

Quelques règles simples à connaître pour qu'un aveugle puisse lire vos documents mathématiques et vos pages Web.

par **Frédéric Schwebel** et **Régis Goiffon**.

Cet atelier concernait tous les enseignants qui produisent des mathématiques en particulier au niveau des collèges et des lycées. Il était aussi destiné à toutes les personnes qui s'intéressent à l'intégration des personnes handicapées dans les classes ou à l'enseignement à distance sur le web.

Vous écrivez vos cours, vos exercices, vos fiches avec un ordinateur, un traitement de textes et un éditeur d'équation. Grâce à son ordinateur et à un lecteur braille adapté l'élève déficient visuel peut suivre directement l'enseignement et avoir accès aux mêmes documents que ses camarades voyants. Un enseignant aveugle peut aussi travailler à distance avec ses collègues en utilisant le même dispositif. Il suffit que les documents électroniques respectent un certain nombre de contraintes faciles à mettre en oeuvre. L'exposé développé au cours de l'atelier, avec de nombreux exemples a précisé ce qu'il faut savoir pour qu'une fiche de cours, d'exercices, un site web personnel ... soit facilement lisible sur un écran par tout le monde et en particulier par un aveugle.

C'est dans cet esprit que « BraMaNet », logiciel de transcription d'expressions mathématiques en braille, a été développé à la mission Handicap de l'université de Lyon 1 par Frédéric Schwebel.

Le texte suivant a été remis à chacun des participants.

BraMaNet, de quoi s'agit-il ?

BraMaNet est un logiciel de transcription automatique des Mathématiques en braille.

Il permet d'obtenir du Braille mathématique à partir de textes « en noir » (les textes lus par les voyants) écrits sous certains éditeurs. Limité aux signes mathématiques utilisés au niveau des collèges et lycées, il est soutenu par le Ministère de l'Education Nationale et celui de la Famille et des Personnes Handicapées.

Ce logiciel libre et gratuit est téléchargeable sur le site de la mission :

<http://handy.univ-lyon1.fr/projets/BraMaNet>

Les nouvelles technologies de la communication rendent accessibles le travail à distance, l'accès à une information riche et variée, la diffusion rapide des

connaissances et de la science à tous ceux qui le désirent moyennant un équipement chaque jour plus abordable et plus simple d'emploi. Les bases de données, les encyclopédies multimédias, les documents hypertextes se développent rapidement pour devenir des outils de travail quotidiens. Cependant, pour une personne aveugle, l'accès à ces informations pose un certain nombre de problèmes et reste très souvent (trop souvent) impossible ... Des solutions peu coûteuses existent pourtant et peuvent aider à résoudre certains problèmes.

Pour utiliser un ordinateur les personnes aveugles ont à leur disposition la synthèse vocale, des " plages brailles " qui permettent de lire directement en Braille les textes affichés à l'écran et des imprimantes brailles, les " embosseuses ". La synthèse vocale est inopérante pour les textes mathématiques, mais les plages brailles permettent de lire les textes convertis en braille mathématique .

BraMaNet est précisément un traducteur d'expressions mathématiques en braille. Il transcrit les formules codées en MathML en une chaîne de caractères correspondant à l'expression mathématique en braille français. Les symboles et expressions actuellement implémentées vont jusqu'au niveau lycée et au début de l'université. La possibilité d'éditer la table braille des symboles mathématiques en fait un outil adaptable à la plupart des appareils braille (plages ou embosseuses). De plus, le fichier créé par la traduction est un fichier-texte standard qui peut être ensuite envoyé dans d'autres logiciels de traitement de braille (comme DBTWin ou Winbraille).

Le texte suivant s'articule autour de trois idées directrices :

- La communication et les nouvelles technologies. Améliorer l'accessibilité des documents produits par les enseignants pour faciliter leur transmission.
- Les enjeux de l'enseignement pour les élèves handicapés. Apporter un élément nouveau dans la lutte contre l'exclusion des personnes aveugles. C'est un enjeu important pour l'enseignement et les élèves handicapés.
- L'intérêt pédagogique. Enrichir l'enseignement avec une approche différente, permettre un travail entre professeur de mathématique voyant et personnes aveugles.

