

”Moi, voilà ce que je voudrais que tu me fabriques !” (Lucie, 9 ans) : Design participatif pour l’utilisabilité de marqueurs tangibles en contexte scolaire

Benoit Roussel, Stéphanie Fleck

▶ **To cite this version:**

Benoit Roussel, Stéphanie Fleck. ”Moi, voilà ce que je voudrais que tu me fabriques !” (Lucie, 9 ans) : Design participatif pour l’utilisabilité de marqueurs tangibles en contexte scolaire. 27ème conférence francophone sur l’Interaction Homme-Machine., Oct 2015, Toulouse, France. pp.a2, 10.1145/2820619.2820621 . hal-01218453

HAL Id: hal-01218453
https://hal.science/hal-01218453

Submitted on 21 Oct 2015

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.

“Moi, voilà ce que je voudrais que tu me fabriques !” (Lucie, 9 ans) : Design participatif pour l’utilisabilité de marqueurs tangibles en contexte scolaire

Benoit Roussel et Stéphanie Fleck
Université de Lorraine
Equipe PErSEUs - EA 7312
Île du Saulcy, CS 60228, 57045 Metz cedex 01, France
benoit.roussel ; stephanie.fleck@univ-lorraine.fr

RESUME
Cet article expose les principes et premiers résultats liés à la mise en œuvre d’une méthode de design participatif, la créativité collective, centrée sur de jeunes utilisateurs.

L’étude s’appuie sur des élèves qui, dans leur classe, sont utilisateurs d’un Environnement d’Apprentissage Augmenté (EAA) avec marqueurs tangibles en cours de développement : AIBLE-HELIOS®. Lors des tâches d’apprentissage, les manipulations par les enfants des marqueurs tangibles associés à la réalité augmentée entrainant de fréquentes occultations, les conséquences sont non négligeables sur le maintien de l’attention des élèves et sur le degré d’utilisabilité de ces marqueurs par des enfants. Les ateliers conçus et testés avaient pour but ici de contribuer à l’amélioration des supports tangibles de marqueurs en impliquant directement les élèves-utilisateurs (39 enfants scolarisés en cycle 3 - 8 à 11 ans) et ce dès les phases amont d’un processus de conception. Pour cela, nous avons choisi la technique de créativité collective qui favorise et organise la production d’idées en utilisant une succession de phases divergentes et convergentes (orchestrée par des outils spécifiques). Au total, 156 fiches idées et maquettes ont été réalisées et les résultats ouvrent des perspectives pour l’adaptation de cette méthode à un jeune public.

Mots Clés :

Réalité augmentée, interface tangible, utilisabilité, jeune public, créativité collective, innovation amont, design centré utilisateur.

ACM Classification Keywords
H.5.2 User Interfaces, User-centered design;
K.3 Computers and education

© ACM, 2015. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in Actes de la 27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, 2015.
http://dx.doi.org/10.1145/2820619.2820621

INTRODUCTION

Les Environnements d’Apprentissage Augmentés (EAA), environnements numériques utilisant la Réalité Augmentée (RA) pour favoriser les apprentissages (e.g. [5, 7, 20]), sont actuellement à l’aube de leur intégration en contextes éducatifs. L’un des avantages pédagogiques est sans aucun doute associable à la manipulation des supports physiques de cette augmentation visuelle [9], que l’on qualifie alors d’interfaces tangibles (ou *Tangible User Interfaces* TUIs [18]). Les TUIs alors permettent à l’apprenant des manipulations en principe complexes voire impossibles sans le bénéfice de l’augmentation.

En milieu scolaire, au-delà des activités classiques dites de TP, la manipulation est très fortement mobilisée pour innover pédagogiquement. On la retrouve notamment dans le cadre d’apprentissages constructivistes comme l’apprentissage par la pratique (ou *learning by doing*), par résolution de problèmes (ou *problem-based learning)*, par investigation (ou *inquiry-based learning*). Les EAA qui impliquent des TUIs ouvrent donc des possibilités notables d’innovations pédagogiques.

Inscrit dans cette perspective, le projet AIBLE (*Augmented and Inquiry-Based Learning Environnements*) a pour objectif de fournir une méthodologie et des supports éducatifs innovants destinés à l’amélioration des apprentissages des sciences pour les publics scolaires. Dans ce cadre, nous développons selon un processus de conception itératif l’environnement hybride AIBLE-HELIOS®, support de la présente étude, pour l’apprentissage par investigation de l’astronomie à destination d’enfants scolarisés de 8 à 11 ans. Dans notre premier prototype (Figure 1), les TUIs sont des marqueurs tangibles caractéristiques de la librairie ARToolKit, classiquement en carton, et permettant de déplacer des astres virtuels avec un grand degré de liberté.

Les premières évaluations préalablement publiées de ce prototype ont mis en évidence l’efficacité et l’efficience de cette interface [10, 11]. Néanmoins, des questions d’utilisabilité liées aux occultations des marqueurs tangibles restent présentes et nécessitent de repenser les TUIs utilisées.

