



HAL
open science

Les médiateurs médico-éducatifs au centre de la conception : l'interface HMK pour les collégiens et lycéens

Damien Sauzin, Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Nathalie Dubus

► To cite this version:

Damien Sauzin, Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Nathalie Dubus. Les médiateurs médico-éducatifs au centre de la conception : l'interface HMK pour les collégiens et lycéens. 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, AFIHM, Aug 2017, Poitiers, France. 8 p., 10.1145/3132129.3132151 . hal-01577952

HAL Id: hal-01577952

<https://hal.science/hal-01577952>

Submitted on 28 Aug 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les médiateurs médico-éducatifs au centre de la conception : l'interface HMK pour les collégiens et lycéens

D. Sauzin

IRIT UMR CNRS 5505 UPS
118 Route de Narbonne,
F-31062 Toulouse cedex 9, France
Damien.Sauzin@irit.fr

N. Vigouroux

IRIT UMR CNRS 5505 UPS
118 Route de Narbonne,
F-31062 Toulouse cedex 9, France
Nadine.Vigouroux@irit.fr

F. Vella

IRIT UMR CNRS 5505 UPS
118 Route de Narbonne,
F-31062 Toulouse cedex 9, France
Frederic.Vella@irit.fr

N. Dubus

ASEI
1 avenue Tolosane,
F-31520 Ramonville St Agne, France
nathalie.dubus@asei.asso.fr

RÉSUMÉ

Les enfants avec des situations de handicap moteur sévères ressentent de la fatigue motrice lors de la saisie de formules mathématiques avec des applications telles qu'Open Office ou Microsoft Office. Pour pallier ce ressenti, nous avons mis en œuvre une méthode de conception centrée utilisateur pour la conception d'un clavier virtuel de saisie mathématique nommé HMK. L'objectif de cet article est de montrer comment des médiateurs du médico-éducatif peuvent contribuer à la conception de HMK pour des collégiens et des lycéens atteints de handicaps neuro-moteur.

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the Owner/Author.

IHM'17, August 29-September 1, 2017, Poitiers, France

© 2017 Copyright is held by the owner/author(s).

ACM ISBN 978-1-4503-5109-6/17/08. <https://doi.org/10.1145/3132129.3132151>

CCS CONCEPTS

• **Human-centered computing** → *User studies*

MOTS-CLÉS

Conception centrée utilisateur, Saisie de formules mathématiques, Handicap moteur

ABSTRACT

Children with severe motor disabilities experience motor fatigue when inputting mathematical formulas with applications such as Open Office or Microsoft Office. To mitigate this feeling we have implemented a user-centred design method for the design of a virtual keyboard for mathematical input called HMK. The objective of this article is to show how mediators of medico-educational can contribute to the design of HMK for college students and high school students with neuro motor handicaps.

KEYWORDS

User centered design, Mathematical formulas input, Impairment motor

ACM Reference format:

D. Sauzin, N. Vigouroux, F. Vella and N. Dubus. 2017. Les médiateurs médico-éducatifs au centre de la conception : l'interface HMK pour les collégiens et lycéens. In *Proceedings of 29eme Conference Francophone sur l'Interaction Homme-Machine , Poitiers- Futuroscope, FR, Août 2017 (IHM 2017)*, 7 pages.

DOI: 10.1145/3132129.3132151

1 INTRODUCTION

Il existe un domaine de saisie peu abordé dans le champ de l'accessibilité qui concerne la saisie d'éléments scientifiques dont les formules mathématiques.

Peu d'études se sont intéressées à cette problématique. Windsteiger [1] a conçu une interface graphique (GUI) fondée sur la possibilité d'avoir des objets dynamiques (curseurs, menus, cases à cocher, boutons radio et autres) mais dans le cadre particulier de l'environnement de programmation Mathematica pour en faciliter son utilisation. Elliott et Bilmes [2] ont proposé l'application CamMath qui permet la création et la manipulation de formules mathématiques au moyen d'un système de reconnaissance de la parole. L'étude [2] rapporte que cette modalité de saisie est utile pour les étudiants ou professionnels ayant une déficience motrice. De plus, l'utilisation de cette modalité provoque moins d'erreurs et permet de saisir plus vite les formules mathématiques que dans le cas d'utilisation d'un clavier et d'un dispositif de pointage [3].

