aurélie CASSON, dans le cadre du projet Européen MICOLE (projet financé par la Communauté Européenne dans le programme IST du 6^{ème} Programme cadre, sous le numéro IST-2003-511592 STP) au sein de l'Institut...

La tâche de Mlle Casson au sein de ce projet est d'analyser les méthodes d'apprentissage des Mathématiques employées avec les enfants aveugles dans un cadre institutionnel comme en intégration, et d'analyser les techniques qu'ils utilisent pour effectuer des calculs mathématiques, dans le but de définir les fonctionnalités nécessaires à un environnement de travail mathématique destiné à ces enfants.

- Ces interventions consistent en la réalisation d'entretiens avec des professeurs et des élèves ainsi que des observations en classe.

- L'entretien avec le professeur durera approximativement une heure et se déroulera en fonction des disponibilités et des préférences de l'enseignant au sein de l'Institut ou au sein de l'université Pierre et Marie Curie.

- Les entretiens d'élèves et les observations en classe se dérouleront dans l'enceinte de l'Institut. Ces interventions seront programmées à l'avance et auront obtenu au préalable l'accord de la responsable pédagogique afin que celles-ci ne viennent empiéter sur d'autres activités prévues par l'établissement.

- Les entretiens avec les élèves seront individuels et dureront approximativement une demie heure, néanmoins l'assistante chargée de recherche devra prendre en considération les recommandations de la

responsable pédagogique et de l'enseignante afin d'accommoder l'entretien au rythme de chaque enfant.

- Au cours de l'entretien l'élève sera en compagnie et de ce fait sous la responsabilité de l'assistante chargé de recherche, l'enseignante sera alors déchargée de la surveillance de cet élève le temps appartient.

- Les observations se dérouleront au sein même de la classe pendant certaines heures de mathématiques. La présence de l'assistante chargée de recherche lors de ces cours ne modifiera en rien leur contenu et leur durée.

- Les entretiens seront enregistrés sur support sonore et les observations sur support vidéo. Ces enregistrements sont effectués par soucis d'objectivité et pour faciliter le recueil de données, ils ne pourront être visionnés que par les chercheurs.

Les bandes magnétiques des entretiens et observations seront conservées au sein du laboratoire et pourront être détruites par simple demande d'un participant, d'un tiers autorisé, du directeur ou de la responsable pédagogique.

- Le début des interventions est fixé au

Fait à Paris, le.....

L'assistante chargée de recherche
Mlle A. Casson

Le Directeur
de l'Institut

Le Responsable de recherche
M. D. Archambault

Annexe n° 3 : Présentation du projet Micole pour les élèves

Présentation du projet MICOLE : Multimodal collaboration environment for inclusion of visually impaired children.

Le projet MICOLE est un projet européen qui dure trois ans, il a commencé en septembre 2004 et se terminera en août 2007. Il a comme objectif la réalisation d'aides aux enfants aveugles et mal voyants pour leurs travaux en collaboration.

Ce projet se compose de 13 partenaires dont 11 universités et deux industriels:

Les universités et industriels se trouvent dans différents pays tels que l'Autriche, la Finlande, la Grèce, l'Irlande, la Lituanie, le Royaume Uni et la France.

Les différents partenaires du projet MICOLE travaillent notamment sur :

- La présentation des éléments graphiques (les cartes de géographie, les dessins, la géométrie...) pour les personnes aveugles et mal voyants.
- L'accès des mathématiques aux enfants aveugles et mal voyants (accès aux formules mathématiques, à la géométrie...).
- La recherche sur des logiciels qui facilitent l'usage de l'ordinateur aux personnes déficientes visuelles.
- La réalisation de prototypes et leurs évaluations.

Le rôle de l'université Pierre et Marie Curie de PARIS 6 est de travailler sur l'accès au Mathématiques pour les aveugles, en Braille. Nous étudions donc, comment les professeurs enseignent les mathématiques et comment les élèves travaillent que ce soit de façon autonome ou en groupe.

C'est dans ce sens que nous avons besoin de réaliser des observations dans des classes ainsi que des entretiens auprès de professeurs et d'élèves. Ces observations et entretiens nous aideront à concevoir des aides pour de nouveaux dispositifs.

L'entretien est individuel et dure approximativement une demie-heure. Il porte sur l'accès aux mathématiques et sur le travail en groupe. Ce n'est en aucun cas un contrôle, il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, nous souhaitons juste avoir ton opinion. L'entretien est normalement enregistré pour nous aider à ne rien oublier. Cet enregistrement ne sera écouté que par nous, chercheurs. Ton professeur, tes camarades et tes parents ne pourront en aucun cas entendre cet enregistrement.

Lorsque nous reporterons les résultats des observations et des entretiens, il ne sera pas possible de savoir que tu y as participé. En effet, ton nom et tes grandes caractéristiques ne seront jamais cités dans les rapports.

Enfin, la participation à cette recherche est volontaire, tu as le choix d'y participer ou pas.

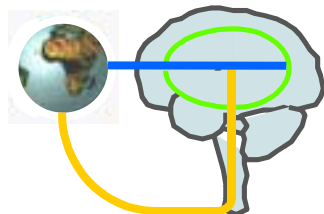
Les observations en classe portent sur le travail des mathématiques en groupe. Celles-ci sont également enregistrées pour faciliter l'analyse de l'observation. Tout comme l'entretien, les observations sont confidentielles, elles ne peuvent être visionnées que par les chercheurs.