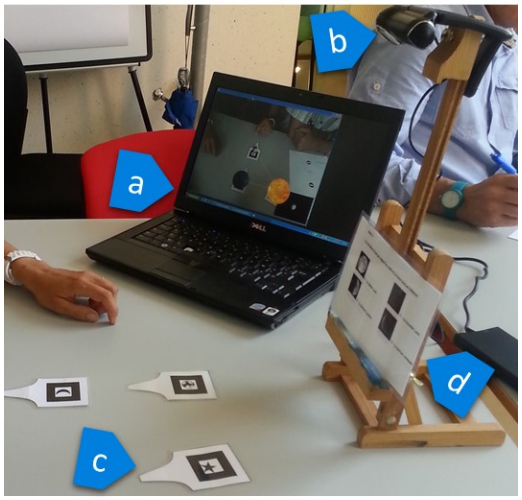


Figure 1 : Description de l'environnement du premier prototype de AIBLE-HELIOS® : a- ordinateur portable ; b- webcam ; c-marqueurs tangibles ; d- consignes pédagogiques.

Parmi les méthodes d'utilisabilité, la conception participative, également appelée design participatif ou co-design, permet l'implication directe des utilisateurs. Cependant, face à un jeune public en contexte scolaire, la question d'une méthodologie favorable se pose. Aussi, l'objectif de cette étude est de tester la transférabilité vers un jeune public scolarisé de la méthode de créativité collective généralement invoquée dans les processus de co-conception avec des adultes lors de problèmes d'utilisabilité.

RA ET OCCULTATIONS : PROBLEME D'ERGONOMIE

La RA a dès son origine comme fondement de créer des interfaces "intuitives" et faciles à utiliser [3]. Cependant, les problèmes liés aux occultations restent fréquents [29], notamment avec les marqueurs tangibles. Ils sont le plus couramment générés par les gestes des utilisateurs effectués entre le champ du système de captation et le ou les marqueurs. Le plus souvent de conséquence limitées pour l'utilisateur dans ce type d'occultation, ce dernier percevant rapidement la nécessité de se déplacer, il en est tout autrement lorsqu'il s'agit d'apprentissage.

Ainsi, les expériences utilisateurs récemment menées auprès de 87 enfants avec le premier prototype de AIBLE-HELIOS® [12], indiquent que les pertes temporaires de signal lors d'occultations agissent comme une rupture dans l'attention et la concentration au cours de la tâche d'apprentissage. Les études comportementales associées mettent en évidence que les modalités de préhension (voir Figure 2 pour quelques exemples) et de déplacement des marqueurs engagées par les enfants (e.g. rotation par flexion du bras ou du poignet, usage d'une seule main dans les déplacements…) ou demandées par les savoirs visés (rotation et révolution des objets) sont la principale source d'occultation. La réalité augmentée dans ce cadre étant très immersive (à titre d'exemple le regard est porté vers l'écran durant 86% (SD 4.9) du temps des manipulations [12]) et les apprentissages fondés sur l'investigation mobilisant fortement la cognition, les enfants se trouvent alors moins attentifs à la précision de leurs manipulations (doigts, mains sur le motif…). Ce constat nous demande donc de repenser ces TUIs.

De nombreux travaux cherchent à trouver une solution numérique aux problèmes d'occultation (e.g. [13, 29]). Cependant, ces problèmes sont clairement des facteurs limitant de l'utilisabilité, facteur classique de l'ergonomie des Interfaces Humain-Machine (IHM) et des interfaces en RA (e.g. [21]). Dans le cadre de l'ergonomie des apprentissages, la contrainte d'utilisabilité est importante car elle influence non seulement l'interaction individuelle ou collaborative du ou des élèves mais également le collectif classe en impactant directement le scénario et les pratiques pédagogiques de l'enseignant [8]. Aussi, nous pensons qu'il est complémentaire de questionner en parallèle des solutions numériques des possibilités d'amélioration ergonomique. Notre étude s'inscrit dans ce cadre.

Les principes tant de l'ergonomie des IHM, que ceux de l'ergonomie des apprentissages [30], sont tous centrés sur l'utilisateur/apprenant. Nous souhaitions donc impliquer les élèves eux-mêmes dans le processus de conception au lieu de faire que les décisions des concepteurs restent basées sur des perceptions d'adultes vis à vis de leurs besoins en matière d'usage et d'apprentissage. Cependant, la spécificité du jeune public utilisateur de AIBLE-HELIOS®, âgé de 8 à 11 ans, rend complexe l'utilisation de méthodes basées sur des questionnaires ou des entretiens.

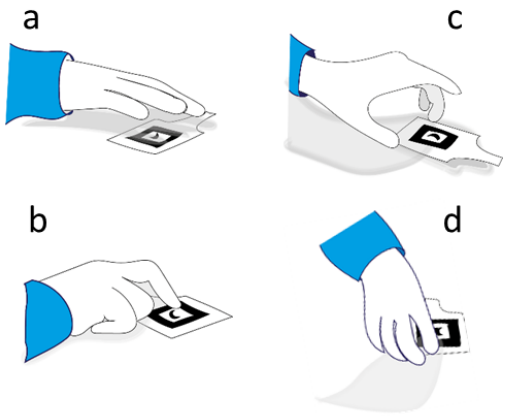


Figure 2 : Exemples d'occultation de marqueur lors de l'utilisation du premier prototype de AIBLE-HELIOS® : a- occultation de contact par recouvrement du marqueur; b- occultation de contact par recouvrement du motif; c- occultation par recouvrement du motif lors de la préhension fine; d- occultation du marqueur lors de la préhension simple.

