



HAL
open science

Le corps au coeur de l'apprentissage grâce au numérique : exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance

Marion Voillot

► **To cite this version:**

Marion Voillot. Le corps au coeur de l'apprentissage grâce au numérique : exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance. Education. Université Paris Cité, 2022. Français. NNT : 2022UNIP7235 . tel-04413290

HAL Id: tel-04413290

<https://theses.hal.science/tel-04413290>

Submitted on 23 Jan 2024

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.

Université Paris Cité

Frontières de l'Innovation en Recherche et Éducation

(FIRE - Ecole Doctorale 474)

Laboratoire IRCAM-STMS

Le corps au coeur de l'apprentissage par le numérique

*Exploration d'un nouveau paradigme pour
l'éducation à la petite enfance*

Par Marion Voillot

Thèse de doctorat de Sciences cognitives, Psychologie,
Linguistique et Philosophie de la pensée

Dirigée par Frédéric Bevilacqua et Joël Chevrier

Présentée et soutenue publiquement le 5 décembre 2022

Devant un jury composé de :

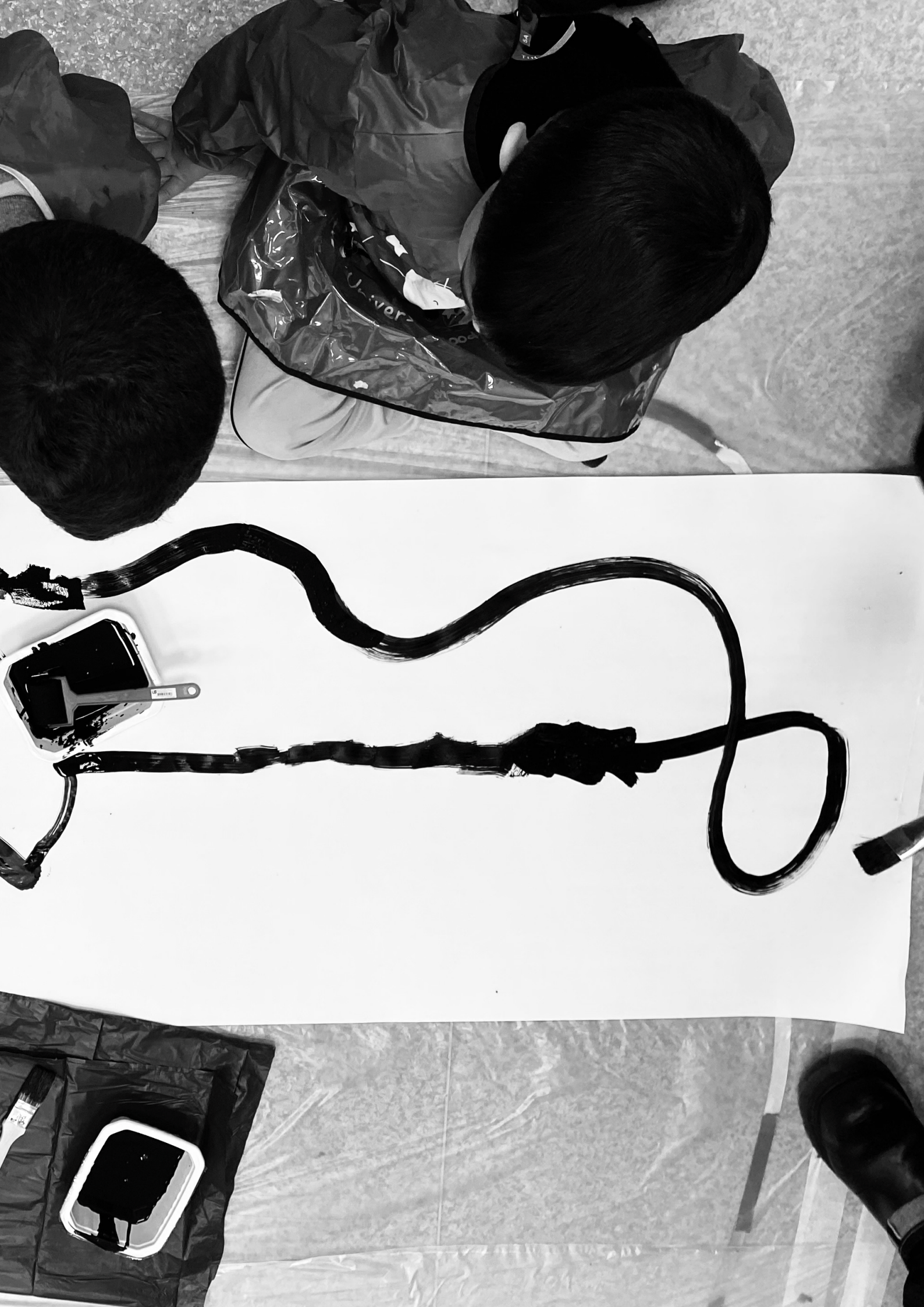
- Emmanuel Sander, Professeur, Université de Genève, rapporteur
- Fabienne Martin-Juchat, Professeur, Université Grenoble-Alpes, rapportrice
- Nicolas Nova, Professeur, HEAD de Genève, examinateur
- Stéphanie Fleck, Maître de Conférence, Université de Lorraine, examinatrice
- Muriel Mambrini, INRIA, Directrice de recherche, INRAE, examinatrice
- Mathieu Cassotti, Professeur, Université Paris-Cité, examinateur
- Frédéric Bevilacqua, Directeur de recherche, IRCAM-STMS, co-directeur
- Joël Chevrier, Professeur à l'Université Grenoble-Alpes, co-directeur
- Guillian Graves, Co-encadrant du CRD, membre invité

Le corps au coeur
de l'apprentissage
par le numérique

– exploration d'un
nouveau paradigme
pour l'éducation
à la petite enfance.

**Atelier Expériences sensibles,
novembre 2022.**
Réalisé dans le cadre de Premiers Cris.





résumé

Le corps au cœur de l'apprentissage par le numérique.

Exploration d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance.

Face à la révolution numérique en mouvement, les questionnements liés aux usages numériques des jeunes enfants se multiplient. L'idée ici présentée n'est pas de prendre part à ce débat de société de manière controversée mais plutôt d'interroger les enjeux qu'il convoque, parmi lesquels celui de l'éducation à la petite enfance à l'ère numérique, à travers une question principale : **Comment créer des interactions numériques adaptées au développement et à l'éducation du jeune enfant ?**

Dans une démarche de recherche, entre action et création, ancrée sur la pratique du design, la thèse repose essentiellement sur la création de plusieurs dispositifs. Le premier prend la forme d'une « enquête-crédation » intitulée « La petite culture numérique : le développement du tout-petit à l'ère numérique ». Les trois autres dispositifs proposent **des expériences qui placent le corps au cœur de l'apprentissage par le numérique**, et portent ainsi la proposition d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance.

- *CoMo.education* - une application pour raconter des histoires sonores en mouvement grâce à l'utilisation de smartphones traduisant des gestes en sons (en collaboration avec l'équipe Interaction Son Musique Mouvement de l'IRCAM-STMS).
- *Learning Matters* - des circuits hybrides alliant textile et électronique permettant de manipuler physiquement des interrupteurs haptiques par l'intermédiaire de gestes précis - caresser, taper, froter (en collaboration avec Claire Eliot, designer)
- *l'eGloo*, un mini *living-lab* conçu pour les jeunes enfants dans lequel la narration d'une histoire encourage la réalisation d'interactions multisensorielles (en collaboration avec Premiers Cris, Les Causeuses électroniques, Le Club Sandwich et OVAOM).

Chaque dispositif est le fruit d'un processus de collaboration réunissant des expert-es de la petite enfance (issu-es de la recherche et du terrain), des ingénieur-es et des designers et a été testé au sein d'écoles maternelles ou lieux d'éveil culturel et artistique.

À la croisée de plusieurs disciplines (design, sciences cognitives et interaction humain-machine), ce projet de thèse se situe dans un « entre-deux » dans lequel théorie et pratique, science et design, objectif et subjectif communiquent dans une relation d'interdépendance.

Mots-clés : éducation, petite enfance, numérique, recherche-crédation, recherche-action

abstract

The body at the heart of learning leveraging technology. Exploring a new paradigm for early childhood education.

Faced with the digital revolution in progress, questions related to the digital uses of young children are multiplying. The idea presented here is not to take part in this societal debate in a controversial way but rather to question the issues it raises, among which is that of early childhood education in the digital age, through a main question: **How to create digital interactions adapted to the development and education of young children?**

In a research approach, between action and creation, anchored on the practice of design, the thesis is essentially based on the creation of several devices. The first one takes the form of a "survey-creation" entitled "La petite culture numérique : le développement du tout-petit à l'ère numérique". The other three devices propose **experiences that place the body at the heart of learning through digital technology**, and thus propose a new paradigm for early childhood education.

- *CoMo.education* - an application to tell sound stories in motion using smartphones that translate gestures into sounds (in collaboration with the Sound Music Movement Interaction team of IRCAM-STMS).
- *learning matters* - electronic textile circuits allowing to physically manipulate information processing systems: energy/information/signal, through precise gestures - caressing, tapping, rubbing (in collaboration with Claire Eliot, designer specialized in e-textile)
- *eGloo*, a mini living-lab designed for young children in which the narration of a story encourages the realization of multi-sensorial interactions (in collaboration with Premiers Cris and OVAOM).

Each device is the result of a collaborative process bringing together experts in early childhood (from research and the field), engineers and designers, and has been tested in nursery schools or places of cultural and artistic awakening.

At the crossroads of several disciplines (design, cognitive sciences and human-computer interaction), this thesis project is situated in an "in-between" in which theory and practice, science and design, objective and subjective communicate in an interdependent relationship.

Keywords: education, early childhood, digital technology, research-creation, research-action

remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes trois directeurs de thèse, Frédéric Bevilacqua, Joël Chevrier et Guillian Graves qui m'ont permis de réaliser cette thèse dans la joie, la confiance et la bienveillance. Je suis consciente que je ne vous ai pas rendu la tâche facile mais sachez que vous avez fait de ces 4 années, une parenthèse enchantée.

Merci également aux membres de mon TAC (Thesis Advisory Committee ou Comité de suivi de thèse) : Rose Dumesny, Rana Esseily, Sarah Fdili-Alaoui, et Stéphanie Fleck, d'avoir accepté de m'accompagner dans cette aventure. Leurs regards croisés ont permis d'ouvrir le champ des perspectives.

Je tiens également à remercier chaque membre du jury d'avoir accepté de contribuer à cette thèse et d'éclairer de son expertise le présent manuscrit.

