



HAL
open science

Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant

Charlotte Baraudon, J.-B. Lanfranchi, Christian Joseph Maurice Bastien, Stéphanie Fleck

► To cite this version:

Charlotte Baraudon, J.-B. Lanfranchi, Christian Joseph Maurice Bastien, Stéphanie Fleck. Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant. *Médiations et médiatisations - Revue internationale sur le numérique en éducation et communication*, 2021, Le numérique pour l'apprentissage collaboratif. Nouvelles interfaces, nouvelles interactions, 5, pp.44-67. hal-03127419

HAL Id: hal-03127419

<https://hal.science/hal-03127419v1>

Submitted on 1 Feb 2021

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License



Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant

Design of a French usability measurement scale by children

Diseño de una escala para evaluar la usabilidad de las nuevas tecnologías educativas destinadas a alumnos de primaria

Charlotte Baraudon, doctorante
Université de Lorraine, France
charlotte.baraudon@reseau-canope.fr

Jean-Baptiste Lanfranchi, maître de conférences
Université de Paris and Univ Gustave Eiffel, France
jean-baptiste.lanfranchi@parisdescartes.fr

J. M. Christian Bastien, professeur des universités
Université de Lorraine, France
christian.bastien@univ-lorraine.fr

Stéphanie Fleck, maître de conférences
Université de Lorraine, France
stephanie.fleck@univ-lorraine.fr

RÉSUMÉ

Le numérique ne cesse de se développer, notamment à l'école où les politiques éducatives en ont fait un des leviers de recherche prioritaires. Une utilisation efficace des technologies numériques éducatives est essentielle pour que les élèves puissent atteindre des objectifs d'apprentissage. Ainsi, il est important de pouvoir recueillir les perceptions des principaux utilisateurs que sont les enseignants et les élèves sur l'utilisabilité de ces nouvelles technologies en classe. Or, à notre connaissance, il n'existe pas encore de questionnaire d'évaluation de l'utilisabilité des interfaces numériques en français spécifiquement adapté aux jeunes élèves. *K-Uses* est une échelle de mesure d'évaluation de la perception de l'utilisabilité par les jeunes utilisateurs. Cette échelle de mesure repose sur le modèle

présenté dans la norme ISO 9241-11 à laquelle nous avons ajouté le critère de « learnability » de Nielsen. Cet article présente la construction et les premiers éléments de validation du *K-Uses* avec des enfants âgés de 9 à 11 ans. La méthode utilisée a consisté en un examen de questionnaires d'utilisabilité existants, des prétests auprès d'enseignants et d'élèves auxquels ont participé trois évaluateurs et une analyse exploratoire des données recueillies auprès de 127 élèves. Les résultats sont prometteurs et montrent des niveaux satisfaisants de validité et de fiabilité.

Mots-clés : évaluation, échelle de Likert, utilisabilité, expérience utilisateur, enfants, analyse factorielle exploratoire, technologies éducatives

ABSTRACT

Digital technology is developing, particularly in schools, where educational policies have made it one of the priority levers. The effective use of digital educational technologies is essential for students to achieve their learning goals. Therefore, it is essential to gather the perceptions of the main users, i.e., teachers and students, on the ease of using these new technologies in the classroom. To our knowledge, so far, no usability evaluation questionnaire for French-language digital interfaces was adapted explicitly for young students. *K-Uses* is a measurement scale to evaluate the perception of usability of young users. This measurement scale is based on the model presented in the ISO 9241-11 standard, to which we have added the Nielsen "learnability" criterion. This article presents the construction and the first elements of the *K-Uses* with children aged 9 to 11. The method used consisted of reviewing existing usability questionnaires, pre-tests with teachers and students involving three evaluators, and an exploratory analysis of data collected from 127 students. The results are promising and show satisfactory levels of validity and reliability.

Keywords: evaluation method, Likert scale, usability, user experience, children, exploratory factor analysis, instructional technologies

RESUMEN

La tecnología digital continúa desarrollándose, en particular en las escuelas, donde las políticas educativas la han convertido en uno de sus aspectos prioritarios. El uso eficaz de las tecnologías digitales educativas es esencial para que los alumnos alcancen sus objetivos de aprendizaje. Así pues, es importante poder recoger las opiniones de los profesores y estudiantes, sobre la usabilidad de estas nuevas tecnologías en el aula. Sin embargo, no existe todavía un cuestionario específicamente adaptado a los alumnos para evaluar la usabilidad de las interfaces digitales en lengua francesa. *K-Uses* es una escala de evaluación de la percepción de la usabilidad de estas nuevas tecnologías por parte de usuarios jóvenes. El diseño de esta escala se basa en el modelo presentado en la norma ISO 9241-11, al que hemos añadido el criterio de "learnability" de Nielsen. Este artículo presenta la construcción y los primeros elementos de validación de *K-Uses* con alumnos de 9 a 11 años. El método utilizado consistió en un examen de los cuestionarios de la usabilidad existentes, en pruebas previas en las que participaron tres evaluadores y en un análisis exploratorio de los datos recogidos de 127 estudiantes. Los resultados son prometedores y muestran niveles satisfactorios de validez y fiabilidad.

Palabras clave: evaluación, escala de Likert, usabilidad, experiencia de usuario, alumnos de primaria, análisis factorial exploratorio, tecnologías educativas

Introduction

Les nouvelles technologies apportent des changements fondamentaux dans la vie des enfants du 21^e siècle. Ils sont les utilisateurs les plus fréquents des nouveaux services et environnements numériques (Graafland, 2018; OCDE, 2015). Au-delà de la question de la qualité de la médiation des savoirs, l'utilisation efficace des technologies numériques dans l'éducation est actuellement considérée comme un facteur clé pour la réalisation des objectifs éducatifs de la stratégie Europe 2020 (European Commission, 2019; European Commission/EACEA/Eurydice, 2013). La diversité des interfaces numériques destinées au monde éducatif (par exemple, les écoles et les musées) augmente fortement depuis une dizaine d'années avec un développement technologique rapide. Aujourd'hui, les enfants ont accès à diverses technologies d'apprentissage offrant une variété croissante d'interactions homme-machine (IHM) qui vont au-delà des interactions *Windows, Icons, Menus and Pointing device* (WIMP) (par exemple, sur un ordinateur personnel) ou de la saisie tactile (par exemple, via une tablette). Il peut aussi s'agir de robots éducatifs (par exemple, Curlybot (Frei, Su, Mikhak et Ishii, 2000), Topobo (Raffle, Parkes et Ishii, 2004), T-ProRob (Sapounidis, Demetriadis, Papadopoulos et Stamovlasis, 2019)) ou d'interfaces utilisateur tangibles (TUI) associées ou non à de la réalité mixte (RM) (par exemple, BeatTable (Bumbacher, Deutsch, Otero et Blikstein, 2013), des environnements d'apprentissage (Cuendet, Bonnard, Do-Lenh et Dillenbourg, 2013), TanPro-Kit (Wang, Qi, Zhang et Wang, 2013), Helios (Fleck et Hachet, 2015), Teegi (Fleck, Baraudon, Frey, Lainé et Hachet, 2018), etc.).

Chaque système possède sa propre interface utilisateur. Et chaque interface varie en termes de qualité d'utilisation, ce qui peut influencer les utilisations et les méthodes de travail des enfants. Cela peut donc potentiellement affecter le développement des enfants et la qualité de leurs apprentissages (Fitton et Bell, 2014; Harmon, 2016; Mercier, Vourloumi et Higgins, 2017; Verillon et Rabardel, 1995). Par conséquent, les questions relatives à l'influence de l'utilisabilité et, plus largement, des interactions entre l'enfant et l'ordinateur (*Child-Computer Interactions* (CCI)) sont de plus en plus nombreuses.