Il tente également d'apporter un éclairage sur les problèmes que rencontrent quotidiennement les personnes aveugles, de la maternelle à l'université, pour accéder aux divers textes mathématiques et les solutions que peuvent apporter les nouvelles technologies.

Le nombre des personnes aveugles est de l'ordre de quatre pour mille (0,4 %). On peut se demander quel est l'intérêt d'exposer des solutions développées pour un

public a priori très restreint dans un atelier des Journées Nationales.

En fait les problèmes rencontrés pour la transcription en braille de textes mathématiques concernent une grande majorité des documents produits par les professeurs de mathématiques. Ces documents sont très souvent difficiles à " exporter ", difficiles à utiliser sur d'autres machines ou avec d'autres logiciels, parfois même avec une version différente du logiciel mis en œuvre pour leur élaboration. En effet, il existe toujours plusieurs manières de produire un document " électronique " et d'obtenir un " effet souhaité " à l'écran ou à l'impression. Mais ensuite, lorsque le fichier est envoyé à un collègue, à une revue, ou simplement consulté sur un autre ordinateur, il s'avère qu'il n'est pas " lisible " par les interlocuteurs ... BraMaNet a été avant tout développé pour permettre aux aveugles de lire des textes mathématiques, mais un tel projet n'interpelle pas seulement les professeurs de mathématique spécialisés pour les déficients visuels. Les problèmes sous-jacents touchent directement aux problèmes de fond que l'informatique aura à résoudre dans l'avenir pour permettre le plein développement de l'information qu'autorise par exemple le Web. Nous avons essayé aussi de donner un éclairage sur les problèmes qui doivent être traités par les professionnels de la publication électronique pour rendre accessibles à tous les textes scientifiques en général, mathématiques en particulier et d'expliquer comment chaque enseignant de mathématique peut apporter une contribution non négligeable. Au-delà de travaux qui avancent très vite, les enjeux sont aussi de développer à l'échelle de la planète des bibliothèques virtuelles et des bases de données facilement accessibles. La pérennité et la conservation des informations, des données qui constitueront la mémoire de l'humanité sont également un autre challenge capital pour les spécialistes.

La démarche entreprise dans le projet BraMaNet sous-tend par ailleurs d'autres aspects que la simple réalisation " d'une moulinette informatique ". Les enjeux de l'enseignement pour les élèves handicapés sont importants. Il faut d'abord éviter l'exclusion et ensuite favoriser l'intégration de ces élèves. Le pourcentage d'aveugles qui poursuivent des études scientifiques en général, mathématiques en particulier, est dérisoire alors que des perspectives d'insertion professionnelles dans ce domaine sont tout à fait réelles.

Quels sont les problèmes, les obstacles ? L'essentiel des textes mathématiques n'est pas accessible aux personnes aveugles. À l'heure actuelle, un étudiant qui souhaite travailler un ouvrage de mathématique n'a pas d'autre ressource que de faire appel à un lecteur " en chair et en os " ! Il n'existe pratiquement pas de livre de mathématique électronique. Nous verrons aussi que les rares ouvrages qui sont doublés d'une version sur CD-Rom ne sont pas non plus accessibles aux personnes

aveugles dotés du matériel adéquat. Pourtant, les nouvelles technologies pourraient sans surcoût apporter des solutions moyennant une réflexion sur les choix qui sont faits au départ de la conception des produits.

L'intérêt pour la pédagogie n'est pas négligeable. Grâce aux possibilités que développent les nouvelles technologies, il devient facile d'enrichir l'enseignement avec une approche différente, de faciliter les échanges entre les enseignants. La standardisation des nouveaux langages permet dès maintenant d'envisager les échanges d'informations, de travaux, d'expériences, de documents avec un minimum de contraintes.