Par la suite, cette étude inclura également l'évaluation de prototypes afin d'améliorer ces propositions et de les valider.

Je me tiens bien entendu à ton écoute si tu as d'éventuelles questions sur le projet MICOLE à me poser.

Aurélie Casson

Annexe n° 4 : Consentement de participation du professeur



INSERM Unité 483

INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ
ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE

*Plasticité cérébrale et adaptations
des fonctions visuelles et motrices*

Nom de l'assistante chargée de recherche: Aurélie Casson, Université Pierre et Marie Curie

aurelie_casson@yahoo.fr

Dominique Archambault Maître de Conférences à l'Université Pierre et Marie Curie

dominique.archambault@snv.jussieu.fr

Numéro de téléphone: 01-44-27-34-35/ 01-44-27-26-10

Date :

Formulaire de consentement du professeur :

Je soussigné(e) _____ accepte de participer au projet de recherche dans le cadre du projet européen MICOLE mené par Aurélie Casson sous la supervision de Dominique Archambault du laboratoire INOVA de l'Université Pierre et Marie Curie.

En signant ce document, j'atteste avoir pris connaissance des différents points suivants :

- Toute l'information recueillie dans le cadre de ce projet servira uniquement à des fins de recherche et demeurera confidentielle.

-Je suis libre de refuser de répondre à certaines questions.

-J'ai l'assurance des personnes effectuant la recherche que l'information que je partagerai avec eux restera strictement confidentielle. L'anonymat sera garanti.

-Les bandes magnétiques des entrevues et les autres données recueillies seront conservées au sein du laboratoire et pourront être détruites par simple demande de votre part.

- Je suis conscient(e) que je peux mettre un terme à cette participation en tout temps.

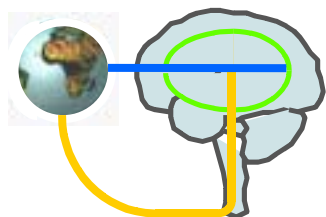
- Avoir pris connaissance qu'aucun renseignement pouvant m'identifier ne sera diffusé ou imprimé sans mon consentement.

-Pour tout autre renseignement, je peux communiquer avec la chargée de recherche ou son superviseur au numéro de téléphone : 01-44-27-34-35/ 01-44-27-26-10

Signature de l'assistante chargée de recherche:

Signature du sujet consentant à la recherche:

Annexe n°5 : Consentement de l'élève :



INSERM Unité 483

INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ
— ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE

*Plasticité cérébrale et adaptations
des fonctions visuelles et motrices*

Nom de l'assistante chargée de recherche: Aurélie Casson, Université Pierre et Marie Curie
aurelie_casson@yahoo.fr

Dominique Archambault Maître de Conférences à l'Université Pierre et Marie Curie
dominique.archambault@snv.jussieu.fr

Numéro de téléphone: 01-44-27-34-35/ 01-44-27-26-10

Date :

Formulaire de consentement pour les élèves

Accepte de participer au projet de recherche dans le cadre du projet européen MICOLE mené par Aurélie Casson sous la supervision de Dominique Archambault du laboratoire INOVA de l'Université Pierre Marie Curie.

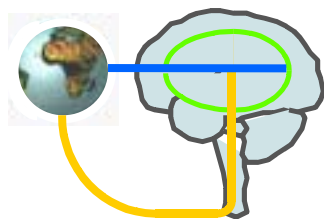
En signant ce formulaire, j'atteste:

- Que la recherche m'a été expliquée et que l'on a répondu à mes questions.
- Que je suis libre de poser des questions, maintenant et à l'avenir, concernant l'étude.
- Que ma participation à la recherche est volontaire que je suis donc libre de me retirer de la recherche à tout moment.
- J'ai l'assurance des personnes effectuant la recherche que l'information que je partagerai avec eux restera strictement confidentielle. L'anonymat sera garanti.
- Que les enregistrements des entretiens et des observations recueillies ne pourront être visionnés que par les chercheurs.
- Que les bandes magnétiques des entretiens et des observations seront conservées au sein du laboratoire et pourront être détruites par simple demande de ma part
- Avoir pris connaissance qu'aucun renseignement pouvant m'identifier ne sera diffusé ou imprimé sans mon consentement.

Signature

Nom de la personne qui a obtenu le consentement Aurélie Casson

Annexe n° 6 : Consentement pour le tiers autorisé



INSERM Unité 483

INSTITUT NATIONAL DE LA SANTÉ ———
————— ET DE LA RECHERCHE MÉDICALE
*Plasticité cérébrale et adaptations
des fonctions visuelles et motrices*

Nom de l'assistante chargée de recherche: Aurélie Casson, Université Pierre et Marie Curie ,
aurelie_casson@yahoo.fr,
Dominique Archambault Maître de Conférences à l'Université Pierre et Marie Curie
dominique.archambault@snv.jussieu.fr
Numéro de téléphone: 01-44-27-34-35/ 01-44-27-26-10

Date :

Formulaire de consentement pour le tiers autorisé

Je soussigné(e) _____ en qualité de _____
accepte que _____ participe au projet de recherche dans le cadre du projet
européen MICOLE mené par Aurélie Casson sous la supervision de Dominique Archambault
laboratoire INOVA, Université Pierre Marie Curie.