Merci à l'école doctorale FIRE de l'Université Paris Cité d'avoir rendu possible l'idée de faire une thèse pas tout à fait comme les autres. Merci tout particulièrement à Muriel Mambrini, sa directrice et Camille Gaulon, sa coordinatrice, pour leur écoute bienveillante.

Je remercie mon binôme de recherche, Lisa Jacquy, qui m'a permis de croire que la recherche pouvait être un paradis, et m'a même donnée envie de poursuivre l'aventure avec Premiers Cris - travailler à tes côtés est un honneur autant qu'un bonheur.

Je remercie les expert-es de la petite enfance avec qui j'ai eu la chance d'échanger durant ma thèse, pour leur disponibilité et leur partage - chaque discussion a rendu ce travail de recherche plus riche. Merci également aux enseignant-es qui ont accepté de m'ouvrir leurs classes (et qui ont souhaité rester anonymes) : Véronique et Hélène ainsi que, Camille, Claire, Isabelle, Karine, Marie-Hélène, Lise, Hélène.

Au-delà, de vous remercier pour votre accueil bienveillant et votre participation au processus de recherche, je vous dédie également ce travail qui je l'espère contribuera à démocratiser les questions liées à l'éducation au numérique en maternelle.

Je remercie également chaleureusement l'équipe de *mille formes*, Sarah Mattera, Dominique Mans et Ninon Séverin, de nous avoir accueilli avec l'eGloo au sein de ce lieu singulier qui promeut l'éveil artistique des tout-petits, et nous donne envie de créer autrement pour les jeunes enfants.

Un immense merci aux (nombreuses) stagiaires, toutes plus incroyables les unes que les autres, qui ont accepté de travailler à mes côtés, dans la tyrannie et la bonne humeur. Elya Becker, Lisa Cognard, Marjorie Colin, Angèle Delétoille, Judith Kieff, Églantine Jenin, et Jade Veillet, sans la contribution unique de chacune d'entre vous, je n'aurais pas réussi à réaliser l'ensemble de ce travail de recherche.

Je remercie tout particulièrement Zoé Aegerter, Claire Eliot, Camille Trimardeau pour nos collaborations aussi uniques que merveilleuses, je suis très heureuse d'avoir eu la chance de travailler à vos côtés. Merci également à Joseph Larralde, Benjamin Matuszewski et Simon Juif de nous avoir accompagnés dans le développement technique des dispositifs qui ont vu le jour aussi grâce vous.

Je remercie aussi mes ami-es de recherche, présentes depuis les débuts, et sans qui, les partages des hauts et des bas du quotidien n'auraient pas eu la même saveur - Julie Blanc, Zoé Bonnardot, Cloé Brami, Ulrika Dezé, Iseline Peire et Élise Rigot.

D'autres ami-es, sont apparues comme des étincelles qui nous font croire que tout est possible quand on cherche, merci à Ariane Baumard, Muriel Colagrande, Wandrille Heusse et Amélia Matar, pour votre soutien indéfectible.

En parlant d'étincelles, que serait une thèse de recherche en design sans de si belles photographies ? Merci à Matthieu Barani et Quentin Chevrier, d'avoir eu l'œil et la patience. Merci également à Xavier Desplas, pour la réalisation du MOOC#petiteculnum qui reste pour moi une expérience unique.

Je tiens aussi à remercier Oscar Boyer et Cécile Barraud de Lagerie pour les illustrations qui rendent la lecture du manuscrit plus agréable et plus accessible. Une mention spéciale pour votre patience à l'épreuve de la créativité !

J'ai également une pensée pour chaque personne que j'ai croisée au CRI (Learning Planet Institute), à l'IRCAM, au CRD ou au sein des conférences en France et à l'étranger, mon processus de recherche s'est aussi nourri de ces rencontres, parfois indescriptibles. Un merci tout particulier à mes collaborateur-trices au sein du Motion Lab du CRI Paris et de l'équipe Interaction Son-Musique Mouvement de l'IRCAM-STMS.

Bien sûr Premiers Cris n'aurait sûrement pas pris une si belle direction sans cette équipe hors du commun, et hors discipline : Éloïse André, Samantha de Biasi, Laure Caruso, Maria Cano, Célia Châtain, Valentin Dettling, Léa Lenglard, et Théo Samain-Raimbault. Je remercie également Solène Édouard et l'équipe française de Porticus d'avoir cru en cette initiative et pour leur accompagnement bienveillant.

Enfin je remercie mes parents, Nathalie Stojanovski et Martial Voillot d'avoir rechigné puis accepté que leur fille bien-aimée se lance dans la recherche. Merci à ma petite sœur, Julie Voillot, d'avoir été d'un tel soutien pour les convaincre que c'était la bonne voie à prendre, et un soutien tout court. J'ai également une pensée pour mes grand-parents, parti-es ou présent-es qui me liront de là où ils et elles sont.

Je remercie enfin tou-tes mes ami-es, que je ne pourrais citer un-e par un-e, de peur d'en oublier - je me sens si chanceuse d'être aussi bien entourée.

Enfin, je tiens à remercier le plus précieux des soutiens ces derniers mois, Charles, merci d'être toi.

Vous le comprendrez à sa lecture, cette thèse est faite de rires et de larmes, de quelques déceptions mais surtout de beaucoup de joie. Ce travail n'aurait pu voir le jour sans chacun-e d'entre vous, et c'est aujourd'hui un honneur d'avoir partagé ces 4 années (ou une partie) à vos côtés.

sommaire

Résumé _____	3
Abstract _____	5
Remerciements _____	7

Introduction **17**

PARTIE 1 • Fondements théoriques **23-24**

Chapitre 1 • La petite enfance

- développement et éducation du jeune enfant. _____ 27-28

1.1. Le développement du jeune enfant.

1.1.1. La psychologie du développement en quelques approches.

1.1.2. Les fondamentaux du développement de l'enfant.

1.2. L'éducation à la petite enfance.

1.2.1. L'école maternelle.

1.2.2. Les pédagogies alternatives.

1.2.3. Les caractéristiques communes des pédagogies alternatives.

Bibliographie

Chapitre 2 • La petite enfance à l'ère numérique

- retour sur le MOOC #petitecultnum. _____ 79-80

2.1. Le MOOC #petitecultnum.

2.1.1. Une démarche d'« Enquête-Création ».

2.1.2. Le contenu.

2.1.3. La formation.

2.2. Le développement du jeune enfant à l'ère du numérique.

2.2.1. L'influence des écrans sur le développement de l'enfant.

2.2.2. L'impact des écrans sur les éléments clés du développement du jeune enfant.

2.2.3. L'usage des écrans chez les tout-petits : une problématique complexe.

2.3. De l'éducation au numérique à l'éducation à la culture numérique - dès la petite enfance.

2.3.1. Les enjeux de l'éducation au numérique.

2.3.2. Le numérique en maternelle.

2.3.3. Les enjeux de l'éducation à la culture numérique.

Bibliographie.

Chapitre 3 • L'expérience du corps en mouvement

- comme vecteur d'apprentissage. _____ 129-130

3.1. De l'approche cognitiviste à la cognition incorporée.

3.1.1. De la psychologie cognitive aux sciences cognitives : une pluralité de paradigmes.

3.1.2. Le paradigme énaïvistique.

3.2. L'expérience, un phénomène de corporéité.

3.2.1. L'expérience, une science de la pratique.

3.2.2. Design de l'expérience.

3.3. Vers des expériences d'apprentissages incorporées.

3.3.1. Le corps (en mouvement) au cœur de l'apprentissage.

3.3.2. L'apprentissage incorporé.

Bibliographie.

Chapitre 4 • Vers des interactions incorporées

- par le numérique. _____ 175-176

4.1. Les interactions humain (enfant) - machine pour l'éducation - dès la petite enfance.

4.1.1. Les fondamentaux des interactions humain-machine (ou IHM).

4.1.2. L'Interaction Enfant-Machine (ou *Child Computer Interaction*).

4.1.3. IHM pour l'éducation.

4.2. État de l'art des dispositifs d'expérience incorporée par le numérique : une proposition de classification.

4.2.1. Méthodologie.

4.2.2. Système de classification.

4.2.3. Analyse.

4.3. Concevoir des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique - dès la petite enfance.

4.3.1. Méthodologies de d'IE(H)M incorporées.

4.3.2. Introduction au concept d'*Embodied-Child Computer Interaction* - pour l'apprentissage.

Bibliographie.

PARTIE 2 • Mise en pratique _____ 225-226

Introduction _____ 227-228

Chapitre 5 • CoMo•education - des narrations collectives et en mouvement en maternelle à l'aide d'un système interactif geste-son. _____ 237-238

1/2 • L'application CoMo•education.

5.1. État de l'art pour CoMo•education.

5.1.1. La narration dans les classes de maternelle.

5.1.2. La narration numérique.

5.1.3. Les interfaces musicales et sonores.

5.2. Processus de co-conception.

5.2.1. Une équipe interdisciplinaire de conception.

5.2.2. Exigences de conception.

5.2.3. Processus d'itération

5.3. L'application.

5.3.1. Développement technique itératif.

5.3.2. Système.

5.3.3. Conception et modes d'interaction.

5.3.4. Scénario pédagogique.

5.4. Expérimentations et évaluations.

5.4.1. Étude-pilote.

5.4.2. Workshop.

5.5. Retours d'expérience.

2/2 • Nota•CoMo, un système de notation du geste sonore pour CoMo•education.

5.6. État de l'art pour Nota•CoMo.

5.7. Système de notation.

5.7.1. Processus itératif.

5.7.2. Version actuelle de Nota•CoMo

5.8. Perspectives d'utilisation de Nota•CoMo.

5.9. Discussion.

5.9.1. CoMo•education.

5.9.2. Nota•CoMo.

5.9.3. Documenter pour circuler.

Chapitre 6 • *learning matters* - des matières

à apprendre en textile connecté. _____ **293-294**

6.1. État de l'art.

6.1.1. Les jeux de construction en électronique.

6.1.2. Les interfaces e-textile pour la petite enfance.

6.2. Processus de co-conception.

6.2.1. Intentions et objectifs du projet.

6.2.2. Démarche interdisciplinaire.

6.2.3. Cahier des charges.

6.2.4. Itérations.

6.3. Le dispositif *learning matters*.

6.3.1. Fonctionnement du dispositif.

6.3.2. Une pensée *low-cost* et *low-tech*.

6.4. Scénario pédagogique.

6.5. Étude-pilote

6.5.1. Participant-es.

6.5.2. Matériel.

6.5.3. Méthode et récolte des données.

6.5.4. Analyse des résultats.

6.6. Discussion et Perspectives.

6.6.1. Un dispositif pensé pour l'éducation des jeunes enfants.

6.6.2. De nouvelles perspectives d'utilisation.

6.6.3. *learning matters*, un démonstrateur de possibles ?

