



HAL
open science

Learning matters, des matières à apprendre pour la petite enfance

Marion Voillot, Claire Eliot

► **To cite this version:**

Marion Voillot, Claire Eliot. Learning matters, des matières à apprendre pour la petite enfance. Drôles d'objets: un nouvel art de faire, Oct 2021, La Rochelle, France. 10.5281/zenodo.6059701 . hal-03592714

HAL Id: hal-03592714

<https://hal.science/hal-03592714>

Submitted on 1 Mar 2022

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.

Learning matters, des matières à apprendre pour la petite enfance

Marion Voillot ^(1, 2, 3) & **Claire Eliot** ⁽²⁾

(1) IRCAM-STMS, (2) CRI, Université de Paris, (3) CRD, ENS Paris-Saclay /ENSCI- Les Ateliers

Résumé Dans le domaine des interactions humain-machine (IHM), les interfaces tangibles pour enfant forment un domaine de recherche très dynamique, enrichi ces dernières années par la création d'interfaces en e-textile. En effet, ces nouveaux « manipulables » (ou *manipulatives* en anglais) ont la particularité d'associer le textile à l'électronique, pour créer de nouveaux supports de jeu et d'apprentissage pour la petite enfance. C'est dans ce courant de création que s'est développé le projet *Learning Matters*, des matières à apprendre, en co-création avec des enseignant·es de maternelle. *Learning Matters* prend la forme de circuits interactifs manipulables permettant d'éveiller les tout-petits à la culture numérique. Le projet de recherche en design ouvre ainsi de nouvelles possibilités d'interaction enfant-machine plus incarnées (Antle, 2013).

Introduction

Dans le domaine des interactions humain-machine (IHM), les interfaces tangibles pour enfant forment un domaine de recherche très dynamique (Xu, 2005). Ces interfaces permettent d'interagir physiquement avec des entités numériques immatérielles via la manipulation d'objets physiques programmés (Ulmer & Ishii 2000). Alors que l'usage des écrans par le jeune enfant fait l'objet de nombreuses controverses (Clément, 2020), *comment concevoir des outils numériques adaptés aux tout-petits ?* Selon des travaux de recherche relativement récents, les interfaces tangibles semblent plus adaptées au développement des tout-petits (avant l'âge de 6 ans), et ceci grâce (1) aux interactions sensori-motrices suscitées, (2) à l'autonomie permise grâce au processus d'essai-erreur et de retour immédiat, et enfin (3) à l'aspect ludique de ces interfaces, alors support d'apprentissage (Zuckerman, 2005). C'est en s'appuyant sur le domaine des interfaces tangibles pour l'enfance que nous avons développé le projet *Learning Matters*, des matières à apprendre. Issu d'un processus de recherche en design, le projet est le fruit de la collaboration avec des enseignant·es de maternelle, et d'une démarche à la fois empirique et écologique, centrée-enfant. *Learning Matters* associe textile et électronique pour éveiller les tout-petits à la culture numérique. La manipulation d'interfaces tangibles en e-textile ouvre ainsi de nouvelles possibilités d'interactions enfant-machine plus incarnées (Antle, 2013).

1. Les interfaces e-textile pour la petite enfance

Dans le domaine des interfaces tangibles pour l'enfance, les interfaces en e-textile (aussi appelées *smart textile* en anglais) se sont multipliées ces dernières années (Honauer et al, 2019). Ces nouveaux « manipulables » (ou *manipulatives* en anglais) ont la particularité d'associer le textile à l'électronique, deux matérialités a priori opposées : le textile est un

matériau relativement souple qui possède des propriétés intrinsèques proches des qualités de la peau ; alors que l'électronique prend souvent la forme de micro-composants, carrés et rigides (Gowrishankar et. al, 2017). Les outils numériques prennent alors généralement la forme d'interfaces à écran (smartphones, tablettes, ordinateurs) influençant alors notre perception au monde (Vial, 2013).