Cependant, bien que la reconnaissance vocale soit une modalité utile pour les personnes en situation de handicap moteur, celle-ci pourrait être, d'une part, intrusive dans les milieux où il y a beaucoup de monde (écoles, etc.) et d'autre part, elle aurait des performances dégradées en milieu bruyé.

Sur ce constat, nous nous proposons d'explorer l'étude de l'accessibilité de la saisie des formules mathématiques. Dans cet article, nous décrivons la méthodologie centrée sur l'utilisateur utilisée pour concevoir un clavier virtuel mathématique, nommée HMK à partir d'une demande exprimée par des professionnels de l'éducation et de la rééducation.

2 CONCEPTION CENTREE UTILISATEUR (CCU)

2.1 Limitations de la CCU pour les personnes en situation de handicaps

La conception centrée utilisateur (CCU) [4] et la norme ISO 9241-210t [5] placent l'utilisateur final et la tâche qu'il doit effectuer, au centre de la démarche de conception. Cette démarche constitue une avancée considérable en termes de prise en compte des utilisateurs en impliquant l'utilisateur final et permet réellement de proposer des outils et services répondant aux besoins des utilisateurs. Dans le cadre de la mise en œuvre d'une CCU, les utilisateurs finaux sont impliqués dans diverses méthodes : observation, expression des besoins, focus groups, tests utilisateurs [6] questionnaires, etc. Dans le contexte de la conception de systèmes de suppléance, ces méthodes peuvent s'avérer inadaptées pour la prise en compte des incapacités sensorielles, motrices et cognitives des personnes en situation de handicap. Par exemple, comment faire exprimer des besoins à une personne mutique [9] ? Comment adapter un questionnaire afin de le rendre accessible auprès d'une personne ayant des troubles cognitifs ?

Plusieurs travaux tentent de proposer des adaptations de cette méthode CCU. A. Brock et al [7] ont adapté la conception participative de M.J Muller et S. Khun [8] pour des personnes non-voyantes en proposant des recommandations telles que l'accessibilité des lieux, réorganiser ou structurer oralement les idées pour faciliter la mémorisation, restituer sous forme orale les notations, etc. D. Sauzin et al [9] ont proposé de mettre en œuvre une méthode de co-conception avec les aidants professionnels et familiaux, ces derniers jouant le rôle de médiateur pour l'expression des besoins de la personne en situation de handicap moteur et langagier. Roche et al [10] ont proposé AMICAS (Approche Méthodologique Innovante de Conception Adaptée Systémique) qui vise à prendre en compte les spécificités des personnes en situation de multi-handicap en proposant des grilles d'analyse et en les alignant. Par exemple, les profils des utilisateurs sont alignés avec les situations d'usage afin d'identifier quelles tâches peuvent accomplir les utilisateurs et décrire les difficultés rencontrées.

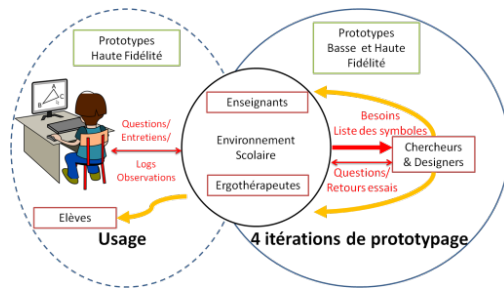


Figure 1: Méthode de conception centrée utilisateur HMK.

Dans le cadre de la conception du clavier virtuel HMK, nous avons mis en œuvre une démarche de CCU (voir Fig. 1) où l'expression des besoins, le contexte d'usage, les profils utilisateurs ont été définis par les ergothérapeutes et les enseignants en mathématiques. En effet, le personnel médico-éducatif a joué le rôle de médiateur entre les chercheurs et les élèves. Le profil de ces derniers concerne les collégiens et les lycéens atteints de handicap neuro moteur (IMC, myopathie, etc.). Ces derniers n'ont pas pu participer directement à la conception participative de HMK car ces enfants ont recours à des soins médicaux en plus de leur scolarité. Cela pourrait avoir des conséquences sur leur état de fatigue.

2.2 Expression de la demande

Les enseignants et les personnels médico-sociaux d'un Institut Médico Educatif (IME), tels que l'ASEI, côtoient des élèves en situation de handicap avec divers troubles associés (moteurs, visuels, cognitifs et des apprentissages, etc.). Ils nous ont signalé une fatigabilité, de la lenteur et une surcharge cognitive dans les tâches de saisie de formules mathématiques avec les outils de traitement de texte quand ceux-ci peuvent être utilisés avec leurs troubles.

