

Accessibilité des Mathématiques pour les personnes handicapées visuelles: État de l'art et prospective

Dominique Archambault

Interfaces Non Visuelles et Accessibilité
Département d'Informatique, UFR d'Ingénierie
Université Pierre et Marie Curie - Paris 6

>>> <http://chezdom.net/blog> <<<

Journée DeViNT 2010

Polytech'Nice-Sophia à Sophia Antipolis – 20 mai 2010

réalisé à partir de ma présentation faite lors de WEIMS 2009

Workshop on E-Inclusion in Mathematics and Science

JST Innovation Plaza, Fukuoka – Japan – December 12-13, 2009

Les problèmes posés par l'accès non visuel aux expressions Mathématiques

Menu du jour

- Quels sont les problèmes ?... quelles en sont les conséquences ?
- Qu'est-ce qui peut aider ?
- Évolution de la population
- De quoi aurons nous besoin demain ?

L'accès aux Maths a toujours posé problème aux personnes handicapées visuelles

- Notre postulat: Il n'y a aucune raison inhérente au handicap visuel qui empêche la compréhension de la sémantique mathématique.
- Le plus gros problème est en fait la façon d'accéder aux contenus des expressions mathématiques

L'accès aux Maths a toujours posé problème aux personnes handicapées visuelles

- Notre postulat: Il n'y a aucune raison inhérente au handicap visuel qui empêche la compréhension de la sémantique mathématique.
- Le plus gros problème est en fait la façon d'accéder aux contenus des expressions mathématiques

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles
 - *Synthèse vocale*
 - *Braille* $\} \Rightarrow$ Représentations linéaires
- Modalités complémentaires utilisées par les voyants

L'accès aux Maths a toujours posé problème aux personnes handicapées visuelles

- Notre postulat: Il n'y a aucune raison inhérente au handicap visuel qui empêche la compréhension de la sémantique mathématique.
- Le plus gros problème est en fait la façon d'accéder aux contenus des expressions mathématiques

Les conséquences sont sérieuses!

- Les enfants ayant un handicap visuel ont plus de difficultés que les autres pour accéder au contenus mathématiques
"La double peine"
- C'est un obstacle pour toutes les disciplines scientifiques
- Très peu d'entre eux font des études scientifiques (seulement les plus brillants)

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

$$(x+1)/(x-1)$$

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

7 symboles

$$(x+1)/(x-1)$$

11 symboles

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

7 symboles

$$(x+1)/(x-1)$$

11 symboles



En braille américain (Nemeth)

9 symboles

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

7 symboles

$$(x+1)/(x-1)$$

11 symboles



En braille français

11 symboles

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

7 symboles

$$(x+1)/(x-1)$$

11 symboles



En braille allemand (Marburg)

14 symboles et 4 espaces

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

$$(x+1)/(x-1)$$

"x plus un sur x moins un"

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises

Exemple

$$\frac{x+1}{x-1}$$

$$(x+1)/(x-1)$$

"x plus un sur x moins un"

$$x + \frac{1}{x-1}$$

$$x + \frac{1}{x} - 1$$

$$\frac{x+1}{x} - 1$$

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises
- En “visuel” on utilise des modalités d'appoint!

Exemple

Développer un produit:

$$(x + 1)(x - 1) = \dots$$

Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises
- En “visuel” on utilise des modalités d'appoint!

Exemple

Développer un produit:


$$(x + 1)(x - 1) = x^2 - x \dots$$

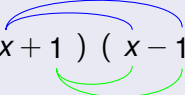
Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises
- En “visuel” on utilise des modalités d'appoint!

Exemple

Développer un produit:

$$(x + 1)(x - 1) = x^2 - x + x - 1 = \dots$$


Access to Maths as always been a problem to VIP

Où est le problème ?

- Représentations non visuelles $\Rightarrow$ *Linéaires*
 - Pas de perception globale
 - Des formules qui peuvent être très longues et complexes
 - Des formules qui peuvent facilement être mal comprises
- En “visuel” on utilise des modalités d'appoint!