Contrairement aux interfaces à écran, les interfaces en e-textile permettent d'éveiller le sens haptique (ie. toucher actif) et d'offrir de nouvelles interactions multimodales, c'est-à-dire associant un retour sensoriel immédiat à une action, souvent associée au geste (Jones, 2018). En effet, puisque le textile permet une infinité de créations, on trouve des interfaces en e-textile pour les jeunes enfants qui se matérialisent en plusieurs supports de jeu, à la fois souples et interactifs, tels qu'un livre textile (Honauer et. al, 2019), un doudou vibrant (Berzowska et. al, 2019), une surface tactile et sonore (Cibrian et al., 2016), ou encore de petites figurines encourageant la créativité des enfants (Berglin, 2005). Ces interfaces offrent de nouvelles possibilités d'interaction tangible pour les très jeunes enfants, s'appuyant sur une manipulation "douce" associée à des retours multisensoriels — vibratoires, sonores, ou lumineux.

Ainsi, les interfaces en e-textile bénéficient des qualités haptiques intrinsèques du textile (doux, rugueux, souple, etc.) pour créer des interactions plus incorporées dès tout-petit (Antle, 2013). C'est dans ce courant de création offrant de nouvelles interactions enfant-machine, supports de jeu et d'apprentissage actif, que s'est développé le projet *Learning Matters*, des matières à apprendre.

2. Le projet Learning Matters

Le projet *Learning Matters* se compose de trois types d'éléments manipulables nommés ainsi :

- Batterie, source d'énergie électrique ;
- Capteur, en e-textile et canal d'acquisition de l'information gestuelle ;
- et Lampe qui émet le signal lumineux.

Les capteurs sont tous différents, contrairement aux batteries, et aux lampes (formellement identiques mais de différentes couleurs), et ont la particularité d'être réalisés en textile électronique (ici assemblage de textile classique et de tissu métallique donc conducteur) .

À la manière d'un collier de perles, c'est l'association de ces trois éléments dans le bon ordre qui permet de créer le dispositif de *Learning Matters* [Figure 1]. Ce dispositif prend la forme d'un circuit électronique relativement simple. Il permet ainsi à l'enfant d'appréhender la notion complexe et abstraite de traitement de l'information par la manipulation d'une interface à la fois tangible et numérique (Ishii & Ullmer, 1997).

Ces éléments assemblés pour former un circuit fonctionnel, l'enfant peut interagir sur le capteur via un geste simple - caresser, taper, froter etc. (décrit dans le Tableau 1). C'est donc bel et bien l'information donnée par le geste qui permet d'activer le signal lumineux du circuit, par retour immédiat.

Le projet s'inspire de dispositifs existants de type *Little Bits* (Bdeir, 2009) qui encouragent les enfants, à partir de 6 ans, à manipuler les composants électroniques d'un système de traitement de l'information. Ici l'association de l'électronique au textile permet de rendre le dispositif *young-child friendly*, c'est-à-dire adapté aux plus-petits. La conception de chaque élément du dispositif est issu d'un processus de conception itératif qui a permis d'adapter, par observation sur le terrain, l'interface aux besoins et aux contraintes du monde de la petite enfance.