Certes si les éditeurs de Word et d'Open Office offrent des interfaces de saisie constituées de barres de boutons associés à des symboles mathématiques et à une « feuille de saisie », l'analyse de l'activité de saisie avec ces outils par des enfants en situation de handicaps a révélé que l'utilisation de ces barres est complexe et fatigante.

Les raisons les plus fréquemment invoquées sont :

- Difficulté de la localisation du symbole : chaque symbole mathématique correspond à une touche pas toujours facile à trouver dans l'ensemble des barres (à un bouton affiché peut correspondre plusieurs symboles « de la même famille ») ;
- Interaction accrue : beaucoup « d'allers/retours » entre la feuille de saisie, les boutons et le clavier virtuel sont nécessaires, ce qui fatigue d'autant plus la personne atteinte d'un handicap moteur ;
- Charge cognitive accrue : la saisie de formules sur un clavier physique nécessite une connaissance sur les « raccourcis claviers » ce qui augmentent la charge cognitive.

Ces contraintes ont pour conséquence qu'en situation d'apprentissage, l'attention de l'élève est essentiellement captée par la tâche de copie plutôt que par la tâche d'assimilation du concept. Ce qui rend cette saisie très lente, fastidieuse voir fatigante pour les élèves.

Face à ces problèmes, le Centre ASEI a formulé la demande de la conception d'un outil « tout-en-un » adapté aux exigences d'enseignement en mathématiques du niveau collège et lycée. Celui-ci doit être accessible et paramétrable aux profils d'interaction pour saisir directement dans l'application Word Office ou Open Office Writer. Il doit être doté d'une interface visuelle avec des couleurs d'identification des touches de sous thématiques des mathématiques.

2.3 Introspection cognitive

Cette phase a eu pour objectif d'identifier les avantages et les inconvénients de chaque application. Nous avons procédé à des essais empiriques sur dix applications de saisie de formules mathématiques réparties en trois classes :

- Les premières sont incluses dans Office Word et OpenOffice Writer comme Dmaths [11], MathType [12], MathMagic [13], Rapid Pi [14] ;
- Les secondes sont des éditeurs spécifiques en ligne comme Wiris Editor [15], ShareMath [16], Daum Equation Editor [17] ;
- Les troisièmes sont des applications de bureau comme GeoGebra [18], MathCast [19], Math-o-mir [20].

Ces observations ont été conditionnées en tenant compte des troubles associés décrits ci-dessus des personnes en situation de handicap.

De nombreux inconvénients sont à rapporter, à savoir : le besoin d'apprentissage du langage mathématiques à saisir ; une complexité de l'interface (un nombre important de boutons de tailles différentes ; des onglets peu représentatifs ; une mauvaise sémantique des objets et une faible visibilité des symboles) ; une couverture importante de l'écran ; la nécessité de passer par l'insertion d'objets qui engendre des actions supplémentaires ; un masquage de la barre d'outils des éditeurs. Parmi les avantages, on peut mentionner une bonne représentation des symboles mathématiques, la présence d'info bulle et d'onglets parfois bien définis pour certaines applications. Le principal avantage de ces interfaces est la présence d'onglets qui permet l'affichage de plusieurs symboles au même emplacement sur l'écran.

Aucune des solutions citées ci-dessus (mis à part Office Word et OpenOffice Writer eux même) ne permet d'écrire directement dans Office Word et OpenOffice Writer. Cette limitation engendre une source élevée de fatigue motrice et visuelle et une surcharge cognitive due à la nécessité d'importer les symboles et les formules dans les éditeurs de texte. En effet, cette exportation des symboles nécessite des actions supplémentaires. En outre, certains symboles demandés par les enseignants, comme les arbres de probabilités, ne sont pas disponibles dans les solutions étudiées.

Partie commune du clavier

| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|------|---------------------------|------------------|-------------|--------------|----------|--------------|------|-----|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| Géo | Trigo | Prob | Fonct | α | | | | ← | Suiv | Fin |
| | | | $\frac{\square}{\square}$ | $\sqrt{\square}$ | \square^2 | \square^3 | ∞ | Exp | | |
| | | | (\square) | 7 | 8 | 9 | + | \pm | < | |
| | | | \square | 4 | 5 | 6 | - | = | ≤ | |
| | | | $\int \square$ | 1 | 2 | 3 | x | \approx | ≥ | |
| | | | ; | , | 0 | 10^\square | \div | \neq | > | |
| | | | % | π | | | : | Inclu | | |