Le braille et les mathématiques :

Louis Braille, qui était aveugle, a inventé son système en 1825 à l'âge de 16 ans, la version définitive datant de 1837. Un ancien capitaine de marine, Charles Barbier de la Serre, avait proposé auparavant un système dérivé du morse (un code à base de points et de tirets), la " sonographie ". Cette " écriture nocturne " qui permettait aux militaires de communiquer la nuit avait l'inconvénient d'une part d'être sonographique plutôt qu'alphabétique et d'autre part d'être d'une amplitude trop importante. Mais elle permit à Louis Braille de se rendre compte que les points étaient plus facilement perceptibles sous les doigts. Pour qu'un caractère soit immédiatement perçu sous la pulpe du doigt il ne doit pas comporter plus de six points : trois en hauteur, deux en largeur. L' " anaglyptographie " avec ses soixante-trois combinaisons possibles permet non seulement d'écrire tous les caractères de l'alphabet mais aussi les notations mathématiques et musicales. Seul un aveugle pouvait développer un système aussi satisfaisant !

Un avantage important de ce codage développé pour des textes littéraires est qu'il est pratiquement universel quel que soit l'alphabet utilisé. Par exemple, en chinois, chaque idéogramme a sa correspondance en écriture latine (système Pinyin) ce qui permet son interprétation en braille immédiatement.

Le système de Louis Braille a été adopté dans de nombreux pays en moins de 10 ans. C'est un élément capital pour permettre aux personnes aveugles de communiquer, en particulier dans le monde du travail. Mais les codages ne sont pas obligatoirement homogènes d'un pays à l'autre. Le braille mathématique allemand n'est pas le même que le braille mathématique français ou américain. À l'intérieur même du monde francophone des différences subsistent, mais plus pour longtemps. Un accord de coopération sur l'uniformisation du braille français a été signé en juin 2001 à Casablanca par des représentants de l'Afrique, de la Belgique, de la France, du Québec et de la Suisse. Un premier groupe d'experts s'est réuni à Montréal du 7 au 11 octobre 2002, où il est parvenu à élaborer un tableau des 63 caractères du

système braille, ainsi qu'une liste d'une trentaine d'autres symboles (voir : l'unification internationale du braille français sur le site de l'association Valentin Haüy, <http://www.avh.asso.fr/unification.php>). Les travaux vont se poursuivre pour étudier la formation des symboles composés et les règles d'utilisation. Par la suite le code braille informatique et l'abrégé seront étudiés.

L'apport des nouvelles technologies :

Avant l'apparition de l'informatique, pour qu'un voyant puisse communiquer à distance avec une personne aveugle, il lui fallait apprendre le braille ou enregistrer son discours sur un magnétophone. On imagine sans peine les problèmes de compréhension qui vont se poser dans les domaines scientifiques chaque fois qu'un texte comporte des expressions un tant soit peu complexes.

L'ordinateur couplé avec un terminal braille autorise la communication sans intermédiaire entre le voyant et l'aveugle pour les textes " littéraires " ou pour toutes les écritures " en ligne ".

Les logiciels de traitement de Braille comme Duxbury ou Braillestar permettent même la transcription automatique selon les règles de l'Abrégé Orthographique Étendu, l'AOE. Ces règles visent à abréger certains mots ou terminaisons de mots, syllabes ... afin de réduire l'encombrement du texte en braille. Outre le confort d'utilisation, on peut ainsi gagner jusqu'à 30 % de place.

Dans le cas de l'écriture de textes scientifiques, des problèmes surgissent. Pour un voyant, la lecture d'une formule mathématique revient à appréhender une image dans sa globalité avant de lui donner son sens. Une formule ne se déroule pas, comme un texte littéraire, de façon " linéaire ", par suite de la présence d'une écriture particulière avec des symboles, indices, exposants ... Pour être lu en braille, la formule doit être au préalable " mise en ligne " ce qui implique une grammaire et une syntaxe particulière pour indiquer le début et la fin de validité d'un symbole ou d'une expression.

Les premiers terminaux braille ont fait leur apparition vers la fin des années 70. Ils permettent à des personnes aveugles de travailler sur ordinateur, par exemple pour effectuer des calculs scientifiques. Mais pour l'écriture de textes mathématiques, les problèmes sont encore loin d'être réglés.