Plusieurs travaux favorisent les approches de conception centrée sur l'utilisateur (CCU) afin de fournir des IHM conformes aux besoins et aux capacités des futurs jeunes utilisateurs (Druin, 2002; Hourcade, 2008; Markopoulos, Read, MacFarlane et Hoysiemi, 2008). La CCU exige d'intégrer à toutes les étapes du processus de conception d'outils pédagogiques les principaux destinataires, c'est-à-dire les enfants et les adultes qui accompagnent les jeunes utilisateurs dans leur développement (par exemple, les parents, les animateurs, les médiateurs, les enseignants), selon des approches que l'on peut qualifier de participatives ou collaboratives selon leurs formes. Néanmoins, même si des outils de co-conception d'interfaces numériques permettant la participation des enfants sont en cours de développement (ex. (Blikstein et Krannich, 2013; Read, 2015; Veytizou, Bertolo, Baraudon, Olry et Fleck, 2018), les outils permettant aux enfants de les évaluer facilement sont encore trop rares (Barendregt, Bekker et Baauw, 2008; Hall, Hume et Tazzyman, 2016; Read, 2008; Yusoff, Ruthven Ian et Monica, 2011; Zaman et Abeele, 2010) par rapport à ceux destinés aux adultes. À notre connaissance, aucun n'a été validé en français ou dans d'autres langues que l'anglais. Les évaluations empiriques de l'utilisabilité sont souvent basées sur des questionnaires, car elles sont faciles à gérer, fiables, statistiquement objectives et économiques. L'un des questionnaires les plus utilisés est le *System Usability Scale* (SUS) (Brooke, 1996). Il est reconnu dans le monde des interactions homme-machine (IHM) comme étant fiable, rapide et facile à gérer. Cependant, tous ces questionnaires ont été validés pour des adultes et non pour de

jeunes utilisateurs. Par conséquent, il est nécessaire de compléter les approches existantes et d'accroître les possibilités pour les enfants non anglophones d'évaluer l'utilisabilité des systèmes interactifs.

Cet article présente la création et les premières étapes de validation d'une courte échelle d'utilisabilité spécialement conçue pour être remplie par des enfants âgés de 9 à 11 ans, appelée *K-Uses* (pour « *kids* et utilisabilité des systèmes et environnements numériques »).

Évaluation de l'utilisabilité

L'utilisabilité d'une interface ou d'un système est un concept qui a émergé dans les années 80 dans le domaine de l'IHM (Bennett, Case, Sandelin et Smith, 1984; Eason, 1984). La norme ISO 9241-11 définit ce concept comme « le degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficacité et satisfaction dans un contexte d'utilisation spécifié » (ISO 9241-11, 1998). Nielsen a ajouté à cette définition le critère d'apprentissage (*learnability*) (Nielsen, 1994). Ainsi, évaluer la facilité d'utilisation d'une interface ou d'un système signifie évaluer quatre propriétés : l'efficacité, l'efficacité, la satisfaction et la facilité d'apprentissage. Ici, « la précision ou le degré d'achèvement par lequel l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés » définit l'efficacité. L'efficacité fait référence à « la relation entre les ressources dépensées, la précision et le degré d'achèvement selon lequel l'utilisateur atteint les objectifs spécifiés ». La satisfaction représente « l'absence d'inconfort et le caractère positif de l'utilisation du produit ». Enfin, le système doit être facile à apprendre afin que l'utilisateur puisse rapidement commencer à travailler avec le système (Nielsen, 1994). En résumé, le concept d'utilisabilité englobe la performance de réalisation de la tâche, la satisfaction que procure l'utilisation du produit et la facilité avec laquelle on apprend à s'en servir.

Par ailleurs, on distingue généralement deux types de méthodes complémentaires d'évaluation de l'utilisabilité : les méthodes analytiques et les méthodes empiriques (Dumas et Fox, 2009; Kieras, 2009; Ozok, 2009). Les méthodes analytiques évaluent la conception du système. Les interfaces sont ici étudiées selon un ensemble de référents afin de contrôler qu'elles possèdent bien certaines qualités et de détecter les problèmes qu'elles peuvent poser (par exemple, via l'inspection ergonomique, l'examen par des experts). D'autre part, les évaluations empiriques, qui nécessitent l'existence du système réel et la présence d'utilisateurs, consistent à collecter des données sur les comportements et les perceptions des utilisateurs finaux pendant ou après l'utilisation d'un système. Cette évaluation empirique des perceptions de l'utilisateur final est le plus souvent réalisée dans le cadre d'un test d'utilisabilité. Ce test demande à l'utilisateur d'utiliser le système pendant une période définie et peut inclure des techniques de réflexion à voix haute (Nielsen, Clemmensen et Yssing, 2002). Cependant, les perceptions de l'utilisateur sont généralement recueillies par le biais de questionnaires remplis après le test d'utilisation pour compléter les informations et avoir des données quantitatives.

L'enfant au centre du processus de développement d'un produit

Depuis le développement du langage de programmation Logo (Papert, 1977), qui a impliqué les enfants dans le processus de conception, plusieurs études favorisent l'intégration des enfants dans le processus de développement de la technologie (Lanna et Oro, 2019; Nonnis et Bryan-Kinns, 2019; Yarosh et Schueller, 2017). Les enfants peuvent jouer quatre rôles dans le processus de développement technologique : utilisateur, testeur, informateur et/ou partenaire de conception (Druin, 2002). Dans le rôle de testeur, les enfants peuvent faire des commentaires sur l'attrait ou l'utilité d'un produit et donner une évaluation de leur point de vue. Bien que différentes méthodes puissent être utilisées pour obtenir des informations des enfants (par exemple, des entretiens, des séances de *brainstorming*, des réflexions à voix haute), des questionnaires sont souvent utilisés, probablement parce que de nombreuses personnes

peuvent les remplir simultanément. Plusieurs chercheurs ont proposé des approches et des recommandations pour rendre le processus d'évaluation valide et satisfaisant pour les évaluateurs (Bell, 2007; Laerhoven, Zaag-Loonen et Derkx, 2004; Mellor et Moore, 2013; Read, 2015). Il faut notamment veiller à ce que les enfants puissent comprendre la question posée et que l'échelle permette d'obtenir des réponses précises.

Cependant, la plupart des questionnaires d'utilisabilité sont destinés aux adultes. Leur principal problème provient de la complexité de la syntaxe et du vocabulaire utilisés dans la formulation des phrases (Finstad, 2006; Fleck *et al.*, 2018). Il est donc difficile pour les enfants d'exprimer leurs perceptions par des questionnaires qui ne leur sont pas destinés. C'est pourquoi plusieurs méthodes d'évaluation de l'expérience utilisateur ont été mises au point pour les enfants, notamment les *Problem Identification Picture Cards* pour les 5-6 ans (Barendregt *et al.*, 2008), *Funtoolkit* composé d'un *smileyomètre*, *Funsorter* et *Again Again Table* pour les 5-10 ans (Read *et al.*, 2002), *Laddering* est adapté aux 5-7 ans (Zaman et Abeele, 2010) et *This or That* pour les enfants d'âge préscolaire (Zaman, 2009). D'autres échelles ont été construites pour mesurer le niveau de compétence perçu par le répondant : *Thumbs-Up Scale* (TUS), ou la fréquence de toute tâche/événement : *Frequency of Use Scale* (FUS) (Kano, Horton et Read, 2010). Cependant, la plupart des méthodes d'évaluation citées ci-dessus ciblent les enfants de 7 ans et moins. Beaucoup se sont concentrées davantage sur le format de l'échelle plutôt que sur la signification et la compréhensibilité des éléments. De plus, elles sont spécifiquement conçues pour les enfants qui ne lisent pas encore facilement.

Rendre les questions d'utilisabilité accessibles et significatives pour les enfants reste un défi (Markopoulos *et al.*, 2008). En effet, les enquêtes conçues pour permettre aux enfants d'évaluer la facilité d'utilisation d'un environnement numérique selon les mêmes critères que ceux utilisés pour les adultes restent rares. De plus, les versions francophones faisant défaut, la présente étude se concentre donc sur ces questions en suspens.