Ainsi, pour certains enfants, il peut encore leur être difficile d'exprimer clairement leurs besoins ou exigences réels. Dans ce contexte, les méthodes de conception participatives semblent donc plus appropriées. Parmi cette dernière catégorie, on retrouve la méthode de "créativité collective" qui peut être mise en place dès les premières étapes de la conception en offrant *in-fine* de nouvelles idées aux concepteurs.

LE DESIGN PARTICIPATIF

La notion de design participatif ou coopératif a été développée par Kristen Nygaard dans les années 70 [25]. Elle demande une participation de nature coopérative entre les développeurs et les utilisateurs d'un système [22]. Cette notion se décline aujourd'hui en diverses pratiques, parmi lesquelles on retrouve les méthodes de créativité. L'activité créative résulte de la mémoire collective d'une communauté vis-à-vis de pratiques et de technologies au sein de son environnement. Aussi, loin d'être seulement individuelle, la créativité tire fortement bénéfice de l'approche collective pour favoriser l'émergence et le foisonnement d'idées nouvelles [24]. La créativité collective est donc basée sur certains principes, comme par exemple la mise en commun de la part créative des personnes du groupe afin d'accélérer ensemble la phase d'incubation précédant l'illumination (1ère étape de formalisation d'une idée).

La méthode dite de "créativité collective" favorise et organise la production d'idées en utilisant une succession de phases divergentes et convergentes (Figure 3). La divergence a pour objectif de transposer le groupe dans d'autres espaces pour appréhender des éléments de solutions analogues pour ensuite, en se servant de ces connaissances enrichies, de converger vers une vision nouvelle du problème posé initialement. Par la suite, les actions viseront au développement de ces idées en concepts puis en produits.

Dans cette étude, nous avons donc testé directement en contexte scolaire cette méthode de créativité collective. L'objectif était pour les élèves participants de produire le plus grand nombre d'idées intéressantes à développer dans le cadre de l'amélioration des marqueurs tangibles de AIBLE-HELIOS®.

Bien que des études récentes abordant les techniques de co-design avec les enfants (e.g. [14, 16, 23, 32, 34]) apportent de grands cadres que nous avons suivis (e.g. varier les activités, favoriser les activités concrètes et familières, scénariser et proposer une trame temporelle…) rares sont celles qui portent sur la créativité qui plus est en situation scolaire (e.g. [33]). Aussi, la question de la possibilité de transférer directement cette méthode (Figure 3) s'est posée. Le but de cet article est donc d'exposer et de discuter, au regard de la spécificité du public participant, le protocole de ces ateliers menés en situation réelle de classe.

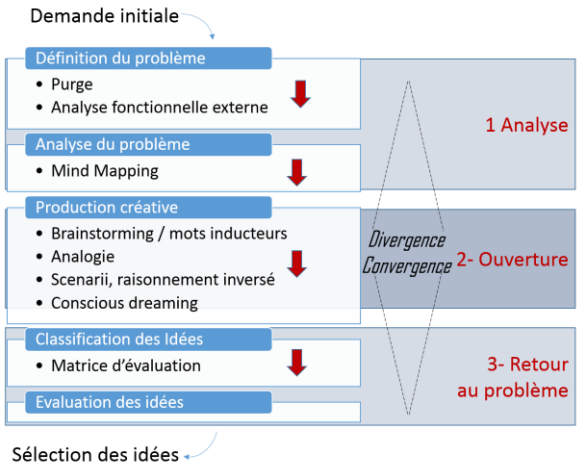


Figure 3 : Méthode générique de créativité collective.

MOYENS ET METHODES

Contexte et participants

Nous avons réalisé les séances de créativité auprès d'enfants de cycle 3 (CE2, CM1 et CM2) d'une même école française (correspondant à une trance d'âge de 8 à 11ans) après obtention des autorisations de l'Education Nationale, des enseignants et des parents des élèves. Les enfants sont issus de deux classes en cours double. Les garçons représentent seulement un tiers des élèves. Les séances de créativité se sont déroulées sur 3 jours à raison de 1 groupe d'enfants par demi-journée (soit 6 groupes - Tableau 1) au cours d'une période scolaire abordant l'apprentissage de l'astronomie, incluant AIBLE-HELIOS®. Au total, 39 enfants ont participé à ces séances.

Bien que complexe dans le cadre scolaire, nous avons cherché à limiter certains biais. Ainsi, pour diminuer un effet de trop grande homogénéité de niveau scolaire au sein d'un groupe, chacun d'eux est constitué avec l'aide des enseignants pour maintenir un niveau de compétences scolaires relativement hétérogène dans chaque groupe. Les élèves plus âgés sont souvent perçus par leur camarade comme des leaders naturels au sein d'un groupe restreint [1], ceci pourrait perturber la dynamique de groupe recherchée. Aussi, les enfants ont été répartis par tranche d'âge pour permettre aux enfants les plus jeunes de pouvoir s'exprimer plus librement au sein de leur groupe. Enfin, l'utilisation de l'EAA s'est déroulée systématiquement lors de la semaine précédant l'atelier pour chacun des groupes. Ces temps ont fait office de tests utilisateurs pour les enfants. Pour le plus grand nombre, ils ont également exprimé des problèmes d'utilisabilité tels que décrits précédemment (occultations, préhension difficile…).

Tous les ateliers se sont tenus dans une salle dédiée selon une configuration favorisant la créativité collective (espaces " ouverts ", grandes surfaces d'affichage, chaises

en arc de cercle devant un paperboard, liberté de mouvements,..).