En signant ce document, j'atteste avoir pris connaissance des différents points suivants :

- Toute l'information recueillie dans le cadre de ce projet servira uniquement à des fins de recherche et demeurera confidentielle.
- Aucun renseignement pouvant permettre d'identifier la participation de mon enfant ne sera diffusé ou imprimé sans mon consentement.
- Je suis libre de retirer la participation de mon enfant de la recherche à n'importe quel moment.
- L'enfant peut refuser d'y participer ou refuser de répondre à certaines questions.
- J'ai l'assurance des personnes effectuant la recherche que l'information recueillie au cours des entretiens et des observations avec eux restera strictement confidentielle. L'anonymat sera garanti.
- Les bandes magnétiques des entrevues et les autres données recueillies seront conservées au sein du laboratoire et pourront être détruites par simple demande de votre part.

-Pour tout autre renseignement, je peux communiquer avec la chargée de recherche ou son superviseur au numéro de téléphone : 01-44-27-34-35/ 01-44-27-26-10

Signature de l'assistante chargée de recherche:

Signature du parent ou du tuteur/de la tutrice :

Annexe n° 7 : Récapitulatif des professeurs en écoles spécialisées

Dires	6 Professeurs	Ecole spécialisée	
5 Mme/ 1 Mr		3 collège/ lycée	3 primaire
Prof		5 Mathématique	1 professeur des écoles
Caract		1 professeur non voyant 1 professeur mal voyant	
Parcours		4 enseignant avant avec voyants	2 enseignant qu'avec des déficients visuels
		3 agrégation 1 CAECADV	1 CAECADV
N° d'année		2 profs < 10 ans	
Qui prépare le matériel		Exercices : professeurs Livres : 3 retranscription dans un centre à l'extérieurs de l'écoles, 3 au sein de l'établissement	
Logiciel utilisé		1 : Bramaneth : avantages marche sous Windows, possibilité de relecture avec la police Sim braille 1 : Braillestar et pour les dessin Corel draw 1 : Perkins ou ordinateur	
Connaissance du braille		Bonne connaissance du braille 2001	
Support pour le matériel maths		Prof → élèves : papier (livre), oral (exercice dicté) Raison : - (primaire) élèves n'ont pas d'expérience de l'ordinateur - Rapidité, habitude	
		élèves → Prof : - 3 papier braille (enseignante mal voyante et aveugle) en noir -Iris → imprime selon l'âge et la préférence sur braille ou sur noir : -collège obligation perkins - lycée choix perkins (raison facilité de lecture pour les tableaux...)	
Code des maths		Braille mathématique Français	
		1 Utilise certaine abréviation pour simplifier des formulations mathématiques : num → numérateur an → application numérique	
Aide des parents		3 Professeurs relativement contre : -« Aide peut aller à l'encontre des explications du professeur, car les parents n'utilisent pas forcément la meilleure manière d'expliquer ils essayent de faire passer des méthodes qui peuvent être déstructurantes pour l'élève » « il n'y pas dix mille façons de travailler et d'expliquer » « Mais après il peut y avoir des dangers parce.., je ne sais pas comment les parents l'expliquent	4 professeurs manque d'investissement → Parents ne s'investissent pas assez, n'apprennent pas le braille

	mais quelques fois les élèves reviennent avec des devoirs et c'est plutôt faux »	
Difficultés rencontrées	Difficultés..... NON « Je ne dirais pas difficultés, ,il n'y a rien d'inattaquable » « Ce n'est pas une difficulté mais il faut passer beaucoup par le langage.» « Non pas vraiment ... » « Je pense que d'être déficient visuel ne rajoute pas forcément des difficultés » « Effectivement il peut y avoir d'autres difficultés mais pas plus » « Non pas vraiment ...et puis les maths c'est toujours des maths que l'on enseigne à des élèves aveugles, à un forgerons... »	
	Le temps : 2 professeurs « le temps, le temps d'expliquer » « le seul problème c'est le temps qui nous est imparti »	3 profs :Géométrie, tableau : « Difficultés d'appréhension de la figure » -travail sur et réalisation de figure de courbe -se positionner dans un tableau
Solutions émises	3 prof : importance de la terminologie : « essentiel de passer par l'oral, demande beaucoup de précision dans l'utilisation de la terminologie mathématique (structure de phrase, économie dans les théorèmes...) » « Ce n'est pas une difficulté mais il faut passer beaucoup par le langage.» « Eviter de faire des maths trop mathématiques, mais faire des maths de façon littéraire, essayer de ne pas trop utiliser le langage mathématique » 3 Importance des exemples : « Pas forcément changer de discours mais de mise en situation pour que ça parle aux enfants. » « il ne faut surtout pas il faut s'adapter mais surtout pas changer de vocabulaire parce que lorsqu'un élève braille parle avec un de ses camarades voyants il faut qu'ils se comprennent absolument » « attention de ne pas parler comme une voyante »	
	Le temps	Géométrie, tableau : ➔ 1 prof : Décrire la formule soit par écrit soit par oral ➔ 2 Prof : « avoir une plage braille avec au moins deux ou trois lignes » ➔ 1 prof « la figure en relief en classe, il faudrait qu'ils puissent la toucher »
		Formules : ➔ « Des pages brailles comprennent plusieurs lignes parce que des additions sur une seule ligne c'est pas très intéressant, ce qui est intéressant c'est les opérations en colonnes »