Bibliographie.

Chapitre 7 • eGloo - un living-lab mobile d'interactions

tangibles, conçu pour les jeunes enfants._____ **341-342**

7.1. État de l'art.

7.1.1. Recherche sur le développement de l'enfant : validité écologique et normes scientifiques.

7.1.2. Écosystèmes expérimentaux basés sur l'interaction tangible pour les jeunes enfants.

7.2. Conception d'un living-lab adapté aux enfants.

7.2.1. Exigences de conception.

7.2.2. Processus de co-création.

7.2.3. Cahier des charges.

7.3. L'eGloo, un living-lab d'interactions tangibles.

7.3.1 Les choix de conception d'un living-lab pensé...

7.3.2. Le système d'interaction « plug & play ».

7.4. Étude-pilote.

7.4.1. Moyens et méthodes.

7.4.2. Analyse des résultats.

7.5. Étude en contexte écologique.

7.5.1. Objectifs, moyens et méthodes.

7.5.2. Analyse des résultats.

7.5.3. Retours à propos de l'étude en contexte écologique.

7.6. Conclusion & perspectives.

7.6.1. Nouvelles perspectives.

7.6.2. Un espace en circulation.

Bibliographie.

Synthèse. _____ **387-388**

PARTIE 3 • Retours sur expérience. 397-398

Chapitre 8 • Discussion. _____ **399-400**

8.1. Vers un « autre » numérique.

8.1.1. Repères alternatifs.

8.1.2. Les dimensions éthiques.

8.1.3. Le rôle du·de la designer.

8.2. Leçons, limites & perspectives.

8.2.1. Leçons.

8.2.2. Limites.

8.2.3. Perspectives.

Synthèse.

Bibliographie.

Conclusion 429

Annexes 435-436

- **Annexe 1** • Système de classification de dispositifs d'interaction incorporée pour la petite enfance.
- **Annexe 2** • État de l'art pour Nota•CoMo - carnet d'illustrations.
- **Annexe 3** • *learning matters* - carnet de photographies.
- **Annexe 4** • Le design pour la pédagogie.

introduction

« L'expérience du monde se situe
en fait entre ce que nous
considérons être le monde
et ce que nous tenons
pour être l'esprit. »
Francisco J. Varela, 1996

•

Extrait du MOOC#petitecultnum¹.

Lisa Jacquy :

J'ai découvert l'ampleur du débat concernant l'utilisation des outils numériques par le jeune enfant en France... En tant que chercheuse, j'ai donc écumé les articles scientifiques sur le sujet et j'ai très vite constaté qu'en comparaison à la folie médiatique environnante, nous avons peu de connaissances sur l'impact des outils numériques sur le développement du jeune enfant...

Marion Voillot :

Lors d'une réunion du collaboratoire de recherche sur la petite enfance, Premiers Cris, que nous avons co-créé avec Lisa, nous rencontrons Léa. Interne en pédiatrie, Léa nous confirme l'ambiguïté que nous avons constatée, le numérique inquiète autant qu'il fascine. Léa nous fait part de l'inquiétude grandissante des parents au sujet du numérique et du manque de formation sur le sujet en tant que professionnelle de santé.

Nous décidons de partir ensemble à la conquête de la petite enfance et du numérique. Nous avons rencontré de nombreux chercheurs, des familles, des psychiatres et un psychomotricien, une députée, des enseignantes et une éducatrice de jeunes enfants mais pas que... des designers et des entrepreneurs, qui eux aussi souhaitent mettre leurs compétences au service de cette question complexe.

¹ MOOC pour Massive Open Online Course ou cours en ligne.
MOOC La petite culture numérique : le développement du tout-petit à l'ère numérique, disponible sur : <https://www.premierscris.cri-paris.net/mooc>

C'est par ces mots que débute le MOOC intitulé « La petite culture numérique - le développement du tout-petit à l'ère numérique » que j'ai co-créé en collaboration avec Lisa Jacquy, chercheuse en psychologie du développement et Léa Lenghart, pédiatre. Notre travail de recherche commence donc d'abord par une « enquête-crédation » (Nova, 2021) qui souligne la complexité du sujet abordé. Par la création d'un documentaire en cinq épisodes à destination de l'ensemble des personnes qui prennent soin des tout-petits, nous abordons de manière interdisciplinaire le sujet de la relation du jeune enfant à la culture numérique dans laquelle il-elle grandit.

En effet, ce n'est un secret pour personne, les outils numériques ont envahi notre quotidien, et ceux des jeunes enfants entraînant de nombreux débats au sein de la société et de la recherche, autour d'une question dominante : *Le numérique est-il bon ou mauvais pour le jeune enfant ?* L'idée ici présentée n'est pas de prendre part à ce débat de manière controversée c'est-à-dire en adoptant une posture *technophile* ou *technophobe* à propos de la petite enfance. Il s'agit plutôt d'interroger les enjeux qu'il convoque, parmi lesquels celui de l'éducation à la petite enfance² à l'ère numérique.

Ainsi, c'est dans une démarche interdisciplinaire alliant la recherche au terrain et engageant plusieurs acteur-trices issus de différentes disciplines, que nous souhaitons répondre à notre principale question de recherche : **Comment créer des interactions numériques adaptées au développement et à l'éducation du jeune enfant ?**

Si j'ai introduit la thèse en faisant référence à ce MOOC c'est qu'il constitue un point de repère pour la compréhension de notre démarche de recherche en design. Bien que les définitions de la recherche en design soient multiples, nous l'introduisons comme la production de connaissances et de compréhensions nouvelles par le projet - *médium* du design (Léchet-Hirt, 2010, Findeli, 2015). Ici le projet de design est défini comme l'alliance du *dessin* et du *dessein*, c'est-à-dire la formalisation d'une idée (dessin) répondant à des objectifs multiples (dessein).

² Si l'on peut définir l'enfance, comme « la période de la vie humaine qui va de la naissance à l'adolescence » (Guellaï & Esseily, 2018), la période correspondant à la « petite enfance » varie selon les définitions entre 0 et 6 ans. J'ai choisi ici, de recontextualiser le terme de « petite enfance » en l'associant à l'école maternelle et donc à la période de l'enfance de 2 à 6 ans aussi qualifiée d'âge préscolaire (je définirais ici la période de 0 à 2 ans comme « la toute petite enfance » aussi considérée comme l'âge du « nourrisson »).

Nous pouvons définir notre démarche de recherche en design, à la frontière entre « recherche-action » et « recherche-crédation » qui s'adressent respectivement aux domaines de la recherche en science et de la recherche en design. Si pour certain-es « toute recherche est action ! » (Latour, 1997), la recherche-action possède des caractéristiques propres tels que : (i) une fonction de construction de la connaissance, (ii) un rôle critique face à la science dite traditionnelle, (iii) une fonction de changement social, (iv) une fonction de formation (Goyette & Lessard-Hébert, 1986). D'un autre côté la recherche-crédation, admet « l'expérimentation créative comme activité de recherche », c'est-à-dire la productions d'artefacts qui interrogent la question de recherche par des expérimentations successives (Léchoth-Hirt, 2010).

Dans une démarche de recherche, entre action et création, ancrée sur la pratique du design, la thèse repose essentiellement sur la création de trois dispositifs : *CoMo.education*, *learning matters* et *eGloo*. Ces dispositifs ont la particularité de proposer des expériences qui placent le corps au cœur de l'apprentissage par le numérique, et portent ainsi la proposition d'un nouveau paradigme pour l'éducation à la petite enfance.

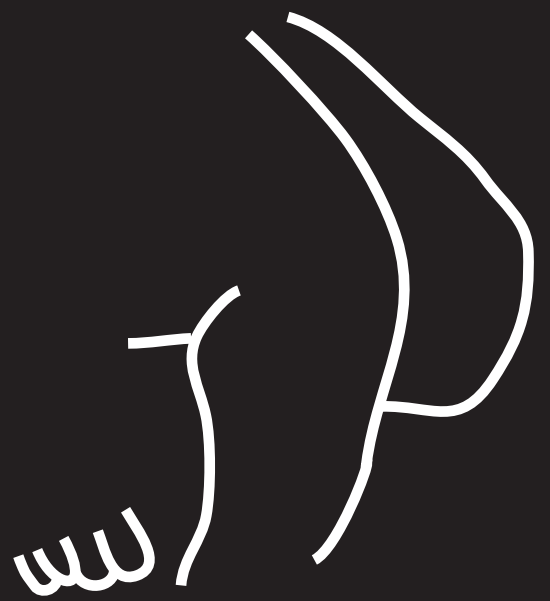
Finalement, cette thèse s'appuie sur un ensemble d'expériences vécues en lien avec le milieu de la petite enfance. Ici, la notion d'expérience ne se limite pas au sens scientifique du terme (Bachelard, 1938) mais dans son sens le plus phénoménologique, soit « un compte-rendu de l'espace, du temps, du monde "vécus" » par l'intermédiaire de « mon corps, qui est mon point de vue sur le monde, comme l'un des objets de ce monde » (Merleau-Ponty, 1945) - la notion de corps désignant « le corps à la fois comme structure vécue et comme contexte où ont lieu des mécanismes cognitifs » (Varela, 1993).

Dans ce travail de recherche, l'implication du corps se trouve aussi bien dans le titre que dans la démarche. En tant que designer-chercheuse, la pratique du design s'est inscrite à chaque étape de l'élaboration de ma pensée, elle-même fondée en science. Il s'agit alors de se situer dans un « entre-deux » dans lequel théorie et pratique, science et design, objectif et subjectif communiquent dans une relation d'interdépendance. Dans une logique d'émancipation, nous pouvons ainsi considérer cet « entre-deux » comme « notre juste espace, la conscience de l'entre deux qui crée la liberté et le droit à l'expérimentation » (Martin-Juchat, 2020).

Ce manuscrit se divise en trois parties, et huit chapitres. La première partie pose les fondements théoriques de notre travail de recherche, en convoquant les concepts, et les connaissances des acteur-trices issus de plusieurs disciplines (psychologie, sciences cognitives, interaction humain-machine, etc.), dans la recherche et sur le terrain. Dans la deuxième partie, nous présenterons les trois dispositifs de *CoMo.education*, *learning matters* et de *eGloo* considérés comme les « démonstrateurs » de notre pensée mise en pratique et portant la proposition de nouveau paradigme introduite dans le titre . Enfin, la dernière partie prendra la forme d'une discussion à partir des contributions complémentaires véhiculées par les expériences de notre recherche.

Bibliographie.

- Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Vrin
- Findeli, A. (2015). *La recherche-projet en design et la question de la question de recherche: essai de clarification conceptuelle*. *Sciences du design*, 1(1), 45-57.
- Goyette, G., & Lessard-Hébert, M. (1986). *La recherche-action: Ses fonctions, son fondement et son instrumentation*. PUQ.
- Léchat-Hirt, L. (2010). *Recherche-crédation en design: modèles pour une pratique expérimentale*. Metispresses.
- Martin-Juchat, F. (2020). *L'aventure du corps: la communication corporelle, une voie vers l'émancipation*. PUG.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *La phénoménologie de la perception*. Paris: Gallimard.
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (1996/2017). *L'inscription corporelle de l'esprit: sciences cognitives et expérience humaine*. Éditions Points





Partie 1
Fondements théoriques.



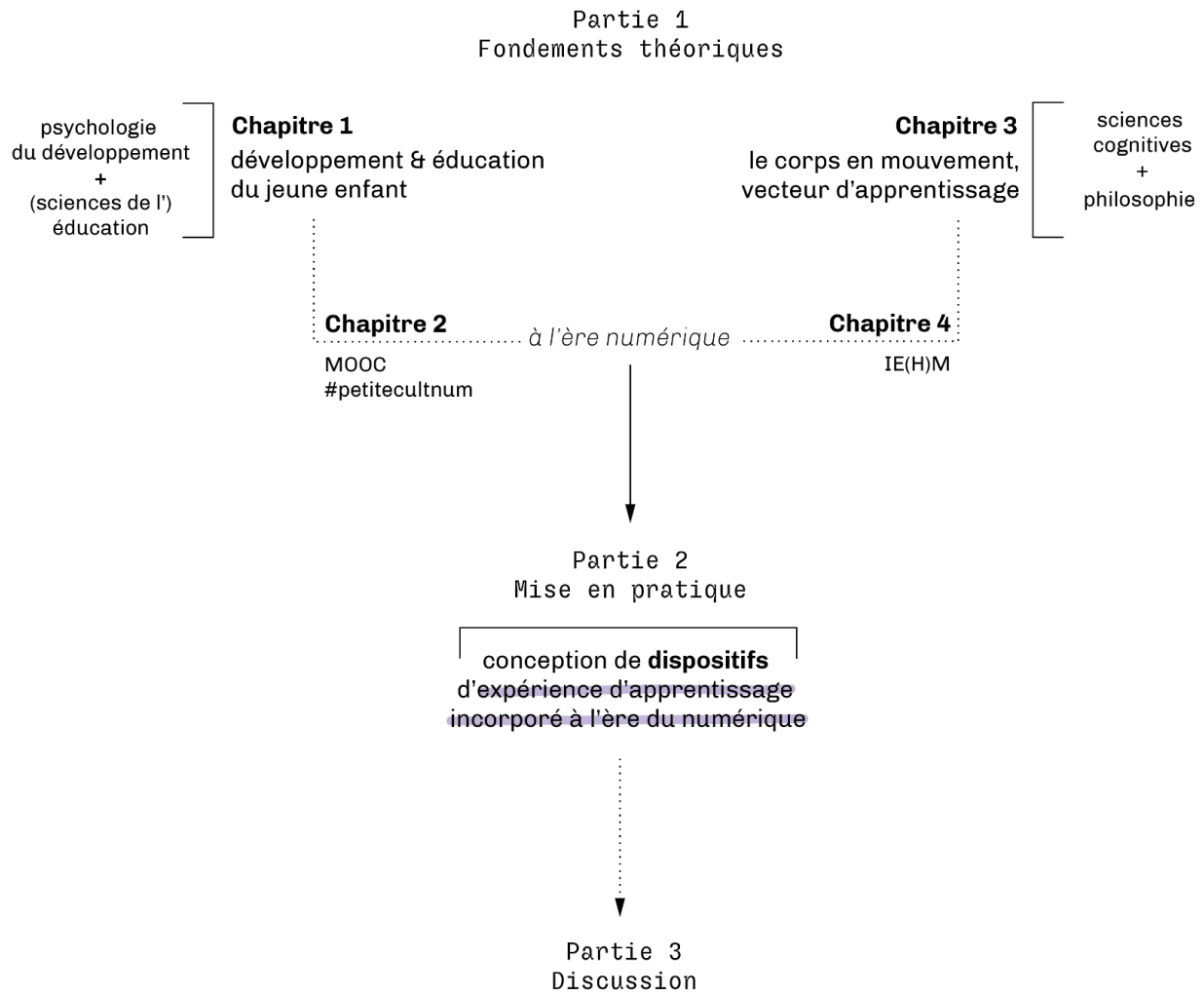


Figure : Le processus de quête de la présente se déroule en 3 parties
- Fondements théoriques (1), Mise en pratique (2) et Discussion (3).

Dans la première partie de cette thèse, nous avons choisi de souligner les fondements théoriques de notre travail de recherche en design. Notre approche mobilise certains concepts issus des disciplines suivantes : la psychologie du développement ; les (sciences de) l'éducation ; les sciences cognitives ; et enfin, l'interaction humain-machine. Les prochains chapitres mettront donc en évidence les connaissances nécessaires à la construction de notre pensée, de manière non exhaustive mais en construisant des ponts « entre » - les disciplines, les concepts, les méthodes ou encore les outils de la recherche scientifique et de la recherche en design. En somme, il s'agit ici de considérer ici l'alliance de la science et de la création : la science en tant qu' « activité de quête et de recherche » (Morin, 1982) et la création comme « une émergence des savoirs » (Léchat-Hirt, 2010).

Ainsi, chaque connaissance mobilisée sera soumise à une forme d'explicitation (verbale, visuelle, auditive ou matérielle) afin d'illustrer le processus d'appropriation que nous avons parcouru, et de présenter au lecteur ou à la lectrice de cette thèse les fondements théoriques sur lesquels nous avons basé notre approche de recherche-action/création.

Finalement cette première partie pose le cadre et les conditions de notre processus de recherche interdisciplinaire : il s'agit d'installer un espace de discussion collective dans lequel nous n'opposons aucune forme de savoir mais au contraire nous leur donnons les moyens de dialoguer, de se comprendre et de s'enrichir mutuellement. La littérature scientifique, les connaissances de terrain, l'actualité médiatique et le domaine de la création se côtoient sous la bienveillance du lecteur ou de la lectrice. Ensemble, ils forment les bases du travail de conception des dispositifs de CoMo•education, de learning matters et de l'eGloo que nous présenterons en deuxième partie, au cœur de la présente recherche.

Ainsi nous verrons dans un premier temps comment la psychologie du développement ainsi que les théories construites autour des pédagogies alternatives (**Chapitre 1**) constituent des repères fondamentaux pour penser le développement et l'éducation du jeune enfant à l'ère numérique (**Chapitre 2**). Puis nous nous appuyerons sur les sciences cognitives et la philosophie (et tout particulièrement la phénoménologie) pour faire émerger la place essentielle qu'occupe le corps au cœur du processus d'apprentissage (**Chapitre 3**). Nous verrons enfin, comment placer ce corps dans la conception d'interfaces numériques dédiés à la petite enfance, grâce à l'exploration du domaine de recherche portant sur les interactions enfant (humain) - machine (**Chapitre 4**) [**Figure ci-contre**].



Chapitre 1

La petite enfance

– éducation
& développement
du jeune enfant.

« L'intellect de l'enfant ne travaille pas seul, mais, partout et toujours, en liaison intime avec son corps, et plus particulièrement avec son système nerveux et musculaire. »

Maria Montessori, 1959

La petite enfance désigne dans ce manuscrit comme la période de développement allant de 2 à 6 ans et correspondant donc à la scolarisation du jeune enfant en maternelle¹. Considérée comme une période « sensible » de développement, la petite enfance est une période propice aux apprentissages multiples : langagier, sensoriel, moteur, cognitif et social (Guellaï & Esseily, 2018). C'est ainsi que de nombreux-ses médecins, psychologues, pédagogues, et scientifiques se sont penchés sur cette période afin de théoriser les principes fondamentaux du développement et de l'éducation du jeune enfant.

En France, l'éducation durant la petite enfance s'organise autour de l'école maternelle - considérée comme une « exception française » (Brougère, 2002). Si les jardins d'enfants » ou *kindergarten* existent à l'étranger, l'école maternelle française a la particularité d'offrir une scolarité unique, gratuite et laïque à tous les enfants - et ce à partir de 2 ou 3 ans. L'enjeu porté par l'école maternelle est donc d'offrir une éducation de qualité afin de réduire les inégalités de développement dès le plus jeune âge².

Dans son étymologie, le mot « éducation » vient du latin *ex-ducere* qui signifie « guider », « conduire hors », « mener à ». Ainsi le rôle majeur de l'éducation serait de mener les enfants à développer une pensée pour appréhender le monde - « prendre, apprendre, comprendre » comme le décrit Michel Serres (1999). Pour Edgar Morin, l'éducation est interdépendante de la vie et doit ainsi favoriser « l'autonomie et la liberté d'esprit ». C'est exactement sur ces principes que s'appuie le mouvement de l'Éducation Nouvelle que décrit Angela Medici dans un ouvrage sur le sujet (1990). L'autrice, également pédagogue, nous rappelle que l'éducation est toujours en mouvement, qu'elle s'adapte aux enjeux de la société et aux besoins des enfants - en tant que véritable espace de socialisation dès le plus jeune âge :

¹ Si l'âge officiel d'entrée en école maternelle est de 3 ans, certains enfants sont scolarisés à partir de 2 ans en « toute petite section » de maternelle (ou TPS).

² Lire « De la recherche aux politiques publiques dans la petite enfance. Une synthèse des programmes d'intervention précoce de 1970 à nos jours » Un rapport écrit par Maria Cano pour Premiers Cris.