Exemple

Développer un produit:

$$(x + 1)(x - 1) = x^2 - \cancel{x} + \cancel{x} - 1 = x^2 - 1$$

État de l'Art

Technologies d'assistance

Depuis 20 ans un certain nombre de projets de recherche et d'outils commerciaux tentent d'apporter de l'aide aux personnes handicapées visuelles ; dans 3 catégories:

- accéder
- lire, comprendre
- faire (manipuler, calculer, résoudre)

voir [Archambault et al. 2007] article publié dans Upgrade (Cepis): <http://www.upgrade-cepis.org/issues/2007/2/upgrade-vol-VIII-2.html>

Transcrire

Production de documents braille

Créer des documents braille

Mainstream to Braille

- [Miesenberger et al.] Labradoor: de LaTeX vers Marburg
- [Schwebel] Bramanet: de MathML vers Braille Français
- [Crombie et al.] math2braille: de MathML vers Braille officiel néerlandais **
- [Stanley]: MathML to Nemeth
- [Archambault et al.] **UMCL** (Multilingue)

Reconnaissance de caractères (OCR) spécialisé en Maths

- [Suzuki et al.] Infty: papier, PDF ou écriture manuscrite vers MathML, Braille japonais, LaTeX...

Transcrire

Aider l'intégration scolaire

Permettre aux enseignant non spécialisés d'accéder à des documents créés en Braille par des élèves ou des étudiants

Braille papier vers noir

- [Gupta et al.] Insight: chaîne complète de traitement de documents en braille (Papier)
 - Reconnaissance de caractères braille (Braille OCR)
 - Braille mathématique vers Latex
 - intégration avec le texte
 - sortie graphique (imprimé)

Transcrire

Aider l'intégration scolaire

odt2dtbook*

odt2dtbook une extension d'OpenOffice.org, qui permet d'exporter en XML DTBook (part of *DAISY* Digital Talking Book specification), n'importe quel document que le traitement de texte d'OpenOffice.org peut ouvrir.

- odt2dtbook est très simple à installer et utiliser
- odt2dtbook est distribué en OpenSource.
- odt2dtbook supporte les expressions mathématiques selon l'extension modulaire MathML de DTBook

<http://odt2dtbook.sourceforge.net>.

*devenu odt2daisy

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

Maths Player [Design Sciences]

Plug-in gratuit pour Internet Explorer permettant d'afficher de façon graphique les formules en MathML dans une page Web.

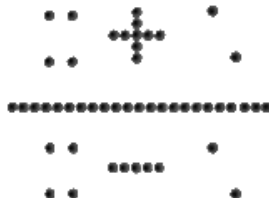
- Permet d'agrandir les formules et de les séparer du reste du texte grâce à une fond de couleur : [améliore la lisibilité pour les malvoyants \(et finalement pour tout le monde\)](#)
- Génère une phrase à lire par un screen reader : [support pour la synthèse vocale](#)
- Transcrit en Braille en utilisant UMCL (en cours de développement): [support pour les afficheurs Braille](#)

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

dots plus [View Plus]

Vue tactile en 2 dimensions d'une formule.



Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

Maths Genie [Karshmer et al.]

Navigateur de formule

- Permet d'agrandir les formules
- Synthèse vocale
- K. a introduit la notion de **navigation dans une formule** et la fonction d'**ouverture/fermeture** d'une branche de l'arbre sémantique (en fait un sous-ensemble cohérent de la formule).

$$\frac{x+1}{x-1}$$

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

Maths Genie [Karshmer et al.]

Navigateur de formule

- Permet d'agrandir les formules
- Synthèse vocale
- K. a introduit la notion de **navigation dans une formule** et la fonction d'**ouverture/fermeture** d'une branche de l'arbre sémantique (en fait un sous-ensemble cohérent de la formule).

Entity
Entity

(prononcé : "Entity over entity")

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

Maths Genie [Karshmer et al.]

Navigateur de formule

- Permet d'agrandir les formules
- Synthèse vocale
- K. a introduit la notion de **navigation dans une formule** et la fonction d'**ouverture/fermeture** d'une branche de l'arbre sémantique (en fait un sous-ensemble cohérent de la formule).

$$x + 1$$

(entrer dans l'entité du haut)

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

Maths Genie [Karshmer et al.]