Difficultés par utilisation de matériel	sur l'iris, 1 Prof « ils écrivent avec le braille standard et quand on veut passer au braille mathématique ils doivent mettre le point 6 point trois, le problème c'est que dès qu'ils mettent un espace c'est plus bon ils repassent dans le code normal » -« ils ont une calculatrice scientifique comprise dedans mais pour s'en servir ils doivent se séparer de leur travail en cours pour aller chercher dans le menu la calculatrice faire leur calcul et revenir » Solution que le calcul réalisé avec la calculatrice puisse être intégré automatiquement dans leur travail. sur Mathstype,1 prof « ils tapent sur ordinateur avec Mathstype et ça ressort comme ils le tapent, je sais le lire parce que j'ai l'habitude de l'utiliser mais quand je lis @3@2 ce n'est pas des maths... »	Problème de place 1 prof « c'est l'organisation spatiale : parce qu'il faut qu'ils réfléchissent à leur problème, qu'ils manipulent leur cubarithme, faire attention au livre pour qu'il ne se ferme pas... » solution : avoir une planche à calculer, logiciel, tactile, avec des problèmes, des exercices. On aurait l'aspect lecture d'exercice d'un côté et puis sur un autre plan on aurait l'aspect calcul
Collaboration	Collaboration par oral : « Ils passent par l'oral par facilité » « Ils verbalisent, ils explicitent, ils doivent donner leur démarche aux autres » « On dit tout ce que l'on fait par oral » « Ils s'aident mutuellement ils parlent beaucoup, ils échangent » « La parole c'est le plus rapide donc ils utilisent que ça » Différentes collaboration -Oui parfois pour les devoirs à la maison, et sinon <u>en classe non pas trop ou juste avec le voisin d'à côté.</u> -En sixième c'est vrai que je les fais travailler ensemble pour les angles, pour l'utilisation du rapporteur <u>je les mets par équipe de deux un dessin un angle et l'autre doit le mesurer.</u> - En maths on travaille beaucoup ensemble, pas forcément par petit groupe <u>ils travaillent tous ensemble.</u> -C'est un <u>transfert d'information brut</u> -Le travail en groupe mais je le qualifierais plus par <u>du travail individuel en groupe i.e. que le plus fort aide le plus faible soit en lui donnant des indices soit en lui donnant la réponse ; il n'y a pas vraiment d'échange de manière de penser d'explication...</u>	

Conseil	Sur le logiciel graphique pour le professeur en intégration et pour les camarades voyants attractif Penser alors à une plage braille avec au moins deux mais trois ce serait le mieux, avoir la notion de passer à la ligne, Des plages brailles avec plusieurs lignes. Ne pas choisir entre la plage braille et la synthèse vocale avoir les deux possibilités Qu'ils puissent avoir en permanence l'équation à réaliser, à calculer dans une fenêtre qu'ils puissent aller vérifier	En général Que ce soit aussi rapide voir plus rapide que si les enfants le faisaient de manière habituelle, de mémoire, avec leur cubarithme Ah !!! ne surtout pas mâcher le travail de l'élève Veiller à la compréhension du problème, de l'énoncé i.e. que l'énoncé des problèmes ou exercices fassent référence à des objets que les personnes aveugles aient déjà appréhendés, touchés. Rajouter l'aspect ludique Ne pas leur demander d'écrire trop, il y a pas mal d'étapes qu'ils font mentalement et le fait d'écrire plus que d'habitude, faire plus d'étape, les gêne plus que ne les aide faites le tester aussi bien au élèves qu'aux professeurs voyants et non et mal voyants
----------------	--	--

Annexe n° 8 : Récapitulatif des entretiens avec les professeurs en classe d'intégration

Dires	2 Professeurs	Lycée avec des classes d'intégration
1 Mme/ 1 Mr		2 collège/ lycée
Prof		2 Mathématique
Caract		1 : professeur STI 1 : professeur ES
Parcours		2 : agrégation
N° d'année		-Deux ans avec des personnes ayant une déficience visuelle -Six ans avec des personnes ayant une déficience visuelle mais première année avec une non voyante
Qui prépare le matériel		2 Profs : INJA ou UPI le problème c'est qu'ils ont besoin pour les retranscrire de 10 jours ouvrables et c'est beaucoup trop
Connaissance du braille		2 prof : Aucune
Support pour le matériel maths		Prof → Elèves : - 1 Prof : papier - 1 Prof : des disquettes ou des clefs USB
		Elèves → Prof : - 1 : sur papier en noir, il l'imprime - 1 : sur disquette ou clef USB
Code des maths		Non
		2, Utilise certaine code pour simplifier des formulations mathématiques par exemple : « l'étoile pour le multiplié »; « un mélange d'écriture noire et de braille mathématique » <u>mais 1 seul de façon permanente pendant toute l'année</u> : « c'est un peu ce que l'on a fait en début d'année jusqu'à temps que je puisse réutiliser mon logiciel., »
Aide des parents		2, pas d'idée
Difficultés rencontrées		2, géométrie, tableau : « Faire une courbe dans un contrôle. Lorsqu' il y a des points un peu complexes à positionner et là il ne peut pas y arriver parce qu'on n'a pas de matériel assez précis. » « C'est les lectures de tableaux, de graphiques, c'est placer les points dans un repère » 2, nombre d'élèves par classe : « Quand on s'occupe tout particulièrement de quelqu'un les 25 autres font la java » « J'ai 34 autres élèves alors »
Solutions émises		