« L'éducation c'est la socialisation des êtres appelés à nous succéder un jour ; son but sera sans cesse de rendre aptes les générations nouvelles, par des techniques et des règles valables pour chaque milieu et époque, à s'adapter aux conditions sociales qu'elles devront affronter plus tard. » (Médici, 1990)

En effet, en parallèle du système éducatif traditionnel, des courants d'éducation considérés comme « alternatifs » se développent dans les sociétés occidentales au cours du 20^e siècle. Le courant dit de « l'Éducation Nouvelle » est porté par des pédagogues comme John Dewey aux États-Unis, Maria Montessori en Italie, Ovide Decroly en Belgique, ou encore Célestin Freinet en France. L'Éducation Nouvelle prône une école qui saurait « s'adapter à l'évolution génétique de l'être à former, au devenir progressif de son intelligence et de son activité, à ses besoins affectifs, aux besoins de relation ou d'influence à chaque âge » (Médici, 1990), offrant alors un environnement à la fois sécurisant et inclusif, s'adaptant aux besoins de chaque individu - aussi considéré comme un·e futur·e citoyen·ne. (Dewey, 2018)

Ce chapitre propose une exploration du milieu de la petite enfance dans une recherche en design. Il ne s'agit pas de proposer un contenu exhaustif dans chaque discipline ou travail de recherche convoqué mais d'en souligner certains concepts ou enjeux qui constituent des piliers pour la suite de notre recherche. Ainsi, avant de revenir sur les enjeux de l'éducation de la petite enfance en France et les pédagogies sur lesquelles s'appuient ce travail de recherche, nous reviendrons dans un premier temps sur les fondamentaux du développement de l'enfant portés par des figures importantes de la psychologie du développement que sont Jean Piaget, Lev Vygotsky et Eleanor J. Gibson. La compréhension ainsi que la complémentarité de ces approches du développement et de l'éducation du jeune enfant ont été essentielles dans la conception des dispositifs que nous présenterons dans la deuxième partie de cette thèse.

1.1. Le développement du jeune enfant.

Les connaissances sur le développement du jeune enfant sont issues de travaux de recherche portés par des figures emblématiques de la psychologie du développement sur lesquelles nous reviendrons dans un premier temps. Puis, nous tenterons de résumer quelques éléments fondamentaux du développement de l'enfant.

1.1.1. La psychologie du développement en quelques approches.

Dans cette première sous-partie, il ne s'agit pas de revenir de manière exhaustive sur chacune des approches théoriques du développement du jeune enfant évoquées. Il s'agit plus précisément de mettre en évidence les concepts-clés de ces approches et de leurs penseur-ses qui permettent de comprendre les enjeux de la discipline et de concevoir des dispositifs adaptés au développement du tout-petit. Ainsi les approches constructiviste, socio-constructiviste et écologique portées respectivement par Jean Piaget, Lev S. Vygotsky et Eleanor J. Gibson ont largement inspiré notre travail de recherche.

- **Jean Piaget et l'approche constructiviste.**

L'un des précurseurs de la psychologie de l'enfant n'est autre que Jean Piaget (1896-1980) [Figure 1] qui introduit en premier le terme de « psychologie génétique » pour faire référence à « la science qui étudie la genèse et le développement de l'intelligence » démontrant alors son double intérêt pour la logique et la biologie (Guellaï & Esseily, 2018). Pour Piaget, « la croissance mentale est indissociable de la croissance physique » - le lien corps/esprit est au cœur de sa pensée constructiviste. L'intelligence se traduit par l'adaptation d'un individu à son environnement, et c'est précisément les expériences vécues au sein de cet environnement qui permettent la construction de connaissances.

Ainsi, la pensée de Piaget se développe autour de deux concepts majeurs : l'assimilation et l'accommodation. L'assimilation consiste pour l'enfant à assimiler, c'est-à-dire retenir et traduire, les informations données par l'environnement que l'on peut nommer « cadre de connaissances ». L'enfant ajuste en retour ce cadre de connaissances à la modification de l'environnement, on parle alors d' « accommodation ». C'est bel et bien l'équilibre de ces concepts d'assimilation et d'accommodation qui forme ce que Piaget nomme « l'intelligence. » (Morange-Majoux, 2017).



Figure 1 : Jean Piaget (1896-1980) est considéré comme le fondateur de l'approche constructiviste.

La pensée de Piaget introduit les concepts de « schèmes », que l'on peut également qualifier de « structures d'action »³ (Piaget, 1967), et de stades de développement au cœur d'une approche qualifiée de « constructiviste ». Alors que le stade de 0 à 2 ans est qualifié de « stade sensori-moteur », le stade de 2 à 11 ans et demi est qualifié comme le « stade des opérations concrètes ». Plus précisément, la période de 2 à 7 ans et demi (à laquelle correspond la petite enfance) est qualifiée de « période préopératoire ». C'est durant ce stade que l'enfant s'approprie « une intériorisation directe et rapide des actions en opérations », c'est-à-dire assimile les concepts de conservation, de sériation, de classification, de nombre, de temps, d'espace et de vitesse. Suite au « stade des opérations concrètes », on trouve le « stade des opérations formelles » de 11 ans et demi à 16 ans. Ces stades se suivent de manière linéaire ce qui fait aujourd'hui débat au sein de la communauté scientifique, puisqu'ils ne prennent pas en compte des phénomènes de variabilité en fonction des enfants, et décontextualisent les apprentissages. (Morange-Majoux, 2017).

L'adaptation au milieu se traduit par les nombreux échanges de l'enfant avec son environnement qui permettent à l'enfant de construire « sa représentation du

³ « Un schème est la structure ou l'organisation des actions telles qu'elles se transfèrent ou se généralisent lors de la répétition de cette action en des circonstances semblables ou analogues. » (Piaget, 1967)

monde. » (Piaget, 1947) Dans cette construction, Piaget mobilise un concept fort de sa pensée : la fonction symbolique (ou sémiotique) qu'il définit ainsi :

« une fonction fondamentale pour l'évolution des conduites ultérieures et qui consiste à pouvoir représenter quelque chose (un "signifié" quelconque : objet, événement, schème conceptuel etc.) au moyen d'un "signifiant" différencié et ne servant qu'à cette représentation : langage, image mentale, geste symbolique etc. » (Piaget, 1966)

La fonction symbolique apparaît vers 1½-2 ans et permet donc d'attribuer une signification, prémisses de ce qu'on qualifie de « représentation », puisque comme le dit le psychologue « toute assimilation sensori-motrice (y compris perceptive) consiste déjà à conférer des significations. » Cette fonction apparaît au cours de cinq activités ou « conduites » :

- *L'imitation différée* : nécessaire à l'acquisition du langage par l'enfant, elle se positionne comme une « préfiguration de la représentation [...] en actes matériels et non pas encore en pensée » à l'image du jeu de « faire semblant » propre à l'enfance ;
- *Le jeu symbolique* : considérée comme « l'apogée du jeu enfantin », il est une forme d'« assimilation du réel au moi, sans contraintes, ni sanctions » - par une manipulation de symboles, l'enfant construit par le jeu une représentation du réel qui lui est propre ;
- *Le dessin* : à mi-chemin entre le jeu symbolique et l'image, il est « tantôt une préparation, tantôt une résultante de celle-ci et entre l'image graphique et l'image intérieure » - le dessin constitue une représentation graphique du monde (interne ou externe) selon le point de vue de l'enfant ;
- *L'image mentale* : peut-être considérée comme « un prolongement de la perception » - ainsi l'image mentale convoque l'imitation et les sens pour créer une forme d'intériorisation de la pensée ;
- Et enfin, le *langage* « décuple les pouvoirs de la pensée en étendue et en rapidité » - le langage met en mots la représentation de la pensée. .

- **Lev Vygotsky et l'approche socio-constructiviste.**

En parallèle de Piaget (qui vit et travaille en Suisse), Lev Semionovitch Vygotsky (1896-1934) [Figure 1], construit sa pensée en Russie alors bouleversée par la Révolution d'Octobre de 1917. Le contexte de l'élaboration des travaux de Vygotsky est important car comme le précise Guellaï et Esseily (2018) : « Pour Vygotsky, l'homme est le produit de son environnement et de sa culture : sa pensée est le

résultat de l'évolution historique et son éducation dépend des moyens de transmission de la culture. » - c'est pour cela que l'on parle d'approche « socio-constructiviste ». Ainsi chez Vygotski, le langage se situe au cœur du développement de l'enfant - langage social, égocentrique puis intérieur.



Figure 2 : Lev Vygotsky (1896-1934) est considéré comme le fondateur de l'approche socio-constructiviste.

Pour Vygotski, le langage, dont la fonction initiale est la communication, est un « processus réel de pensée ». Il considère le langage dans sa globalité : son « aspect interne » - correspondant à la sémantique du langage, et son « aspect externe » associant sonore, phonétique et mimique. Pour le psychologue, le langage traduit la pensée mais à l'inverse du langage, la pensée « ne se compose pas de mots isolés », mais « à un lourd nuage, qui constitue une pluie de mots. » (Vygotsky, 1985)

Le langage est également au cœur du « jeu » largement théorisé par Vygotski comme étant « substantiellement différent du travail ». S'il est impossible pour le tout-petit de séparer le champ de la signification du champ visuel, c'est justement par le jeu que le rapport entre perception et signification va évoluer, et ce grâce au développement du langage chez l'enfant :

« C'est à partir de l'âge préscolaire qu'on peut observer la première divergence entre les champs de la signification et de la vision. Dans le jeu, la pensée est séparée des objets et les idées bien plus que les choses sont au principe de l'action ; un bout de bois est converti en poupée et en bâton de cheval. L'action, gouvernée par des règles, est déterminée par les idées et non plus par les objets en eux-mêmes. [...] Le tout-petit ne peut le faire tout de suite car pour lui il est excessivement compliqué de séparer la pensée (la signification du mot) de l'objet. »
(Vygotski, 1933)

Ainsi, le jeu possède de manière intrinsèque une « nature transitionnelle » entre l'enfance et l'âge adulte, pour s'abstraire complètement des situations réelles. Il constitue pour Vygotski (1) un facteur de base du développement de l'enfant et non une activité caractéristique de l'enfance, (2) une évolution de la pensée en imaginaire à l'élaboration de règles - indispensables à toute société, et (3) le jeu constitue un élément-clé de transformations internes au développement tels que le passage du langage social au langage intérieur ou bien de la pensée abstraite à la pensée concrète (Vygotsky, 1933).

Enfin Vygotsky a théorisé le concept de « zone proximale de développement » considéré comme un espace privilégié d'apprentissage. Il s'agit en fait d'une zone de progression puisqu'elle est « comprise entre ce que l'enfant peut faire seul et ce qu'il peut faire avec l'aide de l'adulte. » (Archambault & Venet, 2007). On peut associer ce concept à la notion d'étayage, c'est-à-dire que l'apprentissage repose sur l'interaction de l'enfant avec un partenaire social (l'enseignant-e par exemple) qui le soutient dans la réalisation de ses propres activités. Ceci marque une forme de transmission - concepts, symboles, outils - dans un environnement social donné (à l'école, pour reprendre l'exemple de l'enseignant-e). L'enfant, aidé au départ par l'adulte, acquiert petit à petit des connaissances menant à l'autonomie, par l'intermédiaire de facteurs sociaux (interaction) et de facteurs liés à la maturation (apprentissage).