Navigateur de formule

- Permet d'agrandir les formules
- Synthèse vocale
- K. a introduit la notion de **navigation dans une formule** et la fonction d'**ouverture/fermeture** d'une branche de l'arbre sémantique (en fait un sous-ensemble cohérent de la formule).

$x - 1$

(naviguer vers la partie inférieure)

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

Maths Genie [Karshmer et al.]

Navigateur de formule

- Permet d'agrandir les formules
- Synthèse vocale
- K. a introduit la notion de **navigation dans une formule** et la fonction d'**ouverture/fermeture** d'une branche de l'arbre sémantique (en fait un sous-ensemble cohérent de la formule).

Entity
Entity

(retour au niveau supérieur)

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

MaWEn [Archambault , Stöger, Batusic, Fahrengruber and Miesenberger]

Ensemble de prototypes pour expérimenter des fonctions d'aide aux mathématiques (et les évaluer avec des utilisateurs).

- extension de la notion de navigation et d'ouverture/fermeture de branches au braille mathématique
- utilisation de descripteurs pour nommer ces branches
- supporte différents codes Braille mathématiques grâce à [UMCL](#)

$$\frac{x+1}{x-1}$$

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

MaWEn [Archambault , Stöger, Batusic, Fahrenguber and Miesenberger]

Ensemble de prototypes pour expérimenter des fonctions d'aide aux mathématiques (et les évaluer avec des utilisateurs).

- extension de la notion de navigation et d'ouverture/fermeture de branches au braille mathématique
- utilisation de descripteurs pour nommer ces branches
- supporte différents codes Braille mathématiques grâce à [UMCL](#)

$$\frac{x+1}{x-1}$$

$\Rightarrow$

$$\frac{Sum}{Sum}$$

Lire, comprendre

Lire des documents mathématiques

MaWEn [Archambault , Stöger, Batusic, Fahrengruber and Miesenberger]

Ensemble de prototypes pour expérimenter des fonctions d'aide aux mathématiques (et les évaluer avec des utilisateurs).

- extension de la notion de navigation et d'ouverture/fermeture de branches au braille mathématique
- utilisation de descripteurs pour nommer ces branches
- supporte différents codes Braille mathématiques grâce à [UMCL](#)

$$\frac{x+1}{x-1}$$

⇒

$$\frac{Sum}{Sum}$$

⇒

$$\frac{S}{S}$$

Faire des maths:

Manipuler des expressions, calculer, résoudre

Quelques projets

- Le projet Lambda [Nicoltra et al.]
- Les prototypes d'assistants de calcul MaWEn [Archambault and Stöger]
- ChattyInfty [Yamaguchi et al.]

Faire des maths:

Manipuler des expressions, calculer, résoudre

Nous devons aller plus loin et proposer un réel support pour aider les élèves/les étudiants à faire des calculs.

- sans résoudre les problèmes mathématiques à leur place
- mais au contraire en transposant l'aide que les personnes qui calculent *en noir* trouvent dans la structure bi-dimensionnelle de la représentation graphique elle-même et dans les graffitis et autres schémas qu'ils dessinent autour des formules.

Faire des maths:

Manipuler des expressions, calculer, résoudre

Nous devons aller plus loin et proposer un réel support pour aider les élèves/les étudiants à faire des calculs.

- sans résoudre les problèmes mathématiques à leur place
- mais au contraire en transposant l'aide que les personnes qui calculent *en noir* trouvent dans la structure bi-dimensionnelle de la représentation graphique elle-même et dans les graffitis et autres schémas qu'ils dessinent autour des formules.

$$(x+1)(x-1) = x^2 - \cancel{x} + \cancel{x} - 1 = x^2 - 1$$

La population évolue

- Les progrès médicaux ont permis de réduire le nombre de personnes naissant ou devenant aveugle ou malvoyants, principalement ceux qui n'ont pas de handicap associé, au moins dans les pays développés.
- Dans les pays nordiques, les sociétés encouragent l'intégration scolaire. Dans les pays en voie de développement : pas ou peu d'établissements spécialisés. Le nombre de personnes ayant une compétence dans les codes mathématiques braille se réduit.
- Les études scientifiques ne doivent pas être réservées au plus brillants!