Difficultés par utilisation de matériel	1, sur la synthèse vocale : « sa synthèse vocale ne lit pas tous les signes mathématiques » 1, sur Readmaths : « Pour vérifier ce qu'il écrivait soit il fallait qu'il retranscrive mais il ne pouvait plus écrire en même temps soit je lui demandais de relire » « Le problème de la calculatrice il est obligé de fermer le document, lancer jaws calculer, se souvenir des résultats et re-renter dans le problème. »	
Collaboration	Aucune collaboration en mathématique Raison : Quand un de ses camarades est au tableau il faut arriver à leur faire dire tous les points qu'il y a sur la courbe ou lui demander de décrire tout ce qu'il fait. (Elève) » Ben oui ils ont tous l'habitude du mutisme alors... » « (Elève) je n'y vois pas l'intérêt, vue les problèmes rencontrés déjà avec le professeur avec deux trois élèves ça ne pourrait qu'empirer les choses »	
Conseil	Sur le logiciel Que l'élève puisse tout taper en braille mais qu'il n'y ait pas de difficulté après pour le professeur pour qu'il puisse relire ce qu'il est en train de faire l'élève en écriture normale.	En général

Annexe n°9 : Récapitulatif entretiens des élèves en écoles spécialisées

Dires	élève	Classes spécialisées collège/ primaire		
sexe		4 garçons, 5 filles		
age		3 -15, 1-14; 2-13, 2-11, 1-10		
Classe		4-4 ^{ème} , 3-CM2, 2-CM1		
caract		2-mal voyants, braillistes, 7-non voyants		
Qui prépare le matériel		Exercice: 8-professeurs 1-ne sais pas		Livres: 5-retranscription à l'école 4-ne sais pas
Connaissance du braille		Très peu: 5	Bien :3	Très bien: 1
Connaissance de logiciel mathématique		1-adibou (mal voyant) 4- Readmath		4- Aucun; raison Non maîtrise de l'ordinateur
Avantages et inconvénients de Readmath		Avantages→3-permet au professeur de lire en noir dans la fenêtre ou lors de l'impression 1- ne connais pas encore très bien Inconvénients → 2 obligation de remettre les point 6 et 3 pour repasser en mode maths après chaque espace		
Support pour le matériel mathématique		Prof→ élèves: 4-livre, oral : 5 -livres Élèves → Prof : 5- sur papier braille : 4-En noir sur papier		
Support pour travail perso		4- l'IRIS 4 Avantage→3 moins encombrant que la Perkins 2 insertions automatiques des codes		Cubarithme, Perkins
Code des maths		9- Le code mathématique appris à l'école		
Création de code		1- quand je suis chez moi, je change un peu pour simplifier		
Aide des parents		Aide braille- 4 "ma mère connaît un peu le braille" "ma mère à suivi des cours de braille" "maman connaît un peu le braille" "c'est en braille ils ne pouvaient pas"	Aide orale -3 "je lui lis l'énoncé " "on travaille sur l'iris, il y a une petite fenêtre il peut lire" "je leur lis et après ils m'aident"	Pas d'aide -2 "ils n'y comprennent rien" "je les fais à l'école"

Difficultés rencontrées	2-Aucunes difficultés		2-Géométrie "dés qu'il y a trop de chose je n'arrive plus à me repérer dedans" "j'ai du mal à me situer dans l'espace"
			3- Calcul (division...) position des cubes ou de la virgule dans le cubarithme
			2- Braille"Des notations enfin avec des codes des signes que je n'arrive pas trop à retenir"
Difficultés par utilisation de matériel	8 non 1 oui " Au début quand on ne maîtrisais pas bien l'iris ça pouvait arriver parce que si on met un espace et que l'on oublie de remettre le point 6 et point3 et bien ça ne faisait plus les mathématiques."		
Collaboration	1-Pas de travail en groupe "Je sais pas c'est que ça ne s'est pas présenté"	8-Travaille en groupe soit l'ensemble de la classe soit deux par deux "on travaille en même temps on est toujours en petit groupe on n'est que quatre mais on travaille sur les mêmes problèmes mais chacun sur son Iris et après le professeur nous interroge" " on le fait en même temps ou deux par deux on parle doucement	
	Avantages→ "c'est plus simple" "travailler en groupe c'est la même chose que de travailler tout seul ça ne change rien on peut juste parler plus c'est tout" "je n'aime pas travailler toute seule parce que quand je travaille toute seule et ben je peux encore me bloquer alors que en groupe non"		
	Inconvénients→8- pas d'inconvénients 1- seul problème c'est que de temps en temps en groupe on hésite à dire ce que l'on veut.		
Mode de collaboration	9- haute voix "Ben on se le dit c'est tout ou alors on se les échange par clefs USB" "à haute voix" "En parlant, mais c'est vrai que l'on pourrait utiliser nos Iris il suffit de les brancher en réseau et voilà, mais on ne le fait pas très souvent ça fait perdre du temps"		
Conseil	2-insertion automatique des signes Braille 1- une touche pour écrire en braille littéraire et une touche pour écrire en maths et que ça ne change plus tout le temps		