Moyens et méthodes

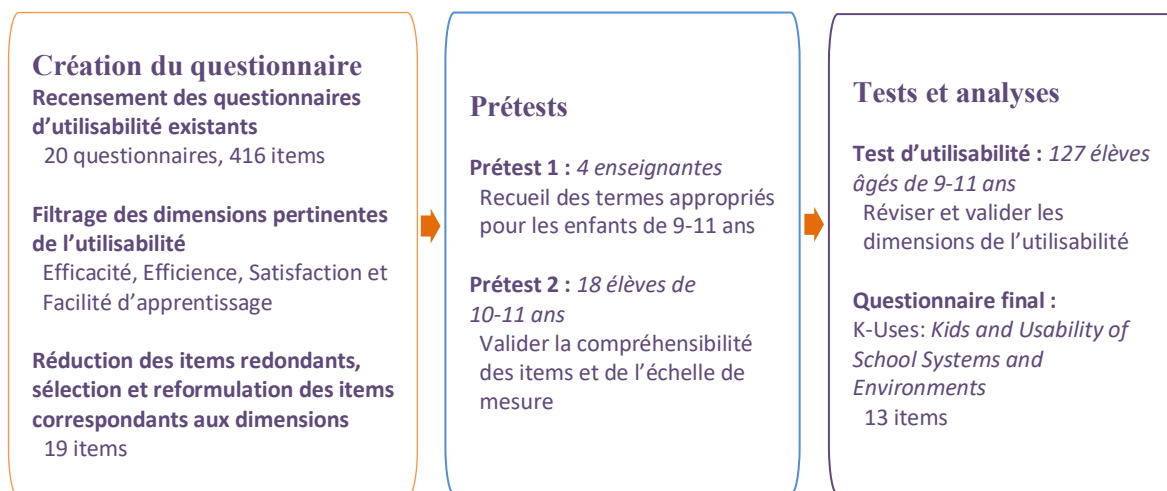
Nous avons créé une courte échelle d'utilisation spécialement conçue pour être remplie par des enfants francophones à partir de neuf ans. Elle s'appelle *K-Uses* pour « *Kids* et Utilisabilité des systèmes et environnements numériques ». Ce questionnaire vise à :

- estimer rapidement l'utilisabilité d'un système telle qu'elle est perçue par les enfants;
- permettre des comparaisons entre chaque étape de la conception;
- être utilisé quelle que soit la nature du système (par exemple, ordinateur, tablette, robots, environnements hybrides tels que les interfaces tangibles et augmentées);
- être mis en œuvre dans des conditions contrôlées ainsi que dans des situations réelles d'utilisation;
- permettre, à terme, de comparer les réponses données par les enfants et les adultes qui les accompagnent (par exemple, les parents, les médiateurs et les enseignants).

Il n'est pas destiné à être utilisé pour identifier des problèmes spécifiques dans l'utilisation des systèmes, mais plutôt pour évaluer l'utilisabilité globale du système, en complément de tests utilisateurs.

Inspirée des méthodologies déjà utilisées pour les questionnaires d'utilisabilité existants (par exemple, *DEEP* (Yang, Linder et Bolchini, 2012) et *ICF-US* (Martins, Rosa, Queirós, Silva et Rocha, 2015)), la procédure établie pour le développement de *K-Uses* a suivi trois étapes successives (voir figure 1).

Figure 1
Synthèse des trois étapes successives pour développer le K-Uses



Création du questionnaire

Nous avons d'abord conçu une première version du *K-Uses* en tenant compte, d'une part, des quatre dimensions qui définissent l'utilisabilité et, d'autre part, de recommandations en psychométrie pour s'assurer de la fiabilité des questions pour des enfants.

DÉFINITION DU CONTENU DE L'ÉCHELLE DE MESURE

Après avoir fait l'inventaire des questionnaires d'utilisabilité existants et avoir retenu les 20 premiers (voir annexe A), trois experts en IHM dans le domaine de l'ergonomie, de l'évaluation de l'utilisabilité et des domaines de la CCI ont :

- 1) identifié les dimensions pertinentes de l'utilisabilité par rapport à tous les types d'interface;
- 2) sélectionné les items en fonction de leur pertinence perçue pour les trois facteurs d'utilisabilité associés à la norme ISO 9241-11 (1998) et le facteur d'apprentissage;
- 3) conservé en tant que tels ou reformulé les facteurs sélectionnés pour les rendre compréhensibles par les enfants.

CONCEPTION ADAPTÉE AUX SPÉCIFICITÉS DE LA RÉPONSE DE L'ENFANT

En parallèle, nous nous sommes intéressés à la structure de l'outil d'évaluation et en particulier à son format de réponse. Il est généralement reconnu que la recherche par enquêtes est possible avec des enfants à partir de sept ans, mais avec des questionnaires soigneusement adaptés (Borgers, 2000; Scott, 1997). Nous avons choisi de ne proposer que des énoncés positifs pour le questionnaire, conformément aux recommandations de Bell (2007) qui indique que les questions négatives doivent être évitées dans les questionnaires destinés aux enfants. En outre, le questionnaire comprend un texte d'introduction clair et l'échelle est entièrement étiquetée verbalement pour aider les enfants dans leur compréhension (Borgers, 2000; Hox, Borgers et Sikkel, 2003). Plusieurs études ont porté sur la recherche d'un format d'échelle adaptée aux enfants pour mesurer leurs jugements de la meilleure façon possible (par exemple (Hall *et al.*, 2016; Yusoff *et al.*, 2011)). L'utilisation d'échelles de type Likert, qui nécessitent une réponse progressive à une série d'instructions, est une manière courante d'évaluer les attitudes, les valeurs, les

états intérieurs et les jugements (Mellor et Moore, 2013). En outre, les enfants à partir de sept ans les préfèrent à d'autres typologies (par exemple, Visual Analytic Scale (Laerhoven *et al.*, 2004)). Par ailleurs, d'autres travaux mettent en évidence le fait que les échelles en cinq points sont à privilégier pour ce type de public, car plus d'options n'ont qu'une faible utilité supplémentaire (Lissitz et Green, 1975; Mellor et Moore, 2013) et peuvent diminuer la fiabilité (Borgers, Sikkels et Hox, 2004).

Prétests

L'étape suivante correspond aux prétests. Ils ont été conçus pour vérifier la bonne compréhension des items et le format de réponse. Deux prétests ont été réalisés : un avec 4 enseignants (2 enseignants du primaire et 2 du secondaire) et un second avec 18 élèves de 10-11 ans. Ces prétests visaient à valider la compréhensibilité des items et de l'échelle de mesure.

PRÉTEST 1

Lors du premier prétest, l'expérimentateur a distribué les questionnaires aux quatre enseignants et a lu les instructions générales à chaque enseignant individuellement. Les enseignants ont ensuite été invités à lire chaque énoncé et à répondre à l'item associé : « Un élève âgé de neuf ans ou plus comprend tous les mots de cette phrase » sur une échelle de cinq points allant de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord ». Ils devaient proposer une solution pour les termes perçus comme problématiques. En utilisant le même format de réponse, ils devaient répondre à la question suivante : « Un élève de neuf ans ou plus comprend le système de réponse » et donner leur avis.

PRÉTEST 2

Le deuxième prétest a eu lieu dans le *living lab* de l'Atelier Canopé 57 de Montigny-Les-Metz, nommé le « Li'L@b », lors d'un test utilisateur sur un prototype tangible, nommé PrisMe (Olry, Veytizou, Vivian, Fleck et Bertolo, 2020), qui vise à soutenir le travail et l'apprentissage collaboratifs dans un contexte éducatif. Cette session a impliqué 18 élèves (11 filles et 7 garçons) âgés de 10 à 11 ans. Ils devaient utiliser le prototype au cours d'un exercice d'apprentissage de codage mathématique pour appeler le professeur ou demander de l'aide, signaler la fin de leur travail et voter entre eux pour les décisions importantes.

Le questionnaire a été remis aux 18 élèves une fois qu'ils avaient travaillé avec le système interactif. L'expérimentateur a d'abord lu les instructions générales à haute voix, puis il a lu les différentes affirmations du questionnaire. Les élèves devaient d'abord évaluer leur degré d'accord sur la perception de l'utilisabilité du prototype sur une échelle de Likert en cinq points allant de « pas du tout d'accord » à « tout à fait d'accord ». Comme dans les travaux précédents (Lallemant, Koenig, Gronier et Martin, 2015; Sharfina et Santoso, 2016; Vallerand, 1989), les élèves ont été invités à évaluer leur compréhension des énoncés après chacune de leurs réponses. Ils devaient répondre à « J'ai compris tous les mots de la phrase » en utilisant le même format d'échelle de Likert que les items *K-Uses*. Enfin, ils devaient entourer les mots qu'ils n'avaient pas compris et il leur était demandé de reformuler les items pour s'assurer de leur compréhension.

Premiers éléments de validation

TEST

Le test a été effectué en classe sur six demi-journées. Il a concerné 6 classes, ce qui représente 127 élèves : soit 74 élèves de CM2 et 53 élèves de CM1, 65 filles et 62 garçons. Les élèves ont été regroupés par paires ou trinômes. Chaque groupe d'élèves a réalisé trois activités collaboratives d'apprentissage de manière contrebalancée en utilisant les systèmes décrits ci-dessous. Quatre expérimentateurs, également spécialistes en pédagogie, ont coordonné ces activités.