Figure 2: Prototype papier n°1.

| | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|-------------|---------------------------|------------------|-------------|--------------|----------|--------------|------|-----|
| | Trigo | cos | cos ⁻¹ | \square° | | | | | | |
| | Prob | sin | sin ⁻¹ | \square° | | | | | | |
| | | tan | tan ⁻¹ | | | | | | | |
| Géo | Fonct | | | | | | | ← | Suiv | Fin |
| \cup | \cap | \in | $\frac{\square}{\square}$ | $\sqrt{\square}$ | \square^2 | \square^3 | ∞ | Exp | | |
| \in | \notin | \subseteq | (\square) | 7 | 8 | 9 | + | \pm | < | |
| \in | \leftarrow | \odot | \square | 4 | 5 | 6 | - | = | ≤ | |
| \parallel | \rightarrow | \otimes | $\int \square$ | 1 | 2 | 3 | x | \approx | > | |
| \perp | \leftrightarrow | cm | ; | , | 0 | 10^\square | \div | \neq | > | |
| | | | % | π | | | : | Inclu | | |

Géométrie + Trigonometrie

Figure 3: Prototype papier n°2.

2.4 Prototypage itérative

Nous avons tenu compte des demandes d'ergonomie des ergothérapeutes, des besoins des enseignants en mathématique et de l'analyse de l'introspection cognitive pour la conception du prototype basse fidélité du clavier mathématique HMK.

Deux prototypes basse fidélité (voir Fig. 2 et Fig. 3) ont été soumis lors d'un Focus Group à deux enseignants de mathématique et trois ergothérapeutes. A l'issue de ce Focus Group, il a été décidé de garder une zone fixe et une structure en onglets qui permet d'afficher les symboles par thème mathématique.

L'élève pourra ainsi choisir son thème (donc son onglet) en fonction du contenu du cours. Ce choix de conception a été sous-tendu par un souhait de réduire la taille et la complexité du clavier afin d'en faciliter son utilisation.

Six thèmes ont été proposés par les enseignants en mathématiques au regard des contenus pédagogiques étudiés au collège et au lycée : l'arithmétique, la géométrie, la trigonométrie, des probabilités / des statistiques et des fonctions. Nous avons ensuite catégorisé les symboles et les fonctions des spécifications dans ces thèmes. Quand un étudiant fera un exercice de géométrie tous les symboles géométriques seront disponibles sous l'onglet géométrique. Ce choix de conception a été retenu pour faciliter le choix du thème et ainsi, réduire le temps de sélection.

Plusieurs prototypes haute fidélité ont été conçus, inspirés du prototype papier n°1, étant donné que les membres de l'IME l'ont préféré au prototype papier n°2. Ce choix se justifie par l'inutilité de disposer de deux onglets d'affichage dynamique pour deux thèmes mathématiques (exclusion du thème trigonométrique versus probabilité). Ces prototypes ont été conçus avec la plateforme SKT qui permet de concevoir la morphologie, la sémantique et l'interaction de chaque touche du clavier virtuel.

3 RÉSULTAT

Quatre cycles d'itération se sont déroulés entre l'équipe éducative, médico-sociale et les chercheurs de l'IRIT. Les demandes de conception ont concerné :

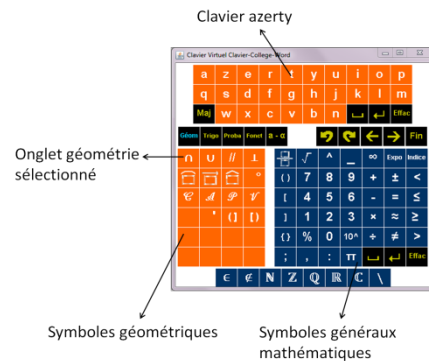


Figure 4: Prototype haute fidélité de HMK.

- La coloration des touches afin de les rendre attrayantes et lisibles pour la population d'élèves : du bleu (partie statique du clavier) et de l'orange (partie dynamique) pour les fonds des touches et le blanc pour les symboles afin de maximiser le contraste. De même un fond noir a été choisi pour les touches d'actions (annuler et répéter la frappe, suivante et précédente pour naviguer dans la zone de formule) avec une inscription en jaune du symbole pour bien les différencier des touches de saisie.
- La coloration du label de l'onglet sélectionné en turquoise ;
- La séparation des différentes parties du clavier par des lignes ou des colonnes blanches pour en faciliter l'identification ;
- L'ajout des touches "Espace", "Entrée" et "Effacer" ;
- L'ajout d'un clavier de saisie AZERTY pour les lettres latines avec possibilité de basculer sur la saisie des lettres grecques.