Annexe n°10 : Analyse des entretiens des élèves en classe d'intégration

Dires	2 Professeurs	Lycée avec des classes d'intégration
5 Mme/ 1 Mr		2 collège/ lycée
Prof		2 Mathématique
Caract		1 : professeur STI 1 : professeur ES
Parcours		2 : agrégation
N° d'année		-Deux ans avec des personnes ayant une déficience visuelle -Six ans avec des personnes ayant une déficience visuelle mais première année avec une non voyante
Qui prépare le matériel		2 Profs : INJA ou UPI le problème c'est qu'ils ont besoin pour les retranscrire de 10 jours ouvrables et c'est beaucoup trop
Connaissance du braille		2 prof : Aucune
Support pour le matériel maths		Prof → Elèves : - 1 Prof : papier - 1 Prof : des disquettes ou des clefs USB
		Elèves → Prof : - 1 : sur papier en noir, il l'imprime - 1 : sur disquette ou clef USB
Code des maths		Non
		2, Utilise certaine code pour simplifier des formulations mathématiques par exemple : « l'étoile pour le multiplié »; « un mélange d'écriture noire et de braille mathématique » <u>mais 1 seul de façon permanente pendant toute l'année</u> : « c'est un peu ce que l'on a fait en début d'année jusqu'à temps que je puisse réutiliser mon logiciel. »
Aide des parents		2, pas d'idée
Difficultés rencontrées		2, géométrie, tableau : « Faire une courbe dans un contrôle. Lorsqu' il y a des points un peu complexes à positionner et là il ne peut pas y arriver parce qu'on n'a pas de matériel assez précis. » « C'est les lectures de tableaux, de graphiques, c'est placer les points dans un repère » 2, nombre d'élèves par classe : « Quand on s'occupe tout particulièrement de quelqu'un les 25 autres font la java » « J'ai 34 autres élèves alors »
Solutions émises		

Difficultés par utilisation de matériel	1, sur la synthèse vocale : « sa synthèse vocale ne lit pas tous les signes mathématiques » 1, sur Readmaths : « Pour vérifier ce qu'il écrivait soit il fallait qu'il retranscrive mais il ne pouvait plus écrire en même temps soit je lui demandais de relire » « Le problème de la calculatrice il est obligé de fermer le document, lancer jaws calculer, se souvenir des résultats et re-renter dans le problème. »	
Collaboration	Aucune collaboration en mathématique Raison : Quand un de ses camarades est au tableau il faut arriver à leur faire dire tous les points qu'il y a sur la courbe ou lui demander de décrire tout ce qu'il fait. (Elève) » Ben oui ils ont tous l'habitude du mutisme alors... » « (Elève) je n'y vois pas l'intérêt, vue les problèmes rencontrés déjà avec le professeur avec deux trois élèves ça ne pourrait qu'empirer les choses »	
Conseil	Sur le logiciel Que l'élève puisse tout taper en braille mais qu'il n'y ait pas de difficulté après pour le professeur pour qu'il puisse relire ce qu'il est en train de faire l'élève en écriture normale.	En général

Annexe n°11 : Observation d'observation sur les puissances de Dix

Institut	Spécialisée
travail	Résolution d'une équation avec des puissances
Date	Mai 2005
Nombre d'élève	4 élèves(2 filles et 2 garçons)
handicap	Non-voyants, 3 restes visuels, brailleuses

Exercice

$A = (8 \cdot 10^{15} \cdot 15 \cdot 10^{-6})$ on ferme le bloc on rajoute le bloc $20 \cdot 10^{10}$ on ferme le bloc

On a

$$A = \frac{8 \cdot 10^{15} \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{10}}$$

Alors vous allez d'abord regrouper tous les puissances de 10, on va essayer de simplifier

On passe à la ligne : ça donne

(é)

$$= \frac{10^{15} \cdot 10^{-6}}{10^{10}} \text{ au numérateur}$$

au dénominateur

Alors on sait que l'on peut l'écrire sous la forme d'une puissance comment fais- tu (é) pour calculer, simplifier les puissances

$10^{15} \cdot 10^{-6}$ on soustrait les compteurs ça fait 10^9

$$\frac{10^9}{10^{10}} = 10^{-1}$$

(p) Alors là on a deux manières de faire

-qui l'emporte c'est le dénominateur avec une différence de combien ?

(é2) 1

& au dénominateur donc oui ça fait 10^{-1}

-autre méthode on peut multiplier par l'inverse

$$\square \quad 10^9 \cdot 10^{-10} = 10^{-1}$$

Attention on écrit pas $A = 10^9 \cdot 10^{-10} = 10^{-1}$ ce n'est plus A, A on l'a divisé en deux il ne faut pas mélanger

Donc il nous reste quoi à calculer (é3) ?