- **Eleanor J. Gibson et l'approche écologique.**

Comme l'ont évoqué Piaget et Vygotsky, l'environnement joue un rôle essentiel dans le développement de l'enfant, il semblerait même « impossible de comprendre le développement de l'enfant dans toute sa complexité sans s'intéresser à son environnement et aux influences environnementales multiples qui dépasse le simple niveau de l'interaction de l'enfant avec son entourage immédiat. » (Guellai & Esseily, 2018) C'est ainsi que la recherche sur le développement de l'enfant s'est vue

bouleversée ces dernières décennies par l'approche dite « écologique.» L'une des figures pionnières de ce courant est Eleanor J. Gibson (1910-2002), psychologue américaine.

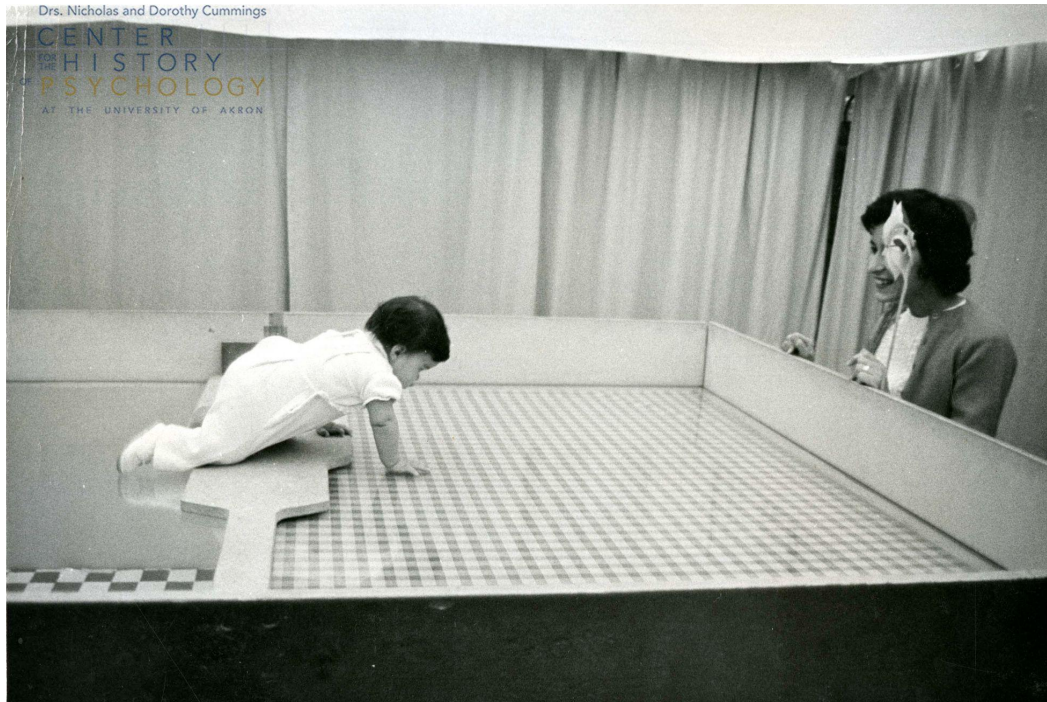


Figure 3 : Eleanor J. Gibson (1910-2002) est une figure importante de l'approche écologique en psychologie du développement.

Les recherches d'Eleanor J. Gibson nourrissent la théorie de la perception développée par James J. Gibson, son mari. Selon le célèbre psychologue américain, l'environnement qui nous entoure dispose de qualités intrinsèques qui stimulent notre perception (notamment visuelle) et orientent nos actions - traduit sous la notion d'« affordance » (Gibson, 2014). L'affordance, de l'anglais *to afford* qui signifie « offrir, permettre, fournir », est utilisé pour qualifier « cette faculté de l'homme, et de l'animal en général, à guider ses comportements en percevant ce que l'environnement lui offre en termes de potentialités d'actions. » (Luyat & Regia-Corte, 2009)

Eleanor J. Gibson s'appuie justement sur la notion d'affordance pour mettre en évidence l'importance de l'exploration active dans le développement du tout-petit. Le jeune enfant explore son environnement, perçoit et agit en conséquence : il met en place des processus de « perception - action » dans la découverte des différentes affordances offertes par son environnement. (Gibson, E. & Pick, 2000). En créant une relation propre à son environnement, il découvre le monde qui l'entoure à la fois

physique et social, et crée les conditions nécessaires à l'acquisition de nouvelles connaissances issues de ce monde :

« Perhaps knowledge eventually becomes a system of representations and beliefs about the world... but... representations and beliefs must be grounded by detection of the surfaces, events, and objects of the layout—the “stuff” of knowledge must somehow be obtained from the world.»⁴ (Gibson, 1988)

Cela permet à l'enfant de développer ses compétences spatiales, nécessaires pour le développement de ses capacités motrices, de ses capacités cognitives (mémoire et orientation spatiales) ou encore de ses capacités langagières. L'enfant développe son langage en même temps qu'il découvre les nouveaux objets de son environnement et interagit avec les êtres vivants qui le composent (Oudgenoeg-Paz & Mulder 2021).

L'approche écologique portée par E. J. Gibson s'appuie sur l'étude de l'enfant directement dans son environnement (et non plus seulement en laboratoire comme elle l'avait fait auparavant, photo) puisque selon la psychologue les représentations mentales d'un individu sont ancrées dans le concret (*grounded*) : il existe en effet des échanges réciproques et incessants entre un individu et son milieu, qui élabore alors des stratégies d'adaptation, à l'origine de son développement. C'est aussi l'approche systémique défendue par Urie Bronfenbrenner, psychologue russe, pionnier du courant de l'écologie sociale du développement (Bronfenbrenner, 1979). À travers l'élaboration d'un modèle en 4 paliers environnementaux (microsystème - mésosystème - exosystème - macrosystème), l'enfant interagit avec son milieu dans un processus d'influence mutuelle. Et à chaque passage entre 2 paliers, on parle de « transition écologique » puisque surgissent des changements développementaux importants.

En mettant en lumière l'influence de l'environnement sur le développement de l'enfant, l'approche écologique accorde une place particulière aux dimensions sociales et culturelles qui peuvent avoir une influence sur les différents aspects du développement. Le développement de l'enfant n'est plus seulement linéaire (comme décrit par Piaget) ou universel, mais s'adapte en fonction du contexte environnemental, certaines compétences étant développées avant d'autres suivant les caractéristiques sociales, les pratiques culturelles ou encore les croyances du milieu. Karen E. Adolph, qui a longuement étudié le développement moteur du

⁴ « Peut-être que la connaissance devient finalement un système de représentations et de croyances sur le monde... mais... les représentations et les croyances doivent être fondées sur la détection des surfaces, des événements et des objets mis à disposition - la "matière" de la connaissance doit d'une manière ou d'une autre être obtenue du monde. »

tout-petit en s'appuyant notamment sur les travaux d' Eleanor J. Gibson, sa directrice de thèse, a par exemple démontré que l'environnement pouvait expliquer des variabilités de développement moteur du jeune enfant (Adolph & al., 2014) .

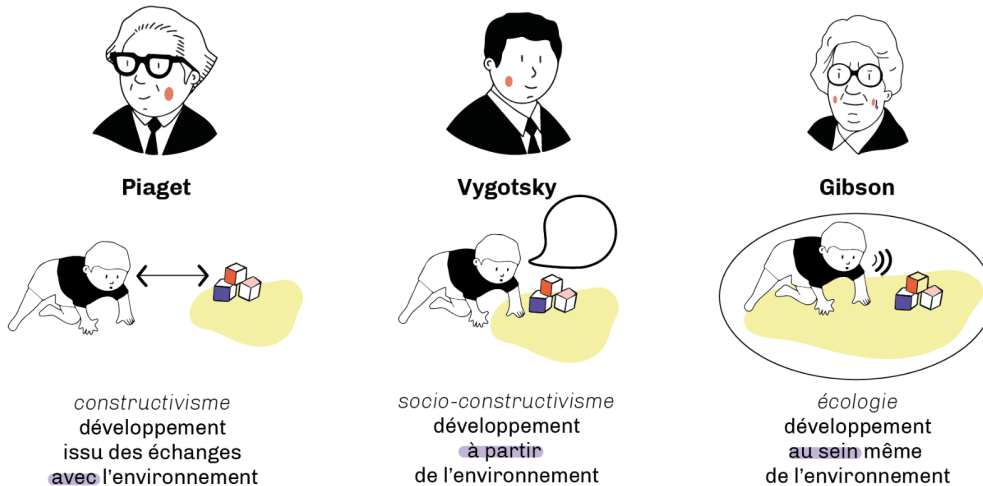


Figure 4 : L'environnement au cœur des théories développementalistes de Piaget, Vygotsky et Gibson.

Bien que très différentes, ces approches nous paraissent complémentaires. En effet, elles appréhendent différemment le développement de l'enfant et surtout, elles convoquent différemment la notion d'« environnement ». Si Piaget observe les échanges entre l'enfant et son environnement, chez Vygotsky, il s'agit de prendre en compte l'environnement socio-culturel dans lequel évolue car il jugé comme « déterminant » dans son développement. Enfin chez Gibson, il s'agit d'étudier l'enfant au sein même de cet environnement, puisqu'il s'adapte à ce dernier dans l'acquisition de nouvelles compétences [Figure 4].

_Ces trois approches ne résument pas à elles seules l'ensemble des courants liés à la psychologie du développement - qui étudie, rappelons-le, le développement de l'être humain tout au long de sa vie. Elles permettent néanmoins d'appréhender les fondamentaux du développement de l'enfant sur lesquels nous allons maintenant revenir.

1.1.2. Les fondamentaux du développement de l'enfant.

Si la littérature est relativement foisonnante sur le développement de l'enfant d'âge scolaire, elle l'est beaucoup moins pour les enfants d'âge préscolaire (période sur laquelle je tenterai de concentrer mon attention), un constat déjà dénoncé en 1921

par Alice Descoedres dans son ouvrage intitulé « Le développement de l'enfant - de deux à sept ans » :

« Il est curieux de voir que c'est justement au moment où l'enfant évolue le plus rapidement, au moment où ses progrès sont les plus faciles à constater et à enregistrer que nous avons le moins de données précises sur ce dont il est capable. » (Descoedres, 1921)

En s'appuyant sur les approches théoriques du développement qui viennent d'être énoncées couplées à d'autres références, j'aimerais revenir dans cette deuxième sous-partie sur cinq piliers du développement du jeune enfant : le développement sensori-moteur, le langage, le développement socio-cognitif, le développement socio-émotionnel et enfin le développement de l'imagination et de la pensée créatrice. Afin de faciliter notre compréhension (et j'espère la vôtre) de chaque pilier du développement, nous avons choisi d'illustrer chacun de ces éléments à partir de figures.