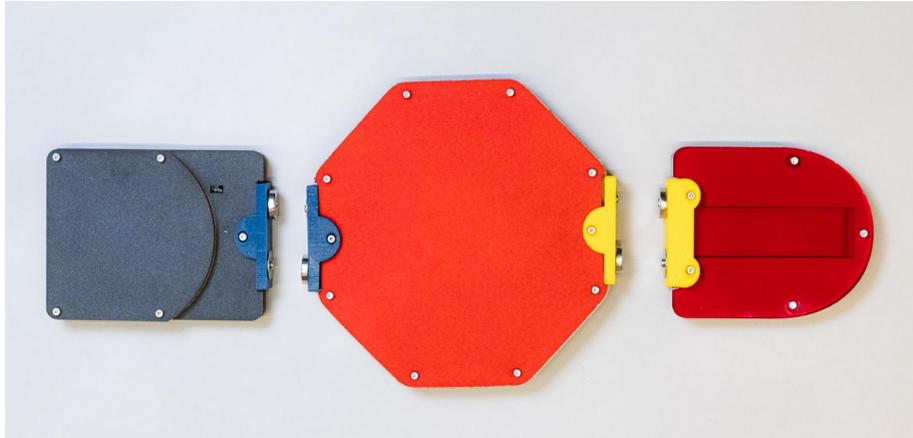


Figure 1 : Les 3 interfaces du dispositif de *Learning Matters* : batterie-capteur-lumière
(Crédit photo : Quentin Chevrier)

3. Processus de conception

Le processus de conception du projet *Learning Matters* s'inscrit dans une démarche de recherche à la fois empirique (Zaman et. al, 2012) et écologique (Gibson & Pick, 2003) centrée-enfant. Sa réalisation est le résultat d'une collaboration avec les enseignant·es de maternelle (Hourcade, 2015). En effet, le projet a fait l'objet de nombreux tests en école maternelle avec des enfants de petite, moyenne et grande sections (âgés de 3 à 5 ans) dans trois établissements d'Ile-de-France [Figure 2]. La version présentée dans cet article est le résultat de deux phases d'itérations qui ont eu lieu entre 2019 et 2021 : *version 1* > *version 2* > *version 3* dite *finale* [Figure 3].

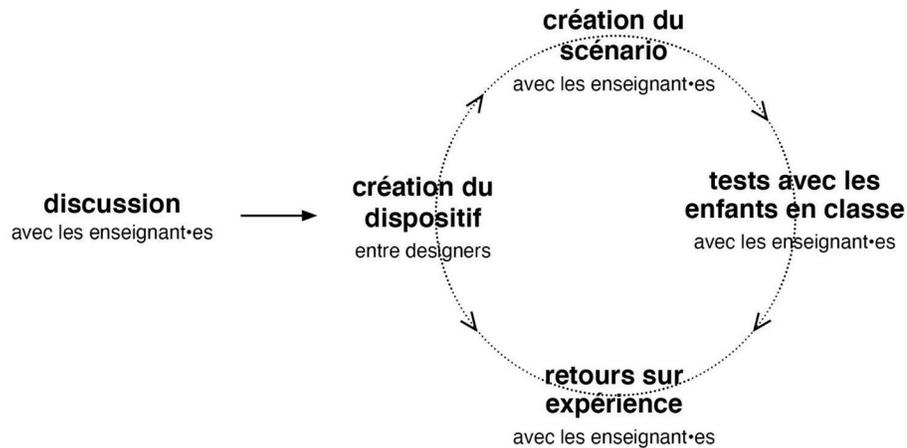


Figure 2 : Processus de conception itératif pour Learning Matters

Version 1 (2019) - La première version du projet était composée uniquement d'éléments hexagonaux relativement plats, qu'il s'agisse de la batterie, du capteur ou de la lampe - ce qui ne permettait pas de les distinguer. De plus, les assemblages étaient réalisés grâce à des boutons pression, dont la prise en main était difficile pour les jeunes enfants. Enfin, les composants électroniques étaient relativement visibles ce qui effrayait certains enfants lors de la manipulation (surtout les batteries).

Version 2 (2020) - Tout comme la *Version 1*, les trois types d'interfaces étaient composés de textile. Mais, contrairement à la première version, les éléments du dispositif ont été conçus de manière tridimensionnelle, comme des boîtiers d'une épaisseur d'1 à 2 centimètres environ. Des aimants insérés sur chaque élément assurent un assemblage stable des éléments entre eux. Nous avons observé que ces deux changements facilitaient la manipulation par les jeunes enfants. De plus, nous avons défini des formes distinctes pour chaque type d'élément - batterie, capteur, lampe. Dans cette version, les enfants avaient tendance à vouloir plier ces interfaces, entièrement en textile, et donc très souples au risque de briser les connexions électriques.