Certaines solutions ont été développées, mais elles restent liées aux systèmes d'exploitation et aux logiciels utilisés. La rapidité du développement de l'informatique les rend très rapidement obsolètes.

Par exemple en Autriche, à l'Université de Linz (Johannes Kepler Universität Linz Altenbergerstr. 69 . A-4040 Linz, <http://www.uni-linz.ac.at/>), " Labrador " ("

LateX, braille, porte ") a été développé sous DOS pour l'impression de manuels scolaires en braille. Mais il n'intéresse que le braille mathématique allemand et tend à devenir obsolète avec le développement de " Windows ". De plus l'adaptation au braille mathématique français n'a pas été possible : il fallait pratiquement reprendre à zéro tout le travail. Aux Etats-unis, l'université de Purdue (Indiana, Purdue University, West Lafayette, IN 47907 USA, 765-494-4600, <http://www.purdue.edu/>) a développé un convertisseur permettant de passer de Word V au braille mathématique américain. Mais ce convertisseur est inutilisable avec les versions suivantes de Word V. Il n'est pas possible de " mettre en Word V " les textes mathématiques écrits avec une version ultérieure car il n'y a pas de " compatibilité descendante " entre les différentes versions pour les textes mathématiques !

À l'Université de Lyon, la mission Handicap a très tôt décidé d'utiliser les ressources du réseau Rocard (le réseau optique du campus de la Doua) et du Web pour permettre une accessibilité rapide et continue des cours aux étudiants handicapés. Mais le " portage " des fichiers fournis par les enseignants était tellement problématique qu'il valait mieux généralement ressaisir la totalité des textes. Une perte de temps énorme alors que, en principe, il devait être possible de transférer directement les productions des enseignants sur le serveur de la mission. Il faut ici remarquer que le problème se rencontre ailleurs. Au niveau de l'enseignement secondaire, les professeurs de mathématique sont de plus en plus nombreux à utiliser quotidiennement l'informatique pour écrire des cours, des exercices des devoirs mais les fichiers sont inaccessibles aux personnes aveugles. Et à l'APMEP presque la moitié des fichiers envoyés au Bulletin Vert sont l'objet d'une ressaisie ... Pourquoi ? Les logiciels récents sont " wysiwyg " (what you see is what you get, " tel écran tel écrit ") c'est-à-dire que ce que vous voyez sur votre écran est ce que vous obtenez. Mais ce que vous voyez sur votre écran est seulement visible sur votre écran et pas obligatoirement sur celui d'un interlocuteur !

Au début des années 90 le développement du Web a commencé à ouvrir d'autres perspectives intéressantes pour la publication scientifique. Cependant le langage HTML (Hyper Text Markup Language) développé avec les premiers navigateurs Web ne permet pas le traitement de textes mathématiques : Un symbole ou une formule est une image (" .gif " ou " .jpeg "). Les futurs langages qui émergent depuis quelques années devraient pouvoir prendre en compte, entre autres, ce problème. En particulier un groupe de travail du World Wide Web Consortium, le

W3C, a développé depuis 1996, XML un métalangage de description de langages. Pour les mathématiques MathML en dérive. Son développement rapide semble déjà assuré. En essayant d'anticiper sur le développement de ce nouveau langage la mission Handicap a réalisé un convertisseur permettant d'exporter un texte mathématique de MathML (Mathematical Markup Language) vers le braille. Un texte mathématique écrit avec l'éditeur d'équation de Word ou avec MathType sera exporté d'abord en MathML. Ensuite il sera converti en braille grâce à BraMaNet. Si le standard du braille mathématique français doit évoluer, ce qui est le cas en ce moment, le convertisseur sera facilement modifié.

En France Word est le traitement de texte le plus employé dans le milieu de l'enseignement. Il était tentant de faire porter l'effort sur Word ainsi que sur l'éditeur d'équation MathType (l'éditeur d'équation des récentes versions de Word n'étant qu'une version allégée de MathType) qui prévoit l'exportation en MathML : Une fois exporté en MathML le document est porté en braille avec la " moulinette " de BraMaNet.