Ces activités comprenaient différentes technologies éducatives nouvellement utilisées en classe (voir figure 2) :

- 1) AIBLE-HELIOS (Fleck et Hachet, 2015) est un environnement d'apprentissage basé sur la recherche qui se concentre sur les phénomènes astronomiques de base. Il est conçu pour les enfants de 8 à 11 ans à l'école primaire. Grâce à la réalité augmentée (RA), les utilisateurs manipulent la Lune, le Soleil et la Terre virtuels en déplaçant physiquement des artefacts portant des marqueurs de RA, suivant une approche tangible. Lors des sessions de test, les élèves devaient essayer de répondre à deux questions : « Qu'est-ce que la nuit? » et « Pourquoi la durée du jour et de la nuit n'est-elle pas toujours la même sur Terre? » en utilisant cet environnement tangible et augmenté.
- 2) BLUE-BOT (Greff, 2016) est un robot éducatif qui se déplace sur le sol. Il avance et recule en ligne droite par pas de 15 cm et peut pivoter à 90°. Il peut être programmé et piloté à l'aide de sept commandes. Au début de l'activité, les élèves pouvaient manipuler le robot librement pour découvrir son fonctionnement avec l'aide de l'expérimentateur. Ensuite, ils devaient faire bouger le robot sur le tapis comme suit : a) « Le robot doit passer sur cinq cases différentes et dans deux directions. », b) « Placez le robot sur la case départ et codez le déplacement pour se rendre sur la case "île". », c) « Allez de la case départ jusqu'à la case "trésor" en passant par une case "île" et en y faisant une pause. » Enfin, le dernier défi consistait à faire faire un carré de quatre cases de côté au robot et, si le temps le permettait, de le refaire en réduisant le code au maximum.
- 3) MATHADOR (Trouillot, 2016) est un jeu sérieux en ligne et une application pour écran tactile mobile. Il est basé sur des exercices de calcul mental et de logique mathématique. Il existe plusieurs versions du jeu. Dans notre étude, l'activité a été réalisée sur une tablette. Les élèves ont utilisé l'application Solo, dont la logique est de suivre un chemin de progression pouvant atteindre 20 niveaux. Pour chaque exercice, l'objectif est d'atteindre le nombre cible en utilisant les nombres proposés. Plus le nombre de numéros et d'opérateurs utilisés est élevé, plus le nombre de points gagnés est important. La division et la soustraction donnent le plus grand nombre de points. Il y avait également des énigmes mathématiques à résoudre.

Ainsi, les élèves ont utilisé ces trois interfaces de manière contrebalancée comprenant trois manières d'interagir : i) AIBLE-HELIOS pour apprendre l'astronomie : interaction tangible avec de la réalité mixte; ii) BLUE-BOT pour apprendre les bases de la programmation : interaction physique avec le robot; iii) MATHADOR pour travailler le calcul mental : interaction tactile sur tablette. Puis, ils ont fourni leur perception de l'utilisabilité des trois technologies en répondant individuellement à l'échelle du *K-Uses*.

Figure 2

Présentation des trois activités implémentées pour tester le K-Uses en contexte de classe



Note. Les élèves ont utilisé trois interfaces comprenant trois manières d'interagir : i) AIBLE-HELIOS pour apprendre l'astronomie : interaction tangible avec de la réalité mixte; ii) BLUE-BOT pour apprendre les bases de la programmation : interaction physique avec le robot; iii) MATHADOR pour travailler le calcul mental : interaction tactile sur tablette.

Analyse des données

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 23 et le logiciel de test du nombre d'axes à retenir dans une analyse en composantes principales (Monte Carlo PCA, Watkins, 2000). Quelques questionnaires comportaient de rares réponses manquantes (5 données manquantes sur un total de 4 personnes parmi 127 répondants). Nous les avons remplacées par la moyenne des réponses pour l'item en question. La structure factorielle du *K-Uses* a été évaluée par une analyse en composantes principales (rotation Varimax, analyse parallèle Horn). La cohérence interne du questionnaire *K-Uses* a été évaluée en calculant l'alpha de Cronbach (Cronbach, 1951) et l'indice composite rho (Dillon et Goldstein, 1984) pour chaque dimension.

Résultats

Les prétests

En ce qui concerne le système de réponse aux questions, les enseignants ont pensé que leurs élèves seraient capables de comprendre le système de réponse aux échelles de Likert. Certains ont proposé néanmoins l'utilisation de *smileys* comme substitution. En outre, les enseignants ont suggéré différentes solutions pour les termes qu'ils jugeaient susceptibles d'être perçus comme problématiques par les

élèves (par exemple, supprimer « utilisateurs réguliers et occasionnels » ou « besoin d'un manuel », remplacer « toute personne qui a besoin d'utiliser ce système », remplacer « atteindre mes objectifs » par « réussir dans mon travail »). Après avoir modifié les phrases sur la base des propositions des enseignants, les élèves participant au prétest ont compris tous les termes des différentes affirmations ($M > 4,3$). Le système de réponse aux questions n'a présenté aucune difficulté pour remplir les questionnaires. Cependant, nous avons choisi d'inverser certains items pour contrebalancer la tendance à l'acquiescement. Nous avons choisi de ne pas utiliser les *smileys* proposés par les enseignants en raison des futures utilisations de *K-Uses*. En effet, nous avons l'intention de le tester sur des populations d'âges différents, y compris des adultes, dans le cadre de travaux ultérieurs. Ces prétests permettent de valider en situation réelle la compréhension des items par le public cible et la compréhensibilité de l'échelle de mesure. À la suite des modifications apportées aux items via ces prétests, on obtient la version préliminaire à tester constituée de 19 items (voir tableau 1). Nous précisons dans le tableau 1 à quel questionnaire existant et leur dimension font référence les items (voir annexe A pour plus de précisions sur ces questionnaires).

Tableau 1

Liste des items obtenus par dimension théorique et dimension factorielle

Dimension théorique	Items	Q	Dimensions Q
Efficacité	Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes. (S)	CUSQ	Utilité
	Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail. (S)	CUSQ	Utilité
	La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail. (I)	USE	Utilité
	Ces systèmes sont difficiles à utiliser. (I)	SUS et USE	Facilité d'utilisation
	J'ai trouvé que les systèmes étaient adaptés à ce que je devais faire. (S)	USE	Utilité
Facilité d'apprentissage	Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes. (I)	USE	Facilité d'apprentissage
	J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes. (I)	SUS	Facilité d'apprentissage
	Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes. (S)	USE	Facilité d'apprentissage
	Il a été facile d'apprendre à me servir de ces systèmes. (S)	CUSQ	Utilité du système
Satisfaction	Je recommanderai ces systèmes à un ami. (S)	USE	Satisfaction

Dimension théorique	Items	Q	Dimensions Q
	J'ai détesté utiliser ces systèmes. (I)	WAMMI et CUSQ	Attractivité et qualité de l'interface
	J'ai trouvé ces systèmes beaux. (S)	CUSQ	Qualité de l'interface
	Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes aimerait s'en servir. (S)	USE	Facilité d'utilisation
	L'utilisation de ces systèmes m'a énervé(e). (I)	EMO	Affect négatif
Efficience	Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes. (S)	CUSQ	Utilité
	Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes. (S)	SUS	Facilité d'utilisation
	Il m'a fallu peu d'effort pour utiliser ces systèmes. (S)	DEEP	Effort cognitif perçu
	L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps. (I)	meCUE et USE	Émotion de l'utilisateur et utilité
	J'ai trouvé logique le fonctionnement des systèmes. (S)	WAMMI	Utilité

Résultats des tests

L'analyse factorielle est une méthode d'exploration et de représentation de données analytiques permettant d'extraire un petit nombre de facteurs indépendants et interprétables d'un ensemble de données observées à haute dimension et à structure complexe (Holgado-Tello, Chacón-Moscoso, Barbero-García et Vila-Abad, 2010). Ainsi, une approche exploratoire a été menée sur 19 variables (les réponses à chaque item) avec un échantillon de 127 participants. Le tableau 2 présente les moyennes et les écarts types recueillis pour chaque item du *K-Uses*. Pour calculer les moyennes, nous avons pris en compte les scores aux items simples (S) et ceux inversés (I). Pour les items dont l'acceptation est contraire à l'attitude générale que l'on veut mesurer au moyen de cette échelle (items inversés), les valeurs sont ordonnées dans l'autre sens : 1 pour « Tout à fait d'accord » et 5 pour « Pas du tout d'accord ». Une analyse factorielle en composantes principales (ACP) a été choisie pour identifier la structure sous-jacente des données et réduire le nombre de variables en quelques facteurs. Une ACP consiste à transformer des variables corrélées entre elles en nouvelles variables décorrélatées les unes des autres représentant des « composantes principales » ou des « facteurs ». La validité de construit consistera à montrer que cette échelle est construite de manière cohérente avec la théorie qui la sous-tend. Les items établis par Brooke (1996) ont été conçus à l'origine pour donner un score unique. Bangor, Kortum et Miller (2008) ont montré que les dix énoncés couvrent un seul facteur. Ces résultats montrent que le questionnaire SUS reflète globalement les estimations des participants sur l'utilisabilité globale d'une interface. Comme pour le SUS, nous avons voulu vérifier si le *K-Uses* est unidimensionnel.