La population évolue

- Les progrès médicaux ont permis de réduire le nombre de personnes naissant ou devenant aveugle ou malvoyants, principalement ceux qui n'ont pas de handicap associé, au moins dans les pays développés.
- Dans les pays nordiques, les sociétés encouragent l'intégration scolaire. Dans les pays en voie de développement : pas ou peu d'établissements spécialisés. Le nombre de personnes ayant une compétence dans les codes mathématiques braille se réduit.
- Les études scientifiques ne doivent pas être réservées au plus brillants!

La population évolue

- Les progrès médicaux ont permis de réduire le nombre de personnes naissant ou devenant aveugle ou malvoyants, principalement ceux qui n'ont pas de handicap associé, au moins dans les pays développés.
- Dans les pays nordiques, les sociétés encouragent l'intégration scolaire. Dans les pays en voie de développement : pas ou peu d'établissements spécialisés. Le nombre de personnes ayant une compétence dans les codes mathématiques braille se réduit.
- Les études scientifiques ne doivent pas être réservées au plus brillants!

La population évolue

- Les progrès médicaux ont permis de réduire le nombre de personnes naissant ou devenant aveugle ou malvoyants, principalement ceux qui n'ont pas de handicap associé, au moins dans les pays développés.
- Dans les pays nordiques, les sociétés encouragent l'intégration scolaire. Dans les pays en voie de développement : pas ou peu d'établissements spécialisés. Le nombre de personnes ayant une compétence dans les codes mathématiques braille se réduit.
- Les études scientifiques ne doivent pas être réservées au plus brillants!

Il faut **aussi** supporter des notations plus simples

Les fonctions de navigations et d'ouverture/fermeture de sous expressions permettent d'aider à comprendre des formules complexes sans avoir recours à des codes très complexes.

La prochaine génération d'outils d'aide doit :

- permettre de naviguer et d'ouvrir/fermer des sous expressions
- permettre à chaque utilisateur de choisir la représentation qui lui convient le mieux (du format linéaire simple au Braille le plus compliqué)
- proposer des assistants d'aide pour compenser le manque des modalités d'appoint (*graffitis*)
- pouvoir s'intégrer comme un plug-in dans les principales applications mathématiques

Documents mathématiques accessibles

Quel format utiliser ?

Intégrer des expressions mathématiques

- Utiliser directement un code braille limite les possibilités de diffusion des documents
- Des nouvelles librairies de programmation permettent la transcription automatique du MathML vers divers formats
- Il faut utiliser la notation MathML.

Documents mathématiques accessibles

Quel format utiliser ?

Intégrer des expressions mathématiques

- Utiliser directement un code braille limite les possibilités de diffusion des documents
- Des nouvelles librairies de programmation permettent la transcription automatique du MathML vers divers formats
- Il faut utiliser la notation MathML.

Selon l'utilisation

- XHTML+MathML
- Daisy (DTBook, ANSI/NISO Z39.86)
- Format OpenDocument (OASIS, OpenOffice.org)

Documents mathématiques accessibles

Quel format utiliser ?

Intégrer des expressions mathématiques

- Utiliser directement un code braille limite les possibilités de diffusion des documents
- Des nouvelles librairies de programmation permettent la transcription automatique du MathML vers divers formats
- Il faut utiliser la notation MathML.

La prochaine génération de formats mathématiques sera sémantique (MathML 3, OpenMaths 3).

Documents mathématiques accessibles

Documents sources

Des documents sources (fournis par les enseignants d'école ordinaire, les éditeurs, etc) rend très difficile la génération de documents mathématiques accessibles.

- expressions divisées en plusieurs parties
- expressions non marquées comme “*mathématiques*” (variables simples, ou expressions courtes)
- expressions contenant du texte

obrigado

gracias

bayarlalaa

ευχαριστώ tak

有り難う (arigato)

kiitos

謝謝 (shie shie)

chokrane merci

grazie

thank you

dankon

danke shön

dziekuje

<http://chezdom.net/blog>