- **Le développement sensori-moteur.**

Le développement sensori-moteur associe le développement sensoriel lié aux 5 (ou plus) sens et le développement moteur lié au mouvement et au geste - en somme à la maîtrise du corps par le jeune enfant. L'enfant interagit d'abord avec son environnement via son corps et plus particulièrement via le toucher, bien avant la maîtrise du langage (Gentaz, 2018). Commençons tout d'abord par le développement moteur de l'enfant.

Pour cela, on peut s'appuyer sur les travaux de Karen E. Adolph, psychologue américaine et spécialiste du développement moteur du jeune enfant, déjà évoqué pour son approche développementale écologique - c'est-à-dire en contexte environnemental (réalisés en collaboration avec E.J. Gibson). Dans un article publié en 2014, Adolph définit le développement moteur comme l'association des capacités locomotives et manuelles, des expressions faciales et des mouvements exploratoires. La psychologue développe son approche autour de trois caractéristiques essentielles au développement moteur :

- **le mouvement incarné** (*embodied movement*), c'est-à-dire que le mouvement se produit dans un corps dont « la morphologie détermine la gamme des mouvements possibles » ;
- **l'action incorporée** (*embedded action*), c'est-à-dire que le mouvement est conditionnés par les caractéristiques du milieu (tels que la température, la gravité, l'air et le sol)

- et enfin **l'interaction enculturée** (*enculturated interaction*), c'est-à-dire que l'interaction s'adapte aux contraintes socioculturelles du milieu : « Le lien entre le comportement moteur et l'interaction sociale est bidirectionnel. Les informations sociales peuvent guider et faciliter les actions motrices, et les actions motrices des enfants suscitent des comportements sociaux chez les autres⁵. »

Cette approche est inspirante car elle prend à la fois en compte les caractéristiques morphologiques du corps (mouvement incarné) ainsi que les aspects situés de l'action (action incorporée) ainsi que le lien bidirectionnel existant entre le comportement moteur et l'interaction sociale (interaction enculturée) [Figure 5].

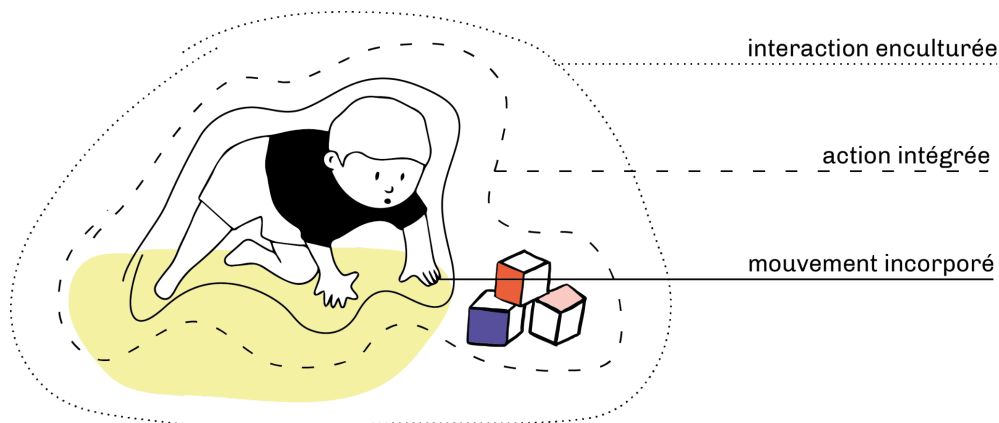


Figure 5 : Le développement moteur du jeune enfant, selon Karen Adolph.

Nous pouvons également retenir des travaux de Karen E. Adolph que le développement moteur dépend tout à fait de la perception d'*affordances* au sein de l'environnement : elles conditionnent le développement d'une action de sa planification à la découverte de ses limites. Ainsi la croissance physique et posturale, aussi bien que les compétences locomotives (motricité globales) et manuelles (motricité fine) dépendent des opportunités offertes par l'environnement et de la manière dont l'enfant s'en saisit. Ainsi, si le développement moteur s'adapte tout à fait aux contraintes du milieu, il requiert à la fois « perception, planification, prise de décision, apprentissage et découverte de nouvelles stratégies. » Enfin, Karen E. Adolph insiste sur le caractère éminemment flexible du mouvement :

⁵ « *The path between motor behavior and social interaction is bidirectional. Social information can guide and facilitate motor action, and infants' motor actions elicit social behaviors from others.* »

« In the real world, motor behavior must be adaptive and the hallmark of adaptive behavior is flexibility. Motor behavior is constrained by body, brain, and environment, but anatomy is not destiny, the environment does not dictate behavior, and rearing does not preordain the future. » (Adolph, 2015)⁶

Cette approche de l'acquisition des compétences motrices constitue selon la psychologue, un à la fois un point d'ancrage et un catalyseur pour de futures recherches sur le développement, perceptif social, cognitif et affectif de l'enfant.

En ancrant sa théorie sur la question de la perception, Karen E. Adolph souligne également l'importance du développement multisensoriel de l'enfant : vue, ouïe, odorat, toucher, gustatif - l'environnement offre alors à l'enfant une multitude de « flux sensoriels » qui participent de la construction de la compréhension de son corps. Le flux sensoriel est défini par André Bullinger comme « un ensemble dynamique de signaux continus et orientés qui vont venir stimuler la surface sensible d'un capteur mobile » (Jouen et al., 2015). On peut ajouter à cette liste un sixième sens aussi appelé « sens du mouvement » (Berthoz, 1996). Le sens du mouvement qui associe la kinesthésie et la proprioception⁷, correspond à la prise de conscience de la position du corps dans l'espace associant équilibre, force ou encore direction du mouvement.

La construction du « schéma corporel » qui inclut la prise de conscience de soi et d'autrui au sein de notre environnement, se construit tout au long de la petite enfance. C'est grâce à la construction de son propre schéma corporel que l'enfant parvient à percevoir l'espace dans toutes ses dimensions (De Lièvre & Staes, 1992). Pour cela deux activités motrices sont essentielles chez le jeune enfant : la préhension, c'est-à-dire le fait de saisir, toucher, lancer des objets et la locomotion, soit le fait de se déplacer dans l'espace pour en saisir les dimensions [Tableau 1].

⁶ « Dans le monde réel, le comportement moteur doit être adaptatif et la caractéristique d'un comportement adaptatif est la flexibilité. La motricité est contrainte par le corps, le cerveau et l'environnement, mais l'anatomie n'est pas le fruit du hasard, l'environnement ne dicte pas le comportement et les conditions de croissance ne préjugent pas de l'avenir. »

⁷ La kinesthésie aussi appelée « sens du mouvement » est « une forme de sensibilité qui, indépendamment de la vue et du toucher, renseigne d'une manière spécifique sur la position et les déplacements des différentes parties du corps. » et la proprioception peut être définie comme « la perception qu'a l'homme de son propre corps, par les sensations kinesthésiques et posturales en relation avec la situation du corps par rapport à l'intensité de l'attraction terrestre » (Centre Nationale de Ressources Textuelles et Lexicales).

Tableau 1 : La construction du « schéma corporel » chez l'enfant

	Rapport à son propre corps	Rapport aux autres	Rapport à l'espace	Dessin
Corps vécu (avant 2 ans)	Exploration du corps - découverte du corps propre	Distinction à autrui	Appréhension physique de l'environnement	Premiers tracés, gribouillages
Corps perçu (de 2 à 7-8 ans)	Distinction des différentes parties du corps et des sensations associées	Distinction des sensations associées à autrui	Rapport topologique entre les objets : séparation/ succession, entouragement, continuité/discontinuité (égocentrisme)	Premières formes géométriques : rond et ligne surtout
Corps représenté (à partir de 7 ans)	Représentation du corps de manière réaliste	Représentation du corps d'autrui	Perception de l'espace par représentation (décentration)	Début du dessin figuratif
Corps opératoire (vers 11 ans)	Mentalisation des actions - les programmer puis les évaluer	Adaptation en fonction des conditions environnementales (espace-temps)	Espace conçu : passage à l'abstraction et construction de l'espace en conservation des distances et des volumes	Début du dessin réaliste (vers 8-9 ans) : espace en 3 dimensions, perspective, proportions

Ce tableau a été réalisé d'après les travaux évoqués précédemment de Piaget, Adolph, ainsi que de Bullinger (2004) ainsi que De Lièvre & Staes (1992).

- **Le développement du langage parlé.**

Si la communication à travers le langage parlé intervient bien après le développement sensori-moteur, il n'en reste pas moins, un pilier fondamental dans les interactions avec l'environnement ; ainsi qu'un appui essentiel dans le développement des futurs apprentissages fondamentaux que sont la lecture et l'écriture. Le langage est défini comme « une fonction d'expression de la pensée et de la communication entre les [êtres humains] » (Guerini & Goyet, 2017). La période de la petite enfance est marquée par le développement du langage oral, des images mentales qui s'expriment notamment par le jeu du « faire semblant », ou le dessin. En effet, comme l'ont montré Piaget et Vygotsky, il s'agit de la période du « jeu symbolique », c'est-à-dire que l'enfant distingue le signifiant du signifié, le mot de ce qui est désigné - indispensable dans la construction relativement arbitraire des mots.

D'un point de vue linguistique, l'enfant développe ses premiers mots autour de 12 mois puis survient ce qu'on appelle « l'explosion lexicale », période au cours de laquelle l'enfant acquiert très rapidement un nombre considérable de mots jusqu'à l'apparition de premières phrases grammaticales (ou du moins ce qui y ressemble).

On observe donc un développement du lexique après 2 ans, à la fois quantitatif - en terme de mots assimilés (environ 100-200 à 2 ans, contre 2000-2500 à 6 ans) - et qualitatif - puisque l'enfant maîtrise de mieux en mieux les mots au niveau de la prononciation et ce jusqu'à la construction syntaxique, qui apparaît vers 3 ans. Ainsi, entre 4 et 5 ans, on observe une diversification du langage - au même moment que se développe le langage qualifié d'« égocentrique. » (Guellai & Esseily, 2018).

D'un point de vue communicationnel, le langage se développe en premier lieu grâce aux interactions entre l'adulte et l'enfant. L'âge du « non » qui a lieu entre 18 et 24 mois marque la distinction de l'enfant en tant qu'individu, distinct de ses parents et unique, ce qui ouvre les portes de la communication entre pairs (Spitz, 1962). Les enfants commencent alors à communiquer entre eux à travers des regards, des sourires, des palpations ou des vocalises. On ne parle pas ici réellement d'interaction entre enfants, comme il se passe alors avec l'adulte soutenant, mais communication « référentielle » puisque l'objet est le médiateur privilégié de la communication. Les enfants d'âge préscolaire communiquent également beaucoup par l'imitation gestuelle, « le fait de s'imiter simultanément dans le port d'objets, procure aux enfants un effet de miroir qui renforce l'interaction, dans un dialogue qui semble dire : je m'intéresse à toi, tu t'intéresses à moi. » (Guerini & Goyet, 2017) C'est seulement vers l'âge de 4-5 ans que se mettront en place de réelles capacités conversationnelles, l'objet n'est plus le support unique de communication.