Version 3 dite finale (2021) - Pour cette version, nous avons pris en compte les critères suivants :

- La pérennité des dispositifs : nous les avons rendus plus rigides afin de renforcer les connectiques. Seule la surface supérieure de l'interface du capteur est composée de e-textile.
- L'assemblage : Nous avons choisi de garder les aimants ainsi que des formes tridimensionnelles pour faciliter la manipulation par les jeunes enfants. Nous avons également codifié de manière colorée le sens de l'assemblage pour supprimer toute ambiguïté.
- La reproductibilité et la réparabilité : Pour cela, nous avons utilisé un système de "couches" (ou *layers*) assemblées grâce à de petites vis, permettant de

construire et déconstruire facilement chaque élément et ainsi de les réparer facilement.

Grâce à ces dernières modifications, le projet s'inscrit dans la philosophie de transmission ouverte (ou *open-source*), puisque les dispositifs sont facilement reproductibles en fablab ou tiers-lieu de fabrication numérique.



*Figure 3 : Dans l'ordre, les 3 versions du dispositif de Learning Matters (V1, V2, V3 finale)
(Crédit photo : Matthieu Barani, Quentin Chevrier)*

4. Description des dispositifs

Chaque dispositif du projet *Learning Matters* associe trois éléments, composés ainsi :

- Les batteries prennent la forme de blocs rectangulaires composés de bois et de carton gris enveloppant chacun une batterie plate de 3,7V (pouvant se recharger par induction) ;
- Les capteurs en e-textile aux formes géométriques primaires (hexagone, carré, ovale, etc.) sont composés de bois et de carton pour le socle et de textiles divers associés à du textile conducteur (ou métallique) pour la surface supérieure à manipuler (décrit dans le Tableau 1);
- Enfin, les lampes prennent la forme de demi-ovales colorés composés d'une LED plate, ainsi que d'une enveloppe de bois et de PMMA, un polymère thermoplastique transparent.

Dans un processus de recherche en design, la création de chaque capteur a fait l'objet d'une démarche de recherche & développement. Ainsi en tant que designers, nous avons pensé l'ensemble des caractéristiques de l'interface : matérialité, forme et couleur, ainsi que le textile qui pouvait être associé à chaque capteur. En effet, le choix de chacune de ces caractéristiques conditionne la gestuelle des enfants sur le circuit. Ainsi chaque capteur possède sa propre *affordance*, c'est-à-dire sa capacité intrinsèque à exprimer ses formes d'utilisation (Norman, 1999). Par exemple, pour le capteur *Taper*, sur lequel il est nécessaire de taper pour allumer la lampe, nous avons utilisé un textile relativement rigide. À l'inverse pour le capteur *Souffler*, nous avons utilisé un textile léger, que l'on peut mettre en mouvement par un courant d'air. Comme décrit dans le Tableau 1, nous avons utilisé, respectivement, de la feutrine (rouge) et une toile de cerf-volant (bleu clair).

Tableau 1 : Description des capteurs du projet ‘learning matters’

Capteur	Geste	Matériau/Couleur	Forme
Taper	<i>Taper du poing au centre</i>	Feutrine épaisse rouge	Hexagonale
Caresser	<i>Caresser de haut en bas</i>	Velours gris	Carrée
Frotter	<i>Frotter avec le bout des doigts les boucles</i>	Cuir vert	Ovale
Souffler	<i>Souffler afin de créer un effet de balancement des pétales de gauche à droite</i>	Toile de cerf-volant bleu clair	Rectangulaire arrondie
Gratter	<i>Gratter du centre vers l'extérieur du capteur (système de pince)</i>	Graines de tapioca recouverte d'un tissu plastique transparent	Ronde
Glisser	<i>Glisser avec l'index sur la forme brodée</i>	Coton rose brodé (en textile conducteur)	Losange
Farfouiller	<i>Farfouiller avec l'ensemble de ses doigt les languettes</i>	Tissu élasthanne orange fluo	Rectangulaire