Si le standard du braille mathématique français doit évoluer, le convertisseur sera facilement modifié.

Grâce à BraMaNet, un document élaboré par un enseignant de mathématique sera utilisable directement par une personne aveugle sans manipulation supplémentaire.

Dans le projet BraMaNet, certains problèmes comme celui des calculatrices et des tableurs n'ont pas été traités. Mais l'utilisation de logiciels de calcul formel comme Mathematica ou Mapple pourraient être pris en compte dans l'avenir, ces logiciels permettant l'exportation des fichiers en MathML.

Le passage du braille mathématique au " noir " est aussi intéressant. Toutefois d'autres problèmes se posent ... Différents fabricants de terminaux brailles proposent des solutions logicielles (" braillemax " de Handialog par exemple). Mais les résultats deviennent aléatoires dès qu'il s'agit d'une formule complexe. Ces solutions, qui ont le mérite d'exister, imposent des contraintes trop fortes pour un travail quotidien.

Pour en savoir plus sur BraMaNet :

Le projet " BraMaNet " a des pages spécifiques sur le site de la mission Handicap (<http://handy.univ-lyon1.fr/projets/BraMaNet/>) concernant son téléchargement, son implantation, les mises à jour, des liens utiles ...

Le site de la mission donne également des informations sur l'accessibilité du web,

les normes de la WAI (<http://handy.univ-lyon1.fr/access/index.html>), des liens, le rapport de synthèse sur l'accessibilité des documents scientifiques aux non voyants (<http://handy.univ-lyon1.fr/projets/regional/rapport.html>) ...

Voir aussi :

- L'atelier SA2 des Journées Nationales de Rennes 2002) : " Adaptation des figures en cours de mathématiques pour les élèves déficients visuels " par Françoise Magna.
- L'article de Jon Bosak et Tim Bray " Le langage XML " publié dans " Pour la science " (n° 261 juillet 99) qui donne un aperçu des nouveaux langages en cours de développement.

Plage braille : C'est un dispositif passif qui permet de lire en braille ce qui est écrit sur l'écran.

Terminal braille : Dispositif actif permettant de lire en braille ce qui est écrit sur l'écran et aussi d'écrire des fichiers lisibles " en noir " sur l'écran.

Embosseuses : Imprimantes brailles.

Textes en noir : Expression utilisée par les personnes aveugles pour désigner les documents lisibles par les voyants.

Annexes :

.1. Un exemple des étapes de transcription d'une expression mathématique :

Cet exemple a été donné au cours de l'atelier D25 des Journées d'Orléans.

Voici une expression mathématique rentrée avec MathType :

$$\sqrt{4x^2 + \frac{5x}{3}} = 12$$

Voici la même expression traduite par MathType en MathML :

```
<math>
  <semantics>
    <mrow>
      <msqrt>
        <mrow>
          <mn>4</mn><msup>
            <mi>x</mi>
          <mn>2</mn>
        </msup>
        <mn>+</mn>
        <mn>5</mn><mi>x</mi>
        <mn>/</mn>
        <mn>3</mn>
      </mrow>
    </msqrt>
    <mn>=</mn>
    <mn>12</mn>
  </mrow>
</semantics>
</math>
```

```

<mo>+</mo><mfrac>
  <mrow>
    <mn>5</mn><mi>x</mi>
  </mrow>
  <mn>3</mn>
</mfrac>

</mrow>
</msqrt>
<mo>=</mo><mn>12</mn>
</mrow>

</semantics>
</math>

```

Voici la même expression traduite par BraMaNet en chaîne de caractères :

'!@<4x^2!<5x;/3;"12

Et voici ce que finalement elle donne en braille sur une plage braille ou une embosseuse :



.2. Mathématiques et Braille

<http://www.indexbraille.com>

constructeur principal d'embosseuses et développeur de **Winbraille**, transcripteur braille