Pour chaque groupe d'élèves, la demi-journée de travail a débuté directement par le processus créatif. L'ensemble des ateliers a fait l'objet d'un enregistrement vidéo et d'une procédure d'observation participante menée par l'un des membres de l'équipe de recherche.

Description du protocole de création participative

Celui-ci s'est déroulé selon les 3 grandes phases de la " méthode de créativité " exposée en Figure 3.

La durée possible des ateliers a été un paramètre influençant la mise en œuvre de la méthode de créativité généralement mise en place chez l'adulte. En effet, pour qu'une séance de créativité avec des personnes adultes soit la plus efficiente (monopolisation du groupe de personnes/productivité/nouveauté), sa durée peut/doit être entre 5-7 heures.

Dans un contexte scolaire, il n'est pas envisageable de maintenir de telles durées et ce du fait des contraintes horaires de l'école, de la nécessite de maintenir des temps d'apprentissage lors d'une journée de scolarisation, et dans l'intérêt de l'enfant lui-même. Après échange avec les enseignants, la durée des séances a donc été réduite à 2 heures. De même, dans le but de pratiquer les deux phases de divergence/convergence (essentielles pour le processus créatif), toute séance doit faire parcourir au groupe l'ensemble de la méthode décrite en Figure 3. Cependant, notre étude étant centrée sur la maximisation de la production créative des enfants et compte tenu de notre contexte, les 2 dernières étapes (pouvant être faites sans le groupe de créativité) ont été réalisées après la séance. D'autres, indispensables au processus de production d'idées, ont été réduites en temps afin de pouvoir enchaîner plusieurs outils créatifs dans le temps imparti.

Le processus créatif s'est donc déroulé en 3 grandes phases aboutissant à des fiches idées (ID) produites par le groupe de créativité : 1- la phase d'analyse, 2- la phase de divergence et 3- la phase de convergence.

1- la phase d'analyse a été réalisée grâce à la " purge ". La purge avait pour vocation de définir le périmètre de compréhension du sujet initial par le groupe et de se débarrasser le plus vite possible des idées préconçues sur le thème abordé. Elle a également pour objectif de mettre en place la dimension "collective" de la créativité : chacun apporte au groupe, construire ensemble, faire un choix ensemble, etc. Le sujet proposé était : *"Comment serait l'objet (de la taille de la main) facilement manipulable dans tous les sens ?"*. Dans un premier temps, la réflexion a été menée de manière individuelle en demandant à chacun des participants de noter un mot, une phrase, un dessin sur des post-it (un seul par post-it) pendant une durée de 7 minutes. Ensuite, à tour de rôle, chaque participant a présenté ses productions au groupe complet. Il proposait un positionnement de chacune de ses productions sur un tableau blanc où les post-it étaient rassemblés. Ce positionnement s'effectuait par proximité de ressemblance des post-it. Une discussion sur ce positionnement était engagée avec l'ensemble du groupe jusqu'à un accord collectif. Ceci a permis de regrouper les différents idées ou items au sein de grandes thématiques. La purge a abouti à une représentation d'idées et de notions sous forme de carte mentale (appelée aussi *mind mapping* ou schéma heuristique – Figure 4) [4].

2- La phase divergente avait pour objectif d'ouvrir le sujet initial et d'aller puiser dans d'autres secteurs (exemple : l'école, loisir, l'enfance, la vie courante, …) des notions, concepts et idées qui pourront par la suite venir alimenter le sujet initial. Pour cela, nous "bombardons le sujet posé" de différents points de vue avec des outils créatifs complémentaires afin d'élargir le champ des idées proposées.

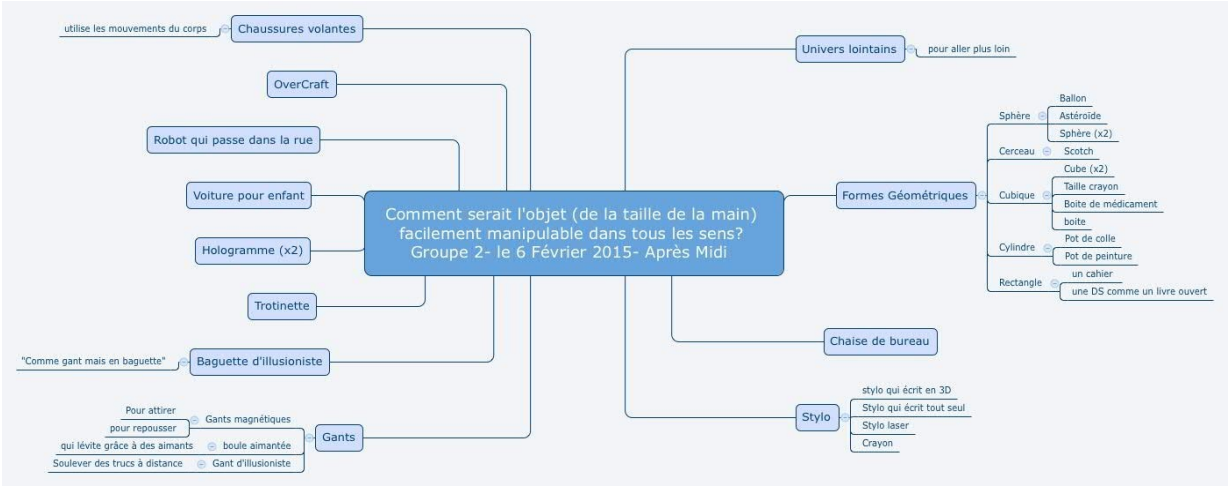


Figure 4 : Exemple de " carte mentale " du Groupe 2, résultat de la phase d'analyse du sujet (réalisée avec le logiciel Xmind).