Dans une pensée à la fois *low-cost* et *low-tech* (Bihouix, 2014), nous souhaitons créer des systèmes relativement simples à fabriquer, réparer et recycler, en fablab (Bouvier, 2015). Pour cela nous avons pris en compte des contraintes à la fois techniques et matérielles. Ainsi, les systèmes électroniques de *Learning Matters* sont analogiques, et donc sans microcontrôleur. Nous avons choisi un minimum de composants électroniques (batteries, LEDs, textile conducteur et bien sûr fils électriques pour les connectiques). Les aimants sont issus de la maroquinerie et les textiles ont été au maximum issus de recycleries. Ces aimants sont accrochés à des connecteurs (jaunes et bleus) imprimés en 3D avec du PLA, une matière plastique d'origine végétale. Enfin, les matériaux utilisés pour les enveloppes, ne sont autres que du carton, du bois (feuilles de bouleau) et du PMMA, des matériaux bien connus des fablabs puisque facilement découpables à la découpeuse laser (Bosqué, 2016).

5. Scénario expérimental

Au sein de la salle de classe et par petit groupe, les enfants sont invités à suivre un scénario expérimental, encadré par un·e médiateur·trice. Un scénario peut se définir comme un ensemble « de concepts applicables à un environnement d'apprentissage » comprenant alors les activités, leurs contenus ou encore les fonctionnalités d'une interface (Decortis, 2015). La scénarisation permet d'observer directement sur le terrain les différentes phases d'appropriation du dispositif par le jeune enfant. Le scénario se déroule comme suit :

1. Exploration : Le.la médiateur·trice présente les éléments du circuit aux enfants, en indiquant leurs noms : batteries (sources d'énergie), capteurs (interrupteurs) et lampes (signaux), et les invite à en prendre un de chaque.
2. Manipulation : En autonomie, les enfants peuvent ensuite assembler le circuit dans le bon ordre.
3. Interaction : Une fois l'assemblage réalisé, le.la médiateur·trice leur demande d'allumer la lumière en faisant un geste sur le capteur sans indiquer quel est ce geste. Les enfants sont donc guidés vers l'activation du circuit, tout en laissant une place à l'exploration active [Figure 4].
4. Retour sur expérience : Le.la médiateur·trice invite chaque enfant à présenter aux autres enfants le geste réalisé pour activer son circuit, et à en faire la démonstration. Cela amène à une discussion autour des ressentis lors de la réalisation de ces gestes sur les capteurs : aux niveaux physique (sensations) et des imaginaires (inférences).

Ce scénario a fait l'objet d'expérimentations en maternelle lors de chaque phase d'itérations du dispositif pendant le processus de conception. C'est sa mise en œuvre qui a permis d'identifier les améliorations du dispositif et d'aboutir à une troisième version dite « finale » (cf. 3. *Processus de conception*).



Figure 4 : Le projet Learning Matters utilisé par deux enfants de 3 et 5 ans, dans la troisième phase du scénario : l'interaction gestuelle (Crédit photo : Quentin Chevrier)

6. Perspectives & Discussion

Dans le cadre de la thèse de Marion Voillot¹, le projet *Learning Matters* fait actuellement l'objet d'une expérimentation dans trois classes de maternelle avec des élèves qui n'ont pas encore testé les anciennes versions. Cette expérimentation possède deux enjeux principaux : (1) évaluer la connaissance des enfants sur les différents composants du circuit : vocabulaire, rôle et sens, avec des pré/post tests, et (2) comparer l'utilisation des capteurs en e-textile avec des interrupteurs classiques on/off sur le processus d'exploration, de compréhension du système et de collaboration entre les élèves.

De plus, la conception actuelle du dispositif permet d'organiser des ateliers de fabrication des interfaces en fablab avec des enfants plus âgés (à partir de 9 ans). Ainsi il ne s'agit plus seulement d'apprendre *par* le numérique mais d'apprendre *sur* le numérique, dans une logique d'artisanat numérique (Chardonnet et al, 2012).