<http://www.avh.asso.fr/magasin/produits/81040.php>

page en français sur **DBTWin**, transcripteur braille

<http://www.apmep.asso.fr/BrailMa0.html>

Braille mathématique à l'association des professeurs de mathématiques (APMEP)

<http://www.cmla.ens-cachan.fr/forge/Exposes/MathML.pdf>

Exposé Math ML un langage idéal pour le web

http://www.mathtype.com/fr/features/white_papers/mt_mathml.htm

exposé sur les math sur le web

<http://www.mathtype.com/support/tutorials/mathml/default.stm>

introduction à mathML

<http://www.tcom.ch/Presentations/XML/XML.pdf>

Etude des langages xml

<http://www.irisa.fr/ra2000/imadoc.pdf>

Interprétation d'image et de documents

<http://www.mutu-xml.org/xml-base/shared/KEY-MATHML.html>

MathML

<http://www.w3.org/Math/>

site de référence sur mathML

http://mathosphere.net/editeurml/doc_english.html

éditeur mathML

<http://www.w3.org/Math/XSL/>

des math sur le web

<http://www.la-grange.net/w3c/WAI-WEBCONTENT-TECHS/>

techniques pour l'accessibilité sur le web des math

.3. Ressources pour les aveugles et déficients visuels sur le web

Sites Internet :

Le site de l'Association Valentin Haüy, l'AVH (<http://www.avh.asso.fr/>)

Le site de l'Institut National des Jeunes Aveugles, l'INJA (<http://www.inja.fr>)

Le site de l'Oeuvre Nationale des Aveugles, l'ONA (<http://www.ona.be/>)

Le site de l'Association des Professeurs de Mathématique de l'Enseignement Public, l'APMEP (<http://www.apmep.asso.fr/>)

Signalons aussi que le site de la circonscription AIS de Charente-Maritime (Inspection départementale de l'Adaptation et Intégration Scolaires, <http://ienlrais.free.fr/handicinfo.htm>) met en ligne une série de solutions logicielles gratuites ou libres et des exemples de stratégies d'utilisation d'applications permettant d'offrir aux handicapés une autonomie importante sinon complète. Il devient possible de proposer une activité scolaire en version électronique pour des élèves handicapés. Handicaps moteurs, visuels, auditifs, déficiences cognitive ou linguistique font l'objet de propositions de solutions concrètes.

Autres ressources :

<http://www.accessiweb.org>

site « encyclopédique » et très pratique sur l'accessibilité des sites web

<http://www.inlb.qc.ca/>

ressources spécialisées au Québec pour les déficients visuels

<http://www.insa-remnes.fr/handisup/cours/braille1/braillen.htm>

méthode pour apprendre le braille pour les enseignants qui voient

<http://www.abage.ch/>

Association genevoise pour les aveugles et les malvoyants

<http://www.ona.be>

site de l'Œuvre Nationale pour les Aveugles (Belgique)

<http://ifla.org/IV/ifla62/62-plaf.htm>

Origines et génèse du Braille dans le monde

<http://www.snof.org/histoire/Lbraille.html>

Louis Braille, inventeur des six points magiques

<http://www.snv.jussieu.fr/inova/bs4/index.htm>

« Braillesurf4 » navigateur internet pour handicapés visuels

<http://www.chez.com/ophtasurf/lebraille.htm>

Le système Braille

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

Brailenet, un portail

<http://www.cnib.ca/frn/braille/>

centre canadien d'information sur le Braille

<http://users.info.unicaen.fr/~agoloubk/site/braille.html>

site d'information

<http://annuaire.didier-gras.com/contenuparcategorie.php>

annuaire répertoriant 15 sites sur le Braille

<http://www.braillejymico.qc.ca/mscienfr.htm>

<http://www.braillejymico.qc.ca/mtactifr.htm>

Production de documents scientifiques (entreprise privée canadienne)

http://www.blindlife.ch/index.php?PM=60&StaticPage=frm_Text.php

Braille traduction on-line

Frédéric Schwebel et Régis Goiffon, janvier 2005

Regis.Goiffon@univ-lyon1.fr

Frederic.Schwebel@adm.univ-lyon1.fr