3- Les phases convergentes s'attachaient à revenir au sujet initial en y intégrant les éléments trouvés dans la phase divergente. C'est durant ces phases, provoquées à différents moments de la séance de créativité, que le groupe de créativité fait émerger collectivement les idées.

Ainsi, compte tenu du temps des séances limité à 2h, pour provoquer ces successions de phases divergentes puis convergentes, nous avons utilisé :

- pour les groupes 1, 2 et 3, le "Brainstorming" par 2 fois,
- pour le groupe 4, l' "Analogie par projection iconique",
- pour les groupes 5 et 6, le "Brainwriting" à partir de formes imposées par 3 fois,
- pour les 6 groupes, le "Modelage individuel".

Ces quatre outils mises en place ont été testées séparément.

- Le brainstorming [6] avait pour objectif d'inciter les groupes 1, 2 et 3 à s'exprimer sur un sujet qui renvoie aux notions générales de : "*Quel objet peut-on faire tourner sur lui-même (Rotation)?"* et *"Quel objet peut-on faire tourner autour de quelque chose (Révolution) ?"*. En principe, ceci permet aux groupes un éloignement progressif du sujet étudié tout en poursuivant son approfondissement. Les notions/idées exprimées sont également venues compléter et enrichir les réflexions précédentes (purge).

- L'analogie [15] menée avec le groupe 4, avait pour objectif d'explorer le sujet initial en "rendant l'insolite familier", c'est à dire en allant chercher des idées dans des domaines connexes pour résoudre des problèmes. Pour cela, une présentation de photos du domaine des jeux et jouets pour enfants a été proposée suivie d'une action de créativité grâce à l'outil analogie. Ceci a permis au groupe d'exprimer des notions/idées en transférant les informations du domaine proposé sur le sujet traité durant la séance.

- Le brainwriting [19] dérivé du brainstorming avait pour objectif d'inciter les groupes 5 et 6 à s'exprimer par écrit sur un sujet proposé. En conservant les avantages du brainstorming, cet outil permet à des individus plus timides de s'exprimer par écrit.
En partant d'objets physiques de formes différentes (palette, cube, cylindre et boule) présentés successivement, chaque membre du groupe devait, individuellement, proposer par écrit (dessin et/ou texte) une amélioration de ces formes et ainsi répondre à la question posée : *"Comment peut-on améliorer cette forme pour facilement la faire tourner sur elle-même (Rotation)/autour de quelque chose (Révolution)?"*. Chaque proposition individuelle a ensuite été présentée/discutée/améliorée en collectif. Ceci a permis aux groupes un éloignement progressif du sujet étudié tout en poursuivant son approfondissement.

- Le modelage individuel avait pour objectif d'inciter chacun des participants à formaliser avec de la pâte à modeler ses propres solutions au sujet posé pendant 10 minutes. Cette méthode, sollicitant principalement la dimension de convergence de la créativité, est réalisée en fin de séance.

PANEL		***Groupe 1***	***Groupe 2***	***Groupe 3***	***Groupe 4***	***Groupe 5***	***Groupe 6***
n		7	7	6	7	6	6
Nbr de filles/groupe		5	4	4	5	4	4
Age moyen (SD)		9,00 (1,15)	10,42 (0,79)	8,67 (0,82)	10,57 (0,79)	8,50 (0,55)	10,33 (0,52)
Niveau de scolarisation	***CE2***	5	0	6	0	4	0
	CM1	2	5	0	3	2	1
	CM2	0	2	0	4	0	5
Types d'outils de créativité collective		Carte mentale	Carte mentale	Carte mentale	Carte mentale	Carte mentale	Carte mentale
		Brainstorming 2x	Brainstorming 2x	Brainstorming 2x	Brainstorming	Brainwriting 3x	Brainwriting 3x
		Modelage	Modelage	Modelage	Analogie	Modelage	Modelage
					Modelage		
Nbr de fiches IDs		25	25	15	15	32	19
Nbr de modelages		7	0	6	0	6	6

Tableau 1: Description du panel de participants et nombre de fiches idées + modelage par groupe obtenus lors des ateliers de créativité collective testés en contexte scolaire.



Figure 5 : Exemple de fiche idée retranscrite de la production des enfants et exemple de modelage individuel.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les éléments produits par le groupe de travail ainsi que lors des synthèses sont les suivants :

- lors de la phase d'analyse du sujet initial, les 6 cartes mentales de la purge réalisées par les 6 groupes ont fait émerger près de 290 thématiques et items (e.g. Figure 4) ;
- au cours de la phase de convergence 80 IDs ont été produites par les groupes de travail 1, 2, 3 et 4 (retranscrites au format Fiche ID – exemple Figure 5) ;
- 51 fiches IDs ont été rédigées collectivement par les groupes de travail 5 et 6 ;
- de plus, 25 fiches IDs sur les maquettes en pâte à modeler ont été réalisées par l'ensemble des enfants (Tableau 1 et Figure 5).