Tableau 2*Statistiques descriptives pour tous les items du K-Uses*

Items	N	Min	Max	Moy	ET
1. Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes. (S)	127	1	5	4.19	0.81
2. Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes. (I)	127	1	5	3.31	1.45
3. Je recommanderai ces systèmes à un ami. (S)	127	1	5	4.05	1.10
4. Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes. (S)	127	1	5	3.92	1.02
5. La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail. (I)	127	1	5	4.28	1.12
6. Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes. (S)	127	1	5	4.38	0.96
7. J'ai trouvé ces systèmes beaux. (S)	127	1	5	4.42	0.80
8. Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes. (S)	127	1	5	4.06	0.94
9. Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail. (S)	127	1	5	3.98	1.00
10. J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes. (I)	127	1	5	3.11	1.49
11. Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes aimerait s'en servir. (S)	127	1	5	4.01	1.04
12. Il m'a fallu peu d'effort pour utiliser ces systèmes. (S)	127	1	5	3.70	1.29
13. Ces systèmes sont difficiles à utiliser. (I)	127	1	5	4.28	1.05
14. J'ai détesté utiliser ces systèmes. (I)	127	1	5	4.84	0.62
15. L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps. (I)	127	2	5	4.65	0.78
16. J'ai trouvé que les systèmes étaient adaptés à ce que je devais faire. (S)	127	2	5	4.35	0.81
17. Il a été facile d'apprendre à me servir de ces systèmes. (S)	127	1	5	4.20	1.17
18. L'utilisation de ces systèmes m'a énervé(e). (I)	127	3	5	4.86	0.43
19. J'ai trouvé logique le fonctionnement des systèmes. (S)	127	1	5	4.42	0.84

Note. « N » : nombre total de participants, « Min » : minimum, « Max » : Maximum, « Moy » : moyenne, « ET » : écart- type.

Le test de sphéricité de Bartlett significatif $X^2(378) = 2645,79$, $p = .000$, et la mesure d'adéquation de l'échantillon Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de .81 indiquent que la matrice de corrélation peut être soumise à une analyse factorielle. Le test parallèle de Horn (Horn, 1965; Watkins, 2000) incite à retenir trois composantes dont la valeur propre est supérieure à 1,5.

Contrairement au SUS qui est unidimensionnel, nous avons un modèle tridimensionnel, mais en conformité avec les modèles d'utilisabilité tels que décrits dans la norme ISO 9241-11 (1998). Cependant, nous avons considéré quatre facteurs : l'efficacité, l'efficience, la satisfaction et la facilité d'apprentissage. Nous nous attendons donc à ce que des items partent ou s'associent à un autre facteur que celui qui leur était initialement affecté. Trois ACP avec rotation Varimax¹ en trois facteurs ont été réalisées successivement pour obtenir une solution factorielle finale à 13 items satisfaisante : 6 items ont été supprimés, car ayant une saturation basse ou saturant plusieurs axes (voir tableau 3).

Tableau 3

Indication des items supprimés de l'analyse pour une saturation < .40 ou pour leur saturation sur plusieurs axes

Items	Causes des items supprimés
3. Je recommanderai ces systèmes à un ami.	Saturation < .40
7. J'ai trouvé ces systèmes beaux.	Saturation < .40
12. Il m'a fallu peu d'effort pour utiliser ces systèmes.	Saturation < .40
16. J'ai trouvé que les systèmes étaient adaptés à ce que je devais faire.	Saturation sur plusieurs axes
17. Il a été facile d'apprendre à me servir de ces systèmes.	Saturation < .40
19. J'ai trouvé logique le fonctionnement des systèmes.	Saturation sur plusieurs axes

L'analyse finale est présentée dans le tableau 4. Seules les saturations > .40 sont indiquées dans le tableau. On observe des lots d'items saturant nettement sur un seul des trois facteurs avec des saturations comprises entre .51 et .81. Par exemple, pour le premier facteur, les items 8 « Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes. » et 9 « Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail. »aturent respectivement à .69 et .70. On constate que ces items font référence à la performance des systèmes. Autre exemple, pour le deuxième facteur, les items 14 « J'ai détesté utiliser ces systèmes. » et 18 « L'utilisation de ces systèmes m'a énervé. » révèlent des saturations à .81 et .73. Ces items montrent ici l'insatisfaction liée à l'utilisation des systèmes. Enfin, dernier exemple, les items 5 « La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail. » et 13 « Ces systèmes sont difficiles à utiliser. »aturent à .67 et .70 pour le troisième facteur. Ces derniers renvoient à la difficulté d'apprentissage ou la difficulté de prise en main du système.

Tableau 4

Analyse factorielle en composantes principales avec rotation Varimax pour 13 variables

Items	Composantes		
	1	2	3
1. Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes.	.62		
6. Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes.	.51		
9. Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail.	.70		

¹ Une rotation Varimax consiste à faire tourner les axes de manière à ce que les corrélations entre les variables et les axes soient le plus tranchées possible en respectant deux principes : l'orthogonalité des axes et le pourcentage d'inertie sur chaque axe

Items	Composantes		
	1	2	3
11. Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes aimerait s'en servir.	.56		
4. Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes.	.66		
8. Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes.	.69		
14. J'ai détesté utiliser ces systèmes.		.81	
15. L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps.		.68	
18. L'utilisation de ces systèmes m'a énervé(e).		.73	
5. La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail.			.67
13. Ces systèmes sont difficiles à utiliser.			.70
2. Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes.			.58
10. J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes.			.60

Note. Les saturations en dessous de < .40 ne sont pas affichées dans le tableau.

Cette dernière solution factorielle à trois facteurs explique 49,52 % de la variance totale. La première composante faisant référence à la performance des systèmes explique 24,10 % de la variance totale. La deuxième composante liée à l'insatisfaction explique 13,32 % de la variance totale. La troisième composante représentant la difficulté d'apprentissage ou la difficulté de prise en main du système explique quant à elle 12,10 % de la variance totale.

Analyse de la consistance interne

Dans le tableau 5, on observe que le niveau de cohérence des sous-échelles n'est satisfaisant que pour le premier facteur avec des scores respectifs de $\alpha = 0,71$ (performance du système), $\alpha = 0,65$ (insatisfaction), $\alpha = 0,57$ (difficulté d'apprentissage).

Tableau 5

Le niveau de cohérence interne représenté par alpha et rho

Composantes	Performance des systèmes	Insatisfaction	Difficulté d'apprentissage
Alpha	0,71	0,65	0,57
Rho	0,79	0,78	0,73

Cependant, certains auteurs avertissent que l'estimation de la fiabilité alpha peut être pessimiste et représente souvent une estimation de la limite inférieure de la fiabilité (Raykov et Shrout, 2002). Miller (1995) explique en partie cette sous-estimation par la violation des hypothèses requises par le modèle de mesure équivalent à Tau. Selon Kamata, Turhan et Darandari (2003), il n'est pas approprié d'utiliser l'alpha comme estimation de la fiabilité d'une échelle composite multidimensionnelle, sauf lorsque la

corrélation entre les dimensions est élevée. Des alternatives à α ont été proposées dans le cadre du modèle d'équation structurelle (SEM) (Miller, 1995). Bollen (1989) et Chin (1998) recommandent d'utiliser le coefficient de détermination, ou indice composite (Dillon et Goldstein, 1984), plutôt que l'alpha de Cronbach pour évaluer la cohérence interne. En effet, la cohérence interne des sous-échelles par le calcul du coefficient de détermination est plus satisfaisante que par l'alpha de Cronbach avec des scores respectifs de $Rho = 0,79$ (performance du système), $Rho = 0,78$ (insatisfaction), $Rho = 0,73$ (difficulté d'apprentissage).

Au regard de l'analyse de la structure factorielle et de la consistance interne des échelles, 13 items peuvent être retenus (voir annexe B).