La version haute fidélité de HMK (voir Fig. 4) est composée de symboles généraux mathématiques, d'un clavier pour les lettres latines et les lettres grecques.

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons mis en œuvre une démarche de CCU où les besoins ont été formulés par des professionnels de l'éducation et du monde médico-social pour des élèves avec des troubles moteurs et visuels pour saisir des formules mathématiques.

Des expérimentations avec des élèves en situation de handicap doivent prochainement être réalisées en situation réelle : en cours de Mathématiques pour le cas de la recopie de formule, ou l'écriture de formules pendant les exercices ou les examens.

L'évaluation de HMK soulève la question de la mesure de l'inclusion éducative de HMK dans les classes en tant qu'outil d'intégration pédagogique, ce qui devra être étudié. Les critères de cette évaluation pourraient être le temps de configuration de l'écran de travail, le temps passé à recopier des formules mathématiques, le temps passé à écouter le cours, le temps passé à réaliser les exercices et l'analyse de la stratégie employée pour l'apprentissage des mathématiques. L'hypothèse serait de vérifier comment HMK redistribue les tâches cognitives employées (lecture, décodage, écriture et attentionnelle) lors d'un cours de mathématiques.

REMERCIEMENTS

Ce travail est réalisé dans le cadre de la convention de recherche HandInnov' entre le laboratoire IRIT et l'Institut Médico-Educatif ASEI.

Les auteurs remercient les enseignants qui ont participé à la conception de l'outil HMK.

RÉFÉRENCES

- [1] Windsteiger, W. 2013. Theorema 2.0: A graphical user interface for a mathematical assistant system. arXiv preprint arXiv:1307.1945.
- [2] Elliott, C., & Bilmes, J. 2007. Computer based mathematics using continuous speech recognition. Striking a C [h]ord: Vocal Interaction in Assistive Technologies, Games and More.
- [3] Anthony, L., Yang, J., & Koedinger, K. R. 2005. Evaluation of multimodal input for entering mathematical equations on the computer. In CHI'05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, (2005, April), 1184-1187. ACM.
- [4] Norman, D. A., & Draper, S. W. 1986. User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction. Hillsdale, NJ, USA: L. Erlbaum Associates Inc.
- [5] ISO 9241-210:2010 - Ergonomie de l'interaction homme-système -- Partie 210:Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs, s. d., ISO 13407:1999 - Processus de conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs, s. d.)
- [6] Nielsen, J. 1994. Usability inspection methods. In Conference companion on Human factors in computing systems, (1994, April), 413-414. ACM.
- [7] Brock, A., Vinot, J. L., Oriola, B., Kammoun, S., Truillet, P., & Jouffrais, C. 2010. Méthodes et outils de conception participative avec des utilisateurs non-voyants. In Proceedings of the 22nd Conference on l'Interaction Homme-Machine, (2010, September), 65-72. ACM.
- [8] Muller, M. J., & Kuhn, S. 1993. Participatory design. Communications of the ACM, 36(6), 24-28.
- [9] Sauzin, D., Vella, F., Rhfir, R., Truillet, P., Cauchois, M., Samoyeau, V., ... & Vigouroux, N. 2015. MATT, un dispositif de domotique et d'aide à la communication: un cas d'étude de co-conception. Congrès de la SOFMER (SOFMER 2015), (2015, septembre), Société Française de Médecine Physique et de Réadaptation.
- [10] Roche, A., Lespinet-Najib, V., & André, J. M. 2014. Development of a pedagogical aid tool for pupils with multiple disabilities: setting up a systemic design method. In Congress of applied Psychology. UCAP 2014, (2014, July).
- [11] <https://www.dmaths.org/>
- [12] <http://www.dessci.com/en/products/mathtype/>
- [13] <http://www.mathmagic.com/>
- [14] <http://trident-software-pty-ltd.software.informer.com/>
- [15] <http://www.wiris.com/editor>
- [16] <http://sharemath.com/>
- [17] http://s1.daumcdn.net/editor/fp/service_nc/pencil/Pencil_chromestore.html
- [18] <https://www.geogebra.org/?lang=fr>
- [19] <http://mathcast.sourceforge.net/home.html>
- [20] <http://gorupec.awardspace.com/mathomir.html>