La méthode de créativité permet ici de constituer une importante base d'idées émises par les futurs utilisateurs de AIBLE-HELIOS® (les enfants) favorable à la suite du processus de design.

Sur les plans quantitatifs et qualitatifs, les résultats obtenus par le biais des observations participantes et par le biais des productions issues des ateliers éclairent la question de la transférabilité de la démarche de créativité collective auprès d'un public scolaire.

Le Nombre d'Idées Générées

Un des premiers critères pour mesurer l'adoption de la créativité par un groupe est souvent la quantité.

Ici 156 fiches idées ont été produites (Tableau 1 et Figure 5). De ce point de vue, les résultats sont comparables à ceux que nous avons observés lors d'actions similaires avec des adultes et ce bien que les 6 groupes d'enfants n'aient jamais utilisé au préalable cette méthode, et malgré des conditions de temps limitées.

La Dynamique Collective des Groupes

Différents observables peuvent nous permettre d'évaluer la dynamique collective de groupe, indispensable pour mener à bien une séance de créativité collective. Nous relèverons les dimensions "s'amuser en travaillant" et "penser positif" pour laquelle chacun est à l'écoute et s'enrichit du collectif.
Pour ces deux dimensions, il n'y pas de différence notable avec des groupes d'adultes.
De même, quels que soient les outils créatifs utilisés et le type de communication sollicité (oral, écrit par mots, par dessins, modelage, de manière individuelle ou collective), tous les enfants se sont exprimés sans qu'un leadership ne s'installe.

Les enfants constituant les groupes sont issus de la même école et des mêmes classes et ont de ce fait l'habitude de travailler ensemble. Ceci constitue donc un élément favorable à cette mise en place de la dynamique collective mais représente aussi une limite à notre étude.

L'Acceptation des Différents Outils Créatifs Utilisés et Leurs "Modes de Pensée" Associés

En première approche, les outils sélectionnés pour ces séances de créativité collectives ont facilement été mis en œuvre par les enfants. Il apparait que les enfants privilégient l'expression spontanée lors de l'utilisation des outils choisis. Ceci n'est pas toujours le cas pour les groupes d'adultes face à ces mêmes techniques pour qui le raisonnement analytique est souvent perturbateur de la spontanéité de pensée.

Une question que nous pouvons soulever pour les séances créatives à venir avec les enfants est : qu'en serait-il lors de l'utilisation d'outils créatifs activant les raisonnements analytique et exploratoire (ex: Les 6 chapeaux de De Bono, la matrice de découverte, le cycle de vie du produit,...)?

La Créativité : Moyen de Captation de la Désirabilité?
A la première lecture du catalogue des 156 fiches idées transcrites, et quel que soit l'outil utilisé, une grande partie de celles-ci illustre ce qu'aiment ou désirent les enfants dans leur environnement immédiat.

Par exemple, après regroupement en catégories des 25 fiches IDs rédigées à partir de la méthode du modelage, nous avons constaté que 8 fiches idées (soit 32%) peuvent être classées dans un groupe intitulé "Les affectifs" représentant "mon nounours", "ma mamie", "le champignon que j'aime cueillir avec mon grand-père", etc. De plus, l'analyse des 13 fiches idées produites par le groupe 3 lors des brainstormings met en évidence que 8 fiches idées (soit 61,5%) peuvent être également classées dans le groupe intitulé "Les affectifs", comprenant ici 2 sous-groupes : "mes héros" et "la saga Dora l'exploratrice". D'une façon générale dans l'ensemble des fiches, certaines idées représentent formellement des "stars", des personnages emblématiques de jeu ou des jouets connus.

Ainsi, les TUIs à l'école pourraient être pour les enfants formellement à l'image de Kendji Girac, de Playmobil®, Yogi, Mario, Barbie® ou encore Harry Potter. En rapprochant ces observations de la démarche du *design thinking* [26] dans son approche *Human Centered Design* (HCD), nous pouvons inclure ces données dans l'un des "3 prismes" de cette méthode : la "Désirabilité". Cette dernière représente la première étape de cette approche HCD, les 2 autres étant la "Faisabilité" (ce qui est techniquement et organisationnellement faisable) et la "Viabilité" (ce qui est financièrement viable). Si ces premières observations sont confirmées par les analyses fines en cours, elles alimentent notre processus de conception centré utilisateur/apprenant des marqueurs tangibles.

l'Effet de "Recopie"
- la "recopie de proximité visuelle" :
Les premières analyses des productions des enfants font apparaître une redondance non négligeable des idées. La première lecture analytique des vidéos des séances (2 x 12h) met en évidence qu'avec les outils sollicitant l'écriture individuelle (la purge et la carte mentale en résultant, le brainwriting), les enfants s'inspirent fortement des productions de leurs voisins proches. Par exemple, l'analyse des 32 fiches idées produites par le groupe 5 lors des brainwritings met en évidence les similitudes fortes de 16 fiches (soit 50%) de la manière suivante :

- 8 fiches idées (soit 25%) classées dans un groupe intitulé "Objet à plusieurs manches».
- 4 fiches idées (soit 12,5%) classées dans un groupe intitulé "Objet à moteur de fusée",
- 2 fiches idées (soit 6,25%) classées dans un groupe intitulé "Objet à 2 manches",
- 2 fiches idées (soit 6,25%) classées dans un groupe intitulé "Carte à 1 manche".