Discussion

Les résultats de l'étude menée sur l'utilisabilité des technologies émergentes sur 127 élèves âgés de 9 à 11 ans tendent à montrer de bonnes propriétés psychométriques du *K-Uses*. Le questionnaire montre une bonne consistance interne. Le *K-Uses* est fidèle, comme en témoignent les indices composites supérieurs à 0,73 (.73 à 0,79) obtenus pour chacune des sous-échelles, plus précis que les alphas de Cronbach. Sur le plan de la validité de construit, la structure factorielle en trois facteurs est plus ou moins conforme aux modèles présentés dans la norme ISO 9241-11 et par Nielsen (Nielsen, 1994) au critère d'apprentissage. Contrairement au SUS, notre échelle est multidimensionnelle. En utilisant les techniques décrites précédemment, nous avons éliminé les items qui avaient de faibles saturations factorielles pour limiter les items sans sacrifier la fiabilité de l'instrument. Nous avons réduit le nombre d'items à 13. Cette réduction nous a également permis d'obtenir un outil de mesure facile à utiliser qui limite la fatigue de l'utilisateur par son format court.

Cependant, nous trouvons trois facteurs au lieu de quatre et des items qui saturent dans des dimensions autres que celles initialement prévues et dont il nous semble important de discuter. Il semblerait que les items que nous avons supposé appartenir aux dimensions de l'efficacité et de l'efficience font partie d'un seul et même facteur que nous avons interprété comme la performance perçue du système. Cela va dans le sens du modèle classique des gestionnaires, où Bourgeois et Hubault (2005) mentionnent que la performance repose sur :

- l'efficacité ou le degré de réalisation des objectifs;
- l'efficience ou le degré d'engagement des ressources pour produire les résultats;
- la pertinence ou le degré de cohérence entre les objectifs et les ressources.

Certains items semblent ne pas appartenir au facteur que nous leur avons initialement prédit. Par exemple, l'item 6 : « Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes » ne renvoie pas ici à la facilité d'apprentissage, mais au facteur de la performance du système. Cet item semble faire davantage référence à un système performant plutôt qu'à un système facile à s'approprier. Ensuite, concernant le deuxième facteur qui correspond à la satisfaction, nous avons l'item 15 « L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps. », initialement associé au facteur d'efficacité dont l'expression « est une perte de temps » semble être interprétée par les enfants comme une émotion d'énervement. En effet, ce même item associé au meCUE (Minge et Riedel, 2013) est classé dans la dimension « Émotion de l'utilisateur » (voir tableau). Enfin, pour le troisième facteur, qui peut être interprété comme la difficulté d'apprentissage, les items 5 « La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail » et 13 « Ces systèmes sont difficiles à utiliser » ne font pas référence à l'efficacité, mais sont davantage perçus par les élèves de CM1 et CM2 comme une complexité d'utilisation qui rend

l'apprentissage difficile. Ces changements nous semblent cohérents, puisqu'on retrouve les trois aspects que constitue le concept d'utilisabilité, qui englobe la performance de réalisation de la tâche, la satisfaction que procure l'utilisation du produit ou ici l'insatisfaction et la facilité avec laquelle on apprend à s'en servir.

Pour résumer, le *K-Uses* comprend trois sous-catégories. Les points 1, 4, 6, 8, 9 et 11 sont liés à la performance du système. Les points 14, 15 et 18 indiquent l'insatisfaction de l'utilisateur. Les points 2, 5, 10 et 13 indiquent la mesure dans laquelle l'utilisation du système peut poser des difficultés de prise en main.

Il convient toutefois de noter également que les moyennes des notes obtenues aux items sont élevées (> 3,11) pouvant poser problème quant à la sensibilité de l'échelle de mesure. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une série de facteurs sociaux et psychologiques qui influencent le choix des réponses des enfants (Read et Fine, 2005). Par exemple, les enfants ne veulent pas dire à un adulte que le système qu'ils ont construit n'est pas « génial ». C'est ce que l'on appelle le biais de désirabilité sociale, où les enfants ne répondent pas avec précision pour paraître plus attrayants aux yeux du chercheur et ne pas le contrarier (Oerke et Bogner, 2013). Par la suite, des études devront être menées pour vérifier son existence. Il y a également l'effet produit par la prescription de l'activité et de l'artefact, ici dans des conditions exceptionnelles. Il serait intéressant d'évaluer *K-Uses* pour l'utilisation d'artefacts plus usuels comme les environnements numériques de travail par exemple. Une autre explication que nous pouvons donner est que cette échelle a été utilisée avec des systèmes éprouvés présentant une bonne utilisabilité. Il n'y a donc pas beaucoup de problèmes avec ces systèmes et par conséquent une tendance consensuelle à les trouver « bons ». Il serait opportun de faire passer cette échelle sur des systèmes en cours de validation pour augmenter la variabilité des ressentis et diminuer peut-être ce consensus.

Conclusions et perspectives

Dans cet article, nous avons présenté le *K-Uses*, un questionnaire en français sur l'utilisabilité perçue des systèmes numériques et technologiques éducatifs pour les élèves de CM1 et CM2. Ce questionnaire sur l'utilisabilité a été conçu en trois étapes. La première étape de création a été réalisée en utilisant un inventaire des questionnaires d'utilisabilité existants et l'expertise de trois évaluateurs. Ensuite, les premiers éléments de validation et la fiabilité du *K-Uses* ont été évalués à l'aide de prétests sur des enseignants et des élèves, et d'une analyse exploratoire avec une série d'essais sur le terrain auxquels 127 élèves ont participé.

Les résultats de cette analyse indiquent que le *K-Uses* peut déjà être utilisé par les concepteurs pour recueillir les réactions des enfants français âgés de 9 à 11 ans sur leur perception de l'utilisabilité de tout type de technologie à des fins éducatives. Ce questionnaire couvre les dimensions de la performance du système, de l'insatisfaction et de la difficulté d'apprentissage de l'utilisabilité à travers 13 items simples qui le rendent facile à mettre en œuvre. Les travaux futurs permettront de contre-valider ces résultats par une analyse factorielle confirmatoire sur un nouvel ensemble de données. Par ailleurs, il est nécessaire de mener plusieurs études pour juger de sa valeur réelle à long terme. Cette étude est également le point de départ d'autres études qui permettront de tester l'efficacité de *K-Uses* sur des populations d'âges différents (par exemple, adolescents, adultes novices).

Remerciements

Cette étude fait partie du projet e-TAC, soutenu financièrement par le gouvernement français dans l'appel à projets e-FRAN, inscrit dans le cadre du Programme d'Investissements de l'avenir (PIA) géré par la Caisse des Dépôts et Consignation. Nous tenons à remercier Pierre Humbert, Benoît Roussel, Julien Bonhomme et Amandine Pilorge pour leur participation à la coordination des ateliers. Nous souhaitons également remercier tous les enfants qui ont participé avec leur enseignant et l'Atelier Canopé 57 pour l'accueil au sein de leur structure et leur prêt de matériel.

Liste de références

- Bangor, A., Kortum, P. T. et Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Barendregt, W., Bekker, M. M. et Baauw, E. (2008). Development and evaluation of the problem identification picture cards method. *Cognition, Technology & Work*, 10(2), 95-105. <https://doi.org/10.1007/s10111-007-0066-z>
- Bell, A. (2007). Designing and testing questionnaires for children. *Journal of Research in Nursing*, 12(5), 461-469. <https://doi.org/10.1177/1744987107079616>
- Bennett, J., Case, D., Sandelin, J. et Smith, M. (1984). *Visual display terminals: usability issues and health concerns*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Blikstein, P. et Krannich, D. (2013). The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research. Communication présentée lors de la 12^e conférence internationale sur l'interaction le design et les enfants (IDC), New York, USA.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley et Sons.
- Borgers, N. (2000). Children as respondents in survey research: cognitive development and response quality. *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 66, 60-75. <https://doi.org/10.1177/075910630006600106>
- Borgers, N., Sikkels, D. et Hox, J. (2004). Response effects in surveys on children and adolescents: The effect of number of response options, negative wording, and neutral mid-point. *Quality and Quantity*, 38(1), 17-33. <https://doi.org/10.1023/B:QUQU.0000013236.29205.a6>
- Bourgeois, F. et Hubault, F. (2005). Prévenir les TMS. De la biomécanique à la revalorisation du travail, l'analyse du geste dans toutes ses dimensions. *Activités*, 2(2-1). <https://doi.org/10.4000/activites.1561>
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Bumbacher, E., Deutsch, A., Otero, N. et Blikstein, P. (2013). BeatTable: a tangible approach to rhythms and ratios. Communication présentée lors de la 12^e conférence internationale sur l'interaction le design et les enfants (IDC), New York, USA.
- Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. Dans G. A. Marcoulides (dir.), *Methodology for business and management. Modern methods for business research* (p. 295-336). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient Alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297-334. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S. et Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557-569. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.015>
- Dillon, W. R. et Goldstein, M. (1984). *Multivariate analysis: Methods and applications*. New York: Wiley.
- Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour and information technology*, 21(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/01449290110108659>
- Dumas, J. S. et Fox, J. E. (2009). Usability testing : current practice and future directions. Dans J. A. Jacko et A. Sears (dir.), *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (p. 132-245). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Eason, K. D. (1984). Towards the experimental study of usability. *Behaviour et Information Technology*, 3(2), 133-143. <https://doi.org/10.1080/01449298408901744>