En effet, dans une société où les outils numériques, aussi appelés « boîtes noires » se multiplient (Masure, 2019), il est intéressant de promouvoir de nouvelles pistes d'apprentissage, plus incarnées, c'est-à-dire associant le corps à l'esprit, le geste à la réflexion, dans la découverte des enfants à la culture numérique (Serres, 2015).

Bibliographie

- Antle, A. N. (2013). Research opportunities: Embodied child-computer interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 30-36.
- Antle, A. N. (2013). Exploring how children use their hands to think: An embodied interactional analysis. *Behaviour & Information Technology*, 32(9), 938-954.
- Bdeir, A. (2009, February). Electronics as material: littleBits. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction* (pp. 397-400).
- Berglin, L. (2005, June). Spookies: Combining smart materials and information technology in an interactive toy. In *Proceedings of the 2005 conference on Interaction design and children* (pp. 17-23).
- Berzowska, J., Mommersteeg, A., Rosero Grueso, L. I., Ducray, E., Rabo, M. P., & Moisan, G. (2019, March). Baby Tango: Electronic Textile Toys for Full-Body Interaction. In *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 437-442).
- Bihouix, P. (2014). *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable: Vers une civilisation techniquement soutenable*. Média Diffusion
- Bosqué, C. (2016). *La fabrication numérique personnelle, pratiques et discours d'un design diffus: enquête au coeur des FabLabs, hackerspaces et makerspaces de 2012 à 2015* (Doctoral dissertation, Rennes 2).

¹ Projet de thèse IRCAM-STMS, CRI (Université de Paris), CRD ENS Paris-Saclay/ENSCI-Les Ateliers co-encadré par Frédéric Bevilacqua, Joël Chevrier et Guillian Graves.

- Bouvier-Patron, P. (2015). FabLab et extension de la forme réseau: vers une nouvelle dynamique industrielle?. *Innovations*, (2), 165-188
- Clément, M.-N. (2020). Les 0-6 ans et les écrans digitaux nomades. Évaluation de l'exposition et de ses effets à travers la littérature internationale. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 68(4), 190-195.
- Cibrian, F. L., Weibel, N., & Tentori, M. (2016, September). Collective use of a fabric-based interactive surface to support early development in toddler classrooms. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* (pp. 328-339).
- Decortis, F. (2015). *L'ergonomie orientée enfants: Concevoir pour le développement*. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2003). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford University Press.
- Gowrishankar, R., Bredies, K., & Ylirisku, S. (2017). A Strategy for Material-Specific e-Textile Interaction Design. In *Smart Textiles* (pp. 233-257). Springer, Cham.
- Honauer, M., Moorthy, P., & Hornecker, E. (2019, October). Interactive Soft Toys for Infants and Toddlers-Design Recommendations for Age-appropriate Play. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (pp. 265-276).
- Hourcade, J. P. (2015). *Child-computer interaction*. Self, Iowa City, Iowa.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997, March). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems* (pp. 234-241).
- Jones, L. A. (2018). *Haptics*. MIT Press Essential Knowledge series
- Masure, A. (2019). Résister aux boîtes noires. *Design et intelligences artificielles*. Cites, (4), 31-46.
- Norman, D. A. (1999). Affordance, conventions, and design. *interactions*, 6(3), 38-43.
- Chardonnet E. sous la direction (2012). *Les artisans du numérique*. Editions HYX.
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM systems journal*, 39(3.4), 915-931.
- Serres, M. (2015). *Petite poucette. Le pommier*.
- Xu, D. (2005). Tangible user interface for children-an overview. In *Proc. of the UCLAN Department of Computing Conference*.
- Zaman, B., Abeele, V. V., Markopoulos, P., & Marshall, P. (2012). Editorial: the evolving field of tangible interaction for children: the challenge of empirical validation. *Pers Ubiquit Comput* 16, 367-378.
- Zuckerman, O., Arida, S., & Resnick, M. (2005, April). Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 859-868).