De même, lors de l'utilisation de l'outil créatif des modelages individuels, alors que les enfants étaient placés volontairement éloignés, cette "inspiration" est visible dans les productions. Nous appellerons cet effet : la "recopie de proximité visuelle", processus assez similaire à ce que l'on rencontre en situation scolaire lors des pertes de confiance en leurs compétences par les enfants ou bien lors des apprentissages sociaux dits vicariants [2].

- la "recopie du réel" (et non de l'imaginaire) :
Un des rôles de l'animateur de séance de créativité est de faire diverger les membres du groupe pour les amener à quitter un mode de raisonnement analytique pour adopter un mode de raisonnement "exploratoire". Ce dernier se caractérise, entre autre, par une projection de la pensée et une exploration de thèmes à priori déconnectés du sujet initial, une spontanéité dans les propositions des participants et une acceptation de formulations d'idées farfelues et imaginaires.

Alors qu'à priori, nous pensions trouver chez les enfants, une facilité à explorer des mondes imaginaires, à se déconnecter du réel, nous constatons que le réel est très présent dans les propositions. Cela a été particulièrement prégnant lors de la phase d'analogie présentant un univers de jouets, figurines, objets ludiques, éloigné à priori du sujet initial des TUIs à formaliser. Pour illustrer cela, l'analyse des 15 fiches idées produites par le groupe 4 lors de l'analogie iconique met en évidence les regroupements suivants :

- 12 fiches idées (soit 75%) classées dans un groupe intitulé "Recopie de l'analogie",
- 3 fiches idées (soit 25%) classées dans un groupe intitulé "Projection proche de l'analogie".

Les enfants, face à cet univers ont fait des propositions d'idées assimilables à des copies des images proposées. Nous proposons d'appeler cet effet : la "recopie du réel".

L'étape de divergence/convergence créative chez l'enfant semble ici être une difficulté particulière. Ainsi, un certain nombre d'entre eux a rencontré des problèmes à s'extraire de la réalité perçue pour ouvrir leur imaginaire à une réalité probable.
Dans la tranche d'âge concernée par cette étude (8-11 ans), le stade de développement cognitif généralement observé permet à l'enfant de commencer à envisager des évènements qui surviennent en dehors de sa propre vie, de construire un espace perçu à partir de l'espace vécu [27]. Il commence également à conceptualiser et à effectuer des opérations mentales plus complexes, favorables à la décentration [31]. Cependant, les objets doivent le plus souvent encore être présents dans la réalité de l'élève, doivent exister dans sa conscience. Cela signifie que l'enfant de cet âge peut organiser son raisonnement ou sa recherche "*seulement à propos de constatations ou*

représentations jugées vraies, et non pas à l'occasion de simples hypothèses" [28]. Aux alentours de 10 ans, l'enfant commence progressivement à se détacher du réel et peut raisonner à partir d'éléments abstraits : il devient capable de déduire des conclusions à partir de pures hypothèses et non seulement de faits observables ou de convictions. En général, il faut attendre l'adolescence pour voir la pensé dite hypothético-déductive, les opérations formelles et la possibilité de raisonner sur des hypothèses se structurer pleinement. En résumé, "*avant l'adolescence le possible est un cas particulier du réel, après c'est le réel qui devient un cas particulier du possible*" [17].

CONCLUSIONS

Cette étude met en évidence la transférabilité des méthodes de créativité collective en tenant compte du contexte spécifique de l'école et de son jeune public. Plus de 150 fiches idées ont été produites lors de nos expérimentations. Comme le démontre la richesse des possibilités de production portée par les enfants, l'ensemble de ces résultats offre une base favorable à la conception d'une TUI avec de meilleures qualités en termes d'utilisabilité en situation d'apprentissage scolaire mais aussi de désirabilité.

Cependant, l'analyse des premiers résultats montre également la vigilance que les designers doivent avoir vis à vis des possibilités cognitives des enfants face à la pensée divergente puis convergente lors de l'utilisation de la "méthode de créativité". Ce dernier se situe à un stade de développement cognitif qui questionne ses compétences en termes d'allocentrisme (la capacité à adopter un autre point de vue que le sien). Il est alors possible d'interpréter les difficultés rencontrées par les enfants pour se décentrer des objets, supports proposés pour entrer dans l'imaginaire, dans un possible irréel, comme la conséquence du stade de développement cognitif de ce jeune public.

Aussi, les travaux à venir portant sur la méthode de créativité collective avec des enfants devraient prendre en considération ces paramètres et proposer des supports à la créativité centrés sur les spécificités cognitives de cette tranche d'âge.

REMERCIEMENTS

L'ensemble des travaux de développement de AIBLE-HELIOS® font l'objet d'un soutien financier de la SATT Grand-Est. Nous remercions l'inspection de l'Education de Nationale pour son accord au déroulement des présents travaux. L'équipe de recherche tient à remercier tout particulièrement les enfants et les enseignants qui ont participé à cette étude avec enthousiasme. Enfin, nous remercions J.M. Christian BASTIEN pour sa relecture avisée et Gilles SIMON pour sa participation au développement du premier prototype.