- European Commission. (2019, 25/01/2019). *Digital Education Policies*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digital-education-policies>
- European Commission/EACEA/Eurydice. (2013). *Education and Training in Europe 2020: responses from the EU Member States*. Eurydice Report. Brussels: Eurydice. https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/education-and-training-europe-2020-responses-eu-member-states_en
- Finstad, K. (2006). The system Usability Scale and Non-Native English Speakers. *Journal of Usability Studies*, 1(4), 185-188.
- Fitton, D. et Bell, B. (2014). Working with teenagers within HCI research: understanding teen-computer interaction. Communication présentée lors de la 28^e conférence internationale British computer society (BCS) sur l'interaction homme-machine (HCI) 2014, Southport, UK.
- Fleck, S., Baraudon, C., Frey, J., Lainé, T. et Hachet, M. (2018). "Teegi's so Cute!": Assessing the Pedagogical Potential of an Interactive Tangible Interface for Schoolchildren. Communication présentée lors de la 17^e conférence sur l'interaction le design et les enfants (IDC 2018), Trondheim, Norvège.
- Fleck, S. et Hachet, M. (2015). Helios: a tangible and augmented environment to learn optical phenomena in astronomy. Communication présentée au SPIE 9793 Education and Training in Optics and Photonics (ETOP), Bordeaux, France.
- Frei, P., Su, V., Mikhak, B. et Ishii, H. (2000). Curlybot: designing a new class of computational toys. Communication présentée à la conférence sur les facteurs humains dans les systèmes informatiques SIGCHI, New York, USA.
- Graafland, J. H. (2018). New technologies and 21st century children: Recent trends and outcomes. *Documents de travail de l'OCDE sur l'éducation*, 60, n°179, Éditions OCDE, Paris. <https://doi.org/10.1787/19939019>
- Greff, É. (2016). Le robot Blue-Bot et le renouveau de la robotique pédagogique. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, (3), 319-335. <https://doi.org/10.3917/nras.075.0319>
- Hall, L., Hume, C. et Tazzyman, S. (2016). Five Degrees of Happiness: Effective Smiley Face Likert Scales for Evaluating with Children. Communication présentée lors de la 15^e conférence internationale sur Interaction Design and Children (IDC), Manchester, Royaume-Uni.
- Harmon, B. A. (2016). Embodied Spatial Thinking in Tangible Computing. Tangible and Embedded Interaction, Eindhoven, Pays-Bas.
- Holgado-Tello, F. P., Chacón-Moscoso, S., Barbero-García, I. et Vila-Abad, E. (2010). Polychoric versus Pearson correlations in exploratory and confirmatory factor analysis of ordinal variables. *Quality et Quantity*, 44(1), 153. <https://doi.org/10.1007/s11135-008-9190-y>
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *Psychometrika*, 30(2), 179-185. <https://doi.org/10.1007/BF02289447>
- Hourcade, J. P. (2008). Interaction design and children. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 1(4), 277-392. <https://doi.org/10.1561/11000000006>
- Hox, J., Borgers, N. et Sikkel, D. (2003). Response quality in survey research with children and adolescents: the effect of labeled response options and vague quantifiers. *International Journal of Public Opinion Research*, 15(1), 83-94. <https://doi.org/10.1093/ijpor/15.1.83>
- ISO 9241-11. (1998). Ergonomic requirements for work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: guidance on usability. International Organization for Standardization.
- Kamata, A., Turhan, A. et Darandari, E. (2003). Estimating reliability for multidimensional composite scale scores. Annual meeting of American Educational Research Association, Chicago.
- Kano, A., Horton, M. et Read, J. C. (2010). *Thumbs-up scale and frequency of use scale for use in self reporting of children's computer experience*. Communication présentée lors de la 6^e conférence sur l'interaction homme-machine (HCI) : étendre les frontières, Reykjavik, Islande.
- Kieras, D. (2009). Model-based evaluation. In J. A. Jacko et A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (second ed., p. 294-308). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Laerhoven, H. v., Zaag-Loonen, H. v. d. et Derkx, B. H. (2004). A comparison of Likert scale and visual analogue scales as response options in children's questionnaires. *Acta paediatrica*, 93(6), 830-835.
- Lallemant, C., Koenig, V., Gronier, G. et Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 65(5), 239-252.

- Lanna, L. C. et Oro, M. G. (2019). Touch gesture performed by children under 3 years old when drawing and coloring on a tablet. *International journal of human-computer studies*, 124, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.11.008>
- Lissitz, R. W. et Green, S. B. (1975). Effect of the number of scale points on reliability: A Monte Carlo approach. *Journal of Applied Psychology*, 60(1), 10. <https://doi.org/10.1037/h0076268>
- Markopoulos, P., Read, J. C., MacFarlane, S. et Hoysniemi, J. (2008). *Evaluating children's interactive products: principles and practices for interaction designers*. Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374111-0.X0001-1>
- Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A. et Rocha, N. P. (2015). Definition and validation of the ICF - Usability scale. *Procedia Computer Science*, 67, 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.257>
- Mellor, D. et Moore, K. A. (2013). The use of Likert scales with children. *Journal of pediatric psychology*, 39(3), 369-379. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/ist079>
- Mercier, E., Vourloumi, G. et Higgins, S. (2017). Student interactions and the development of ideas in multi-touch and paper-based collaborative mathematical problem solving. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 162-175. <https://doi.org/10.1111/bjiet.12351>
- Miller, M. B. (1995). Coefficient alpha: A basic introduction from the perspectives of classical test theory and structural equation modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 2(3), 255-273. <https://doi.org/10.1080/10705519509540013>
- Minge, M. et Riedel, L. (2013). meCUE-Ein modularer fragebogen zur erfassung des nutzungserlebens. *Mensch & Computer 2013: Interaktive Vielfalt*.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Nielsen, J., Clemmensen, T. et Yssing, C. (2002). Getting access to what goes on in people's heads?: reflections on the think-aloud technique. Communication présentée lors de la 2^e conférence sur l'interaction homme-machine (HCI), Aarhus, Danemark.
- Nonnis, A. et Bryan-Kinns, N. (2019). Mazi: a Tangible Toy for Collaborative Play between Children with Autism. Communication présentée lors de la 18^e Conférence internationale sur l'Interaction Design and Children (IDC), Boise, USA.
- OCDE. (2015). *Students, Computers and learning: Making the Connection*. Paris: Éditions OCDE. <https://doi.org/10.1787/9789264239555-en>
- Oerke, B. et Bogner, F. X. (2013). Social desirability, environmental attitudes, and general ecological behaviour in children. *International Journal of Science Education*, 35(5), 713-730.
- Olry, A., Veytizou, J., Vivian, R., Fleck, S. et Bertolo, D. (2020). *CalMe : a tangible prototype to enhance pupils group work regulation*. Conference on tangible, embedded and embodied interaction, papier soumis.
- Ozok, A. A. (2009). Survey design and implementation in HCI. Dans A. S. J. A Jacko (dir.), *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (p. 254-270). New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Papert, S. (1977). Computers communication: Implication for education. Dans M. R. R.J. Seidel (dir.), *A learning environment for children* (Academic Press ed., p. 271-278). New York.
- Raffle, H. S., Parkes, A. J. et Ishii, H. (2004). Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, Vienne, Autriche.
- Raykov, T. et Shrout, P. E. (2002). Reliability of scales with general structure: Point and interval estimation using a structural equation modeling approach. *Structural equation modeling*, 9(2), 195-212.
- Read, J. et Fine, K. (2005). Using survey methods for design and evaluation in child computer interaction. Workshop on Child Computer Interaction: Methodological Research at Interact, Rome, Italie.
- Read, J. C. (2008). Validating the Fun Toolkit: an instrument for measuring children's opinions of technology. *Cognition, Technology & Work*, 10(2), 119-128.
- Read, J. C. (2015). Children as participants in design and evaluation. *Interactions*, 22(2), 64-66.
- Read, J. C., Gregory, P., MacFarlane, S., McManus, B., Gray, P. et Patel, R. (2002). An investigation of participatory design with children-informant, balanced and facilitated design. Interaction design and Children, Eindhoven, Amsterdam.
- Sapounidis, T., Demetriadis, S., Papadopoulos, P. M. et Stamovlasis, D. (2019). Tangible and graphical programming with experienced children: A mixed methods analysis. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 67-78.