Il nous reste au numérateur $8 \cdot 15$ et au dénominateur il reste 20

$$\frac{8 \cdot 15}{20}$$

(p) alors on va simplifier, on va mettre en évidence les facteurs communs, alors un petit détail en maths on dit décomposer

$$\frac{8 \cdot 15}{4 \cdot 5} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 5}{4 \cdot 5}$$

après on fait le comparatif alors qui me dit ce que l'on barre, moi au tableau et vous mentalement (é4)
(é4) → le 4 et le 5

$$\frac{2*4*3*5}{4*5} = 6$$

Alors maintenant on peut remettre le A ça nous donne

$A = 6*10^{-1}$ = ce qui est égale (é)

(é) à 6

(p) alors le six est ou au numérateur ou au dénominateur ?; il est au numérateur il était au numérateur je ne vois pas pourquoi ça aurait changé , bon maintenant je crois que vous avez une difficulté avec le 10^{-}

alors le 10^{-1} donc le 1 ça veut dire que le dix apparaît une fois
et le -1 veut dire qu'il apparaît une fois au dénominateur

Annexe n°12 : Observation d'une résolution de problème avec des notion de temps, vitesse et durée

Institut	Spécialisée
Travail	Résolution d'un problème
Date	Mai 2005
Nombre d'élève	4 élèves(2 filles et 2 garçons)
handicap	Non-voyants, 3 restes visuels, brailleuses

Exercice :

Formule de maths $v=d/t$

Ce qui veut dire en un mot que si on connaît la distance et la durée on peut calculer la vitesse, v est exprimé en fonction de la distance et de la durée

(p) Si vous deviez exposer la situation à une personne extérieure du cours comment feriez-vous ?

Donc on connaît la vitesse, la distance, on ne connaît pas la durée comment fait- on ?

(é1) faire la formule, ahhh ! non la formule n'est pas bonne

(é1) $t=0.8*12.4$

(p) comment as- tu trouvé cette formule, l'équation d'inconnue : t ; souvent l'inconnue est au numérateur, aujourd'hui elle est au dénominateur

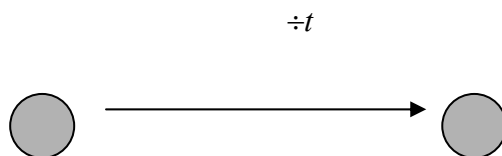
(p) alors on va faire un schéma à bulle(dessine au tableau)

Alors on a une bulle de gauche la bulle de départ et la bulle de droite qui est la bulle d'arrivée

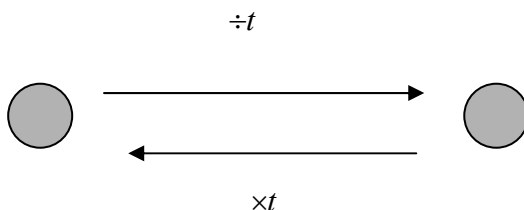
Alors cette équation c'est quoi ?

(é2) c'est une division

(p) alors on met sur la flèche le signe divisé avec t



On fait la flèche dans le sens inverse



Ce qui nous donne comme équation $12,4=0,8*t$, c'est la même chose que lorsque l'on faisait: $2x=15$

(é) $x=15/2$

(p) donc la solution de notre problème c'est quoi ?

(é3) $t=12,4/0,8$

(é4) ça fait 15,5 minutes donc un quart d'heure et 5 minutes

(p) alors la il y a une confusion je crois alors , alors 0.5 minutes pour vous ça veut dire 5 secondes c'est bien ça ?

alors ça fait 5 dixième de minute en fait

5/10 de minute c'est quelle opération qui correspond à « de » dans ma phrase cinq dixième de minutes

(é2) à multiplier

(p) donc cinq dixième de minute c'est cinq dixième fois, une minute

5:/10*60 seconde

(é) ça fait 30 secondes

(p) bien, mais explique- moi le calcul :on simplifie d'abord et on calcule après, alors

(é4) alors 60 c'est 10*6 donc on simplifie 10 de cinq dixième avec le 10 de 60

il reste 6, donc 6*5=30

(p) donc la réponse c'est 15 minutes et 30 seconde, il y avait également une autre façon de voir c'est 15 et demi donc 15minute et 30 secondes, mais c'est vrai que la méthode que l'on a employée ça nous sert quand on trouve 15,6 m ou 15,4...

(p) Bon maintenant peut on trouver une formule pour connaître la durée, il faut chercher une formule qui permette de calculer t connaissant v et d

l'objectif c'est de trouver la formule qui donne t donc dans l'exercice d'avant on avait $t=12,4 / 0,8$ donc ça veut dire que la formule qui se cache derrière est

$$t=d/v$$

Mais vous ne devez pas l'apprendre par cœur ça ne sert à rien on peut très bien la retrouver à l'aide de la formule initiale i.e.

$$v=d/t$$

Alors on peut la retrouver soit en faisant le schéma des bulles de départ et d'arrivée mais aussi grâce aux unités

Sur les trois formules que l'on pourrait faire alors on a

$$t=v/d=\text{km}/\text{h}/\text{km}=1/\text{km} \text{ ce n'est pas valable}$$

Si on fait $t=v$. $d=\text{km}/\text{h}*\text{km}=\text{km}^2$ ce qui n'est pas cohérent et enfin

$t=d/v$ donc le premier nombre est en heure au numérateur et pour le dénominateur en km /h ce qui fait pour la division après simplification des heures c'est la bonne formule !!!!