BIBLIOGRAPHIE

1. Anzieu, D. & Martin, J.-Y. La dynamique des groupes restreints. PUF, Paris, 2000.
2. Bandura, A. De l'apprentissage vicariant à la perception d'auto-efficacité. In Proc. *7ème biennale de l'éducation et de la formation. INRP 2004*.
3. Billinghurst, M., Kato, H. & Poupyrev, I. The magicbook-moving seamlessly between reality and virtuality. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21, 3, (2001), 6-8.
4. Buzan, T., Trocmé-Fabre, H., Sager, P., Paban, F. & Dugon, I. Une tête bien faite. Éditions d'Organisation, Paris, 2004.
5. Campos, P., Pessanha, S. & Jorge, J. Fostering collaboration in kindergarten through an augmented reality game. *The International Journal of Virtual Reality*, 10, 3, (2011), 33-39.
6. De Bono, E. *Les instruments de la pensée latérale : le brainstorming*. In La pensée latérale, Entreprise Moderne d'Édition, Paris, 1973.
7. Di Serio, Á., Ibáñez, M. B. & Kloos, C. D. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, (2013), 586-596.
8. Dillenbourg, P., Zufferey, G., Alavi, H., Jermann, P., Do-Lenh, S. & Bonnard, Q. Classroom orchestration: The third circle of usability. In Proc. *CSCL '11*, 510-517.
9. Do-Lenh, S., Jermann, P., Cuendet, S., Zufferey, G. & Dillenbourg, P. *Task Performance vs. Learning Outcomes: A Study of a Tangible User Interface in the Classroom*. In Sustaining TEL: From Innovation to Learning and Practice, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
10. Fleck, S. & Simon, G. An Augmented Reality Environment for Astronomy Learning in Elementary Grades: An Exploratory Study. In Proc. *IHM '13*, 14-22.
11. Fleck, S., Simon, G. & Bastien, C. AIBLE: An Inquiry-Based Augmented Reality Environment for teaching astronomical phenomena. In Proc. *ISMAR '14*, 65-66.
12. Fleck, S., Hachet, M. & Bastien, J. M. C. Marker-based augmented reality: Instructional-design to improve children interactions with astronomical concepts. In Proc. *IDC '15*, 21-28.
13. Garrido-Jurado, S., Muñoz-Salinas, R., Madrid-Cuevas, F. J. & Marín-Jiménez, M. J. Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion. *Pattern Recognition*, 47, 6, (2014), 2280-2292.
14. Girard, S. & Johnson, H. Designing affective animations with children as design partners using role-playing. In Proc. *IHM '11*, 1-8.
15. Gordon, W. J. Synectics: The development of creative capacity, (1961).
16. Hemmert, F., Hamann, S., Löwe, M., Zeipelt, J. & Joost, G. Co-designing with children: a comparison of embodied and disembodied sketching techniques in the design of child age communication devices. In Proc.*IDC '10*, 202-205.
17. Houdé, O. & Leroux, G. Psychologie du développement cognitif. PUF, Paris, 2009.
18. Ishii, H. Tangible bits: beyond pixels. In Proc. *TEI '08*, XV-XXV.
19. Jaoui, H. La creativite: mode d'emploi. EME Editions Sociales Françaises (ESF), Paris, 1990.
20. Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S. & Woolard, A. "Making it real": Exploring the potential of Augmented Reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10, 3-4, (2006), 163-174.
21. Ko, S. M., Chang, W. S. & Ji, Y. G. Usability Principles for Augmented Reality Applications in a Smartphone Environment.

International Journal of Human-Computer Interaction, 29, 8, (2013), 501-515.

22. Lindgaard, G. & Caple, D. A case study in iterative keyboard design using participatory design techniques (English). *Applied Ergonomics*, 32, 1, (2001), 71-80.
23. Mazzone, E., Read, J. & Beale, R. Towards a Framework of Co-Design Sessions with Children. In Proc. *INTERACT '11*, 632-635.
24. Nakakoji, K., Yamamoto, Y. & Ohira, M. A framework that supports collective creativity in design using visual images. In Proc. *C. & C. '99*, 166-173.
25. Nygaard, K. & Terje Bergo, O. The trade unions-New users of research. *Personnel Review*, 4, 2, (1975), 5-10.
26. Owen, C. L. Design thinking: Driving innovation. *The Business Process Management Institute*, (2006), 1-5.
27. Piaget, J. & Inhelder, B. The child's conception of space. Humanities Pr., New York, 1956.
28. Piaget, J. & Inhelder, B. L'image mentale chez l'enfant. PUF, Paris, 1966.
29. Shah, M. M., Arshad, H. & Sulaiman, R. Occlusion in augmented reality. In Proc. *ICIDT '12*, 372-378.
30. Smith, T. J. The ergonomics of learning: educational design and learning performance. *Ergonomics*, 50, 10, (2007), 1530-1546.
31. Spencer, C., Blades, M. & Morsley, K. The child in the physical environment: The development of spatial knowledge and cognition. Wiley Chichester, 1989.
32. Vaajakallio, K., Lee, J.-J. & Mattelmäki, T. "It has to be a group work!": co-design with children. In Proc. *IDC '09*, 246-249.
33. Vaajakallio, K., Mattelmäki, T. & Lee, J.-J. Co-design lessons with children. *Interactions*, 17, 4, (2010), 26-29.
34. Walsh, G., Druin, A., Guha, M. L., Foss, E., Golub, E., Hatley, L., Bonsignore, E. & Franckel, S. Layered elaboration: a new technique for co-design with children. In Proc. *CHI '10*, 1237-1240.