Si l'on considère également le dessin comme un support privilégié de communication, il est intéressant de faire un parallèle entre le développement du langage et du dessin chez l'enfant [Figure 6]. On commence à distinguer les premiers gestes contrôlés vers 18 mois - on parle avant de gribouillage. Entre 3 et 7 ans, l'enfant assimile progressivement le dessin des formes géométriques (le cercle, la croix, le carré et le rectangle, le losange). C'est alors qu'évolue en parallèle la fonction symbolique du dessin. Tout comme pour le langage « les signifiants augmentent en nombre, en même temps qu'ils deviennent spécifiques à un signifié » (Guerini, 2017). Il est intéressant de préciser que si l'intention figurative s'affirme à partir de 3 ans, elle dépend en grande partie des capacités graphiques de l'enfant : il ne cherche pas à reproduire complètement le réel mais à apporter une forme d'intention réaliste. À partir de 5-6 ans, les enfants commencent à acquérir les apprentissages « formels » du langage que constituent la lecture et l'écriture. Au même moment, émerge ce que le philosophe Georges-Henri Luquet (Lurçat, 1973)

qualifie de « réalisme intellectuel », c'est-à-dire que l'enfant représente ce qu'il voit et l'interprète de manière dessinée.

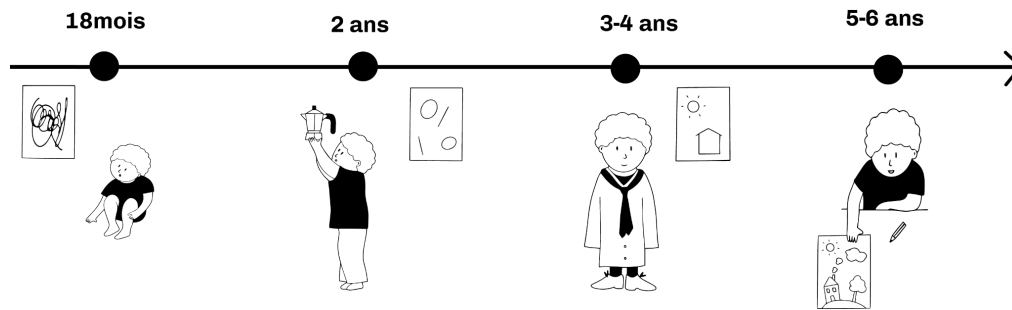


Figure 6 : Le développement du langage - en lien avec le dessin.

- **Le développement cognitif et l'apprentissage.**

On peut regrouper sous le terme de développement socio-cognitif, le développement des fonctions cognitives soit : la mémoire, l'attention, le calcul, les capacités visuo-spatiales ainsi que les fonctions exécutives (planification, anticipation, raisonnement de problèmes et prise de décision) et des paramètres cognitifs que sont la motivation et les émotions par exemple, qui « jouent un rôle majeur dans le de développement des apprentissages fondamentaux (lecture, écriture arithmétique) » (Goyet, 2017). Il ne s'agit pas ici de décrire en détails le développement cognitif de l'enfant ou de reprendre les stades de développement piagétien mais plutôt de décrire brièvement ce que l'on peut retenir des recherches en neurosciences dans le domaine de l'éducation, l'apprentissage étant au coeur de notre sujet de recherche (comme vous pourrez le constater dans la suite de ce manuscrit).

L'apprentissage est considéré comme « une modification comportementale ou cognitive lors de la réalisation d'une tâche sous l'effet d'une interaction avec l'environnement. » (Goyet, 2017) Du point de vue du cerveau, cela se traduit par des modifications structurelles au sein des réseaux cérébraux, depuis leur origine et ce tout au long de la vie. C'est pour cela qu'il est intéressant de lier neurosciences cognitives et apprentissage. En s'appuyant sur les travaux du psychologue Olivier Houdé, on découvre par exemple qu'il existerait deux formes d'apprentissage complémentaires : « l'automatisation d'un apprentissage par la pratique » soit notre capacité à mobiliser les fonctions exécutives pour apprendre et le contrôle de

l'apprentissage par l'inhibition » soit notre capacité à adapter notre stratégie d'apprentissage en fonction de la situation (Houdé, 2004). .

J'aimerais ensuite aborder trois paramètres cognitifs - l'attention, la motivation et les émotions - à la fois sources et conditions d'une situation d'apprentissage, mises en avant par Louise Goyet, psychologue du développement dans un chapitre intitulé « *L'apport des neurosciences dans le domaine de l'éducation* » (2017) [Figure 7] :

- L'attention que l'on peut définir comme le maintien sur le long terme de la réalisation d'une activité cognitive, joue un rôle majeur dans la planification d'une action et sa réalisation dans le respect de consignes - une tâche attendue dans nos systèmes d'éducation, en lien avec les capacités inhibitrices. Au-delà du simple respect des consignes, il s'agit également de pouvoir permettre à un enfant de remettre en question ses représentations pour amener les élèves à « préciser leur pensée, à prendre du recul sur leurs erreurs, et à utiliser ces erreurs comme des informations pertinentes pour détecter les problèmes rencontrés. »
- La motivation peut se définir comme « l'ensemble des facteurs qui influent le comportement, les actions ou la manière de penser des individus. Elle permet d'expliquer la dynamique de comportement de l'individu qui relève de l'envie ou du désir. » On peut distinguer la motivation « intrinsèque » - interne à un individu de la motivation « extrinsèque » provoquée par une source extérieure au sein de l'environnement.
- Enfin les émotions, que nous nous attacherons à définir juste après, entretiennent une double relation avec les apprentissages : les apprentissages suscitent des émotions, et les émotions ont une influence sur le processus d'apprentissage. La régulation de ses émotions permettrait à l'élève de mobiliser toute son attention dans la réalisation d'une tâche (attention). Aussi, le ressenti affectif ou lié au plaisir rendrait l'élève plus apte à apprendre (émotions).

Il existe donc une relation d'interdépendance entre l'attention, la motivation et la prise en compte des émotions dans l'apprentissage - mise en avant dans les récentes recherches en neurosciences. Des découvertes déjà explicités par Piaget et Vygotsky sont aujourd'hui mises en lumière par l'imagerie cérébrale. Toutes ces compétences mettent également au centre le rôle fondamental de l'enseignant ou de l'adulte accompagnant qui crée alors les conditions nécessaires à la transmission de savoirs, savoir-être et savoir-faire, propres à l'éducation.

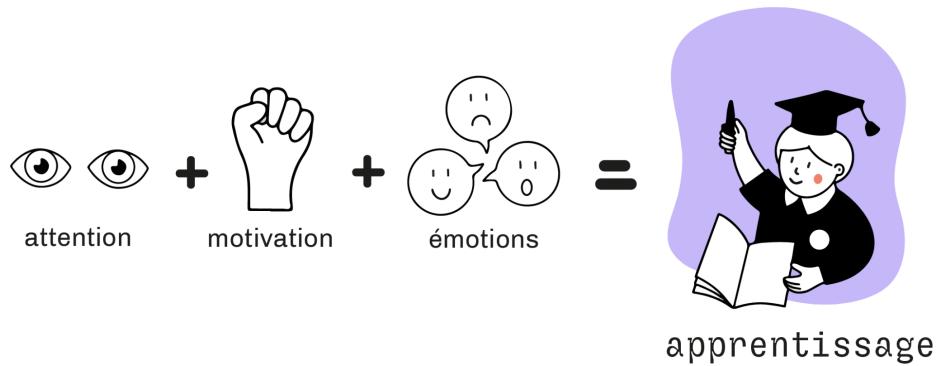


Figure 7 : Les vecteurs d'apprentissage - attention, motivation, émotions.

- **Le développement socio-émotionnel.**

Le développement socio-émotionnel se caractérise par l'apprentissage de « savoir-être qui contribueraient à un sentiment d'efficacité individuelle et collective, et sembleraient prédictives d'un certain bien-être individuel et social » (Minichiello, 2017). L'éventail des compétences socio-émotionnelles est relativement large et peut-être résumé ainsi selon le dispositif SEL (pour « Social Emotional Learning »⁸) : la maîtrise et la conscience de soi (reconnaître et contrôler ses émotions), la conscience sociale (empathie), la capacité à gérer les relations aux autres (résoudre des conflits, demander de l'aide) et enfin la capacité à prendre des décisions (dans un cadre éthique) (Durlak et al., 2011). Nous aborderons les deux premiers points : la compréhension et la régulation des émotions ; ainsi que le développement de l'empathie - qui ont une influence certaine entre eux et sur les autres compétences socio-émotionnelles.

Avant de revenir en détails sur ces deux points, revenons sur la définition d'une émotion donnée par David Sander & David K. Scherer dans le *Traité de psychologie des émotions* (2009), soit :

« un ensemble de variations épisodiques dans plusieurs composantes de l'organisme en réponse à des événements évalués comme importants par l'organisme » (Sander & Scherer, 2009).

Les auteurs insistent également sur les cinq composantes essentielles d'une émotion (Sander & Scherer, 2009) :

- Un sentiment subjectif : la crainte ou l'espoir par exemple ;
- Une réponse psychophysiological : chaleur corporelle ou picotements ;
- Une expression motrice : un sourire ou des pleurs ;
- Une tendance à l'action : embrasser quelqu'un ou courir à toute vitesse ;

⁸ <http://www.cnesco.fr/fr/qualite-vie-ecole/competences-sociales-et-emotionnelles-des-eleves/>

- Une évaluation cognitive : penser en stratégie pour la suite.

L'émotion est à distinguer de l'humeur ou du sentiment, et on peut alors parler d'un épisode émotionnel pour exprimer la concordance avec une situation ou un événement donné. Les émotions permettent à la fois d'entrer en interaction avec autrui et d'adopter un comportement flexible (en réponse à un stimulus notamment). Selon Guellaï et Esseily (2018), les bébés sont capables de comprendre des émotions et d'utiliser des expressions émotionnelles dès les premières semaines de vie ; et le lexique émotionnel s'enrichit véritablement entre 2 et 3 ans (Maillochon, 2008). Selon le psychologue Paul Ekman (1999), il existe six émotions de base : la colère, le dégoût, la peur, la joie, la tristesse et la surprise - enrichies de l'attirance et de l'anticipation par Robert Plutchik (1991) [Figure 8].