Annexe n°13 : Observation en classe lors d'un travail en Groupe

Institut	Spécialisée
Travail	Résolution d'un Problème en groupe
Date	Mai 2005
Nombre d'élève	8 élèves (5 filles et 3 garçons)
handicap	6 Non-voyants, 2 mal-voyants, 8 brailleuses

(p) Alors quelles sont les questions du problème ? (é) tu nous lis les questions
 (é) Madame Andrée passe une commande par correspondance, calcule le montant de sa commande, madame Andrée doit aussi payer 3.50 euros pour les frais de port, quel et le montant net à payer?
 (p) alors calcule le montant de sa commande... alors (é2) a fait une juste remarque il a dit qu'il fallait revenir au début, c'est tout à fait correct il faut aller regarder les articles que madame Andrée a commandés
 Qu'est ce que ça veut dire par exemple 6,...?
 (é2) oh! mais on n'a pas encore appris
 (p) alors qu'est ce que ça peut vouloir dire un lot de bobines à 6,56 euros
 (é2) ça veut dire 6 plus un petit peu plus
 (é3) ça veut dire 6 euros et cinquante six centimes
 (p) comment je vais faire moi si je dois payer 6,56 euros?
 (é) moi madame je peux le dire? Une pièce de un euro, une pièce de cinquante centime, une pièce de cinq centime et une pièce de un centime..
 (p) oui ,parfait et est ce que c'est plus ou moins de sept euros?
 (é2) c'est moins...;;
 (p) alors pour les CM1, la virgule quand on écrit sur la machine c'est le point 2 à ne pas confondre avec le point de séparation pour les chiffres comme 10000... qui est le point 3. Au cubarithme, la virgule vous prenez le cube où il y a le chiffre un et vous lui faites faire un quart de tour sur la gauche de sorte que le point soit vers le bas.
 (é2) alors comment on va faire pour additionner....?
 (p) alors est ce que je vais mélanger mes centimes et mes euros?
 (é) (é3) (é7) non!!!!
 (é2) non il faut les séparer
 (p) donc on met sur le cubarithme 6,56 euros + ...alors reprenons ce qu'elle commande : alors elle commande un fer à repasser, un lot de dix bobines, deux paires de ciseaux, deux lots de six torchons
 Alors combien il coûte ce fer ?
 (é5)32,40 euros
 (p) alors pour les nombres décimaux vous les écrivez bien au milieu de la ligne donc vous mettez 32,40, la virgule est collée au nombre
 (p) deux lots de six torchons qui coûtent 19,45 euros mais il ne faut pas oublier qu'elle en prend deux lots, alors ça fait combien?
 (é2) 19,45+19,45
 (p) attention que vous alignez bien le 19 sous le 32 et la virgule sous la virgule.....
 (é) alors après elle prend un lot de dix bobines
 (é6) ce qui fait 6,56 euros mais où je mets le 6
 (p) et bien je me demande bien où je vais mettre le 6 ? Est- ce quelqu'un sait et peut le dire à (é6)
 (é2) ben on le met sous le 9 de 19....
 (p) oui très bien on met les dizaines sous les dizaines et les unités sous les unités....
 Alors pour finir il faut rajouter quoi?

(é) les ciseaux....
 (p) et ils sont à combien les ciseaux?
 (é6) 8,52 euros
 (p) alors qu'est ce qu'il faut que je fasse?
 (é) ben qu'on mette 8,52 ,deux fois
 (p) est ce qu'elle a tout acheté?.....
 (é++++) oui
 (é) moi, je l'ai déjà calculé je peux le dire?
 (p) ben non il faut attendre que tout le monde le fasse...
 Alors si vous avez une retenue dans la colonne de droite des nombres décimaux alors on calcule ensemble....
 (é4) alors $0+5+5+6=16$
 (p) je pose 6 et je retiens 1 ensuite....
 (é2,é) alors $1+4=5+4=9+4=13+5=18+5=23+5=28$
 (P) alors qu'est ce que je fais?....
 (é2) ahhh mais il faut mettre une virgule
 (é2) et ben ouia
 (p) alors pour la retenue vous avez fait comment, vous avez mis la virgule....
 (é++++) $2+2=4+9=13+9=22+6=28+8=36+8=44$
 (é5) je pose 4 et je retiens 4
 (é2) alors le résultat total de sa commande ça fait 84000, 86
 (P) Mais je crois que tu as un petit souci dans ton calcul
 (é) 94,86
 (p) oui très bien mais c'est en quoi en litre en km?
 (é5) 94,86 euros
 (p) et ce n'est pas, tout il reste quoi?
 (é++++) la dernière question, pour qu'elle se fasse livrer.
 (p) Alors comment on fait, va- y (é7)
 (é7) ben on fait une soustraction
 (p) alors pourquoi une soustraction, quelqu'un est d'accord ou pas d'accord
 (é5) ben il faut payer les frais d'envoi
 (é7)- 3....
 (p) oui et moi si je me mets à la place de madame André je fais ma commande, on me livre et en plus on m'enlève des sous pour me livrer c'est sympa ils sont drôlement gentils mais ils vont perdre des sous les gens
 (é4) ben non ,ce n'est pas possible
 (é2) non, il ne faut pas faire de soustraction
 (p) alors (é2) explique à (é7)....
 (é2) ben ,elle commande toute sa commande et elle doit rajouter les frais de port... voila
 (p) et bien oui c'est bien , on ne va pas lui enlever les frais de port et pas lui dire: c'est vrai vous êtes gentille d'avoir commandé chez nous alors on vous déduit les frais ...
 (é2) donc on rajoute à la somme de la commande les frais d'envoi
 (p) vous gardez donc le résultat que vous avez trouvé et vous additionnez les frais de port
 (é++++) ça y est!!!!
 (p) alors vous prenez votre Perkins pour écrire le problème.....