- Scott, J. (1997). Children as respondents: Methods for improving data quality. *Survey measurement and process quality*, 331-350.
- Sharfina, Z. et Santoso, H. B. (2016). An Indonesian adaptation of the System Usability Scale (SUS). Communication présentée lors de la 8^e conférence internationale Advanced Computer Science and Information Systems, ICACSIS 2016, Malang, Indonésie.
- Trouillot, E. (2016). *Mathador*. Consulté à l'adresse <https://www.mathador.fr/numerique.html>
- Vallerand, R. J. (1989). Vers une méthodologie de validation trans-culturelle de questionnaires psychologiques: Implications pour la recherche en langue française. *Canadian Psychology*, 30(4), 662.
- Verillon, P. et Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European journal of psychology of education*, 10(1), 77-101.
- Veytizou, J., Bertolo, D., Baraudon, C., Olry, A. et Fleck, S. (2018). Could a Tangible Interface help a child to weigh his/her opinion on usability? 30^e conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Brest, France.
- Wang, D., Qi, Y., Zhang, Y. et Wang, T. (2013). TanPro-kit: a tangible programming tool for children. Conférence présentée lors de la 12^e conférence internationale sur l'interaction le design et les enfants (IDC), New York, USA.
- Watkins, M. W. (2000). *Monte Carlo PCA for parallel analysis [computer software]*. State College: Ed et Psych Associates.
- Yang, T., Linder, J. et Bolchini, D. (2012). DEEP: Design-oriented evaluation of perceived usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(5), 308-346. <https://doi.org/10.1080/10447318.2011.586320>
- Yarosh, S. et Schueller, S. M. (2017). "Happiness inventors": Informing positive computing technologies through participatory design with children. *Journal of medical Internet research*, 19(1), e14. <https://doi.org/10.2196/jmir.6822>
- Yusoff, Y., Ruthven Ian et Monica, L. (2011). *The Fun Semantic Differential Scales* IDC 2011, Ann Arbor, USA.
- Zaman, B. (2009). Introducing a pairwise comparison scale for UX evaluations with preschoolers. Communication présentée lors de la conférence IFIP sur l'interaction homme-machine (HCI), Uppsala, Suède.
- Zaman, B. et Abeele, V. V. (2010). Laddering with young children in User eXperience evaluations: theoretical groundings and a practical case. Communication présentée lors de la 9^e conférence internationale sur l'Interaction Design and Children (IDC), Barcelone, Espagne.

Annexes

ANNEXE A

Tableau des questionnaires d'utilisabilité existants avec leurs critères

Nom de l'échelle	Nombre d'items	Systèmes évalués	Format d'échelle	Population cible	Références
QUIS	27	Tout type de produits électroniques	Likert à 9 pts (2 antonymes + NA)	150 membres / affiliés d'un groupe d'utilisateurs de PC locaux allant de 14 à 78 ans	Chin, J. P., Diehl, V. A. et Norman, K. L. (1988). Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. <i>Proceedings of ACM CHI'88</i> , 213–218
EUCS	12	Site Web	Likert à 5 pts Jamais-toujours	96 utilisateurs finaux	Doll, W. J. et Torkzadeh, G. (1988). The measurement of end-user computing satisfaction. <i>MIS quarterly</i> , 259-274.
PUEU	12	Tout type de produits électroniques	Likert en 7 pts Probable - improbable	120 utilisateurs au sein de l'Office de développement de Toronto d'IBM Canada	Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. <i>MIS Quarterly</i> , 13, 319–340.
CUSQ	19	Tout type de produits électroniques	Likert à 7 pts Désaccord-accord + NA	377	Lewis, J. R. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. <i>International Journal of Human-Computer Interaction</i> , 7, 57–78.
ASQ	3	Tout type de système	Likert à 7 pts Désaccord - accord	Adultes	Lewis, J. R. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. <i>International Journal of Human-Computer Interaction</i> , 7, 57–78.
SUS	10	Tout type de produits électroniques	Likert à 5 pts Désaccord-accord	Adultes	Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. <i>Usability evaluation in industry</i> , 189(194), 4-7
PUTQ	100	Tout type de produits électroniques	Likert à 9 pts Désaccord-accord	8 étudiants de 23 à 27 ans	Lin, H. X., Choong, Y.-Y. et Salvendy, G. (1997). A proposed index of usability: A method for comparing the relative usability of different software systems. <i>Behavior et Information Technology</i> , 16, 267–278.
USE	30	Tout type de produits électroniques	Likert en 7 pts Pas du tout d'accord-tout à fait d'accord +	Adultes	Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE Questionnaire. <i>STC Usability SIG Newsletter</i> , 8(2).

Nom de l'échelle	Nombre d'items	Systèmes évalués	Format d'échelle	Population cible	Références
			Non applicable		
User-perceived web quality instrument	25	Site Web	Likert à 7 pts Désaccord-accord	101 étudiants de 18 à 21 ans	Aladwani, A. M. et Palvia, P. C. (2002). Developing and validating an instrument for measuring user-perceived web quality. <i>Information et management</i> , 39(6), 467-476.
Perceived website usability measurement scale	8	Site Web	Likert à 7 pts Désaccord-accord	350 étudiants	Wang, J. et Senecal, S. (2008). Measuring perceived website usability. <i>Journal of Internet Commerce</i> , 6, 97–112.
UMUX	4	Tout type de produits électroniques	Likert à 7 pts Désaccord-accord	42 employés d'Intel	Finstad, K. (2010). The usability metric for user experience. <i>Interacting with Computers</i> , 22, 323–327.
DEEP	19	Site Web	Likert à 5 pts Désaccord-accord +NA	12 étudiants 196 étudiants pour test1 et 362 test2	Yang, T., Linder, J. et Bolchini, D. (2012). DEEP: design-oriented evaluation of perceived usability. <i>International Journal of Human-Computer Interaction</i> , 28(5), 308-346.
UMUX-LITE	2	Tout type de produits électroniques	Likert à 7 pts Désaccord-accord	Employés d'IBM	Lewis, J., Utesch, B. et Maher, D. (2013). <i>UMUX-LITE: when there's no time for the SUS</i> . Proc. Of CHI 2013, 2099-2102.
ICF-US	10	Site Web	-3 à 3 barrière et facilitateur Gros-moyen-petit	Plus de 18 ans	Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A. et Rocha, N. P. (2015). <i>Definition and Validation of the ICF–Usability Scale</i> . <i>Procedia Computer Science</i> , 67, 132-139.
WAMMI	20	Site Web	Likert à 5 pts Désaccord-accord	Adultes	Kirakowski, J., Claridge, N. et Whitehand, R. (1998). <i>Human centered measures of success in web site design</i> . Paper presented at the Human Factors and the web. Workshop.



ANNEXE B

K-USES

Prénom:

Groupe:

Sexe:

Âge :

Classe :

Kids, Utilisabilité des Systèmes et des Environnements Scolaires

Pour chaque phrase, coche la case qui correspond le mieux à ton niveau d'accord sur une échelle en 5 points allant de « Pas du tout d'accord » à « Tout à fait d'accord ».

- | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 2. Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 3. Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 4. La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 5. Je me souviens facilement de la manière de se servir de ces systèmes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 6. Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 7. Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 8. J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 9. Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes aimerait s'en servir. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |
| 10. Ces systèmes sont difficiles à utiliser. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Pas du tout d'accord | Plutôt pas d'accord | Je ne sais pas | Plutôt d'accord | Tout à fait d'accord |

11. J'ai détesté utiliser ces systèmes.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Je ne sais pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord

12. L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Je ne sais pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord

13. L'utilisation de ces systèmes m'a énervé(e).

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Je ne sais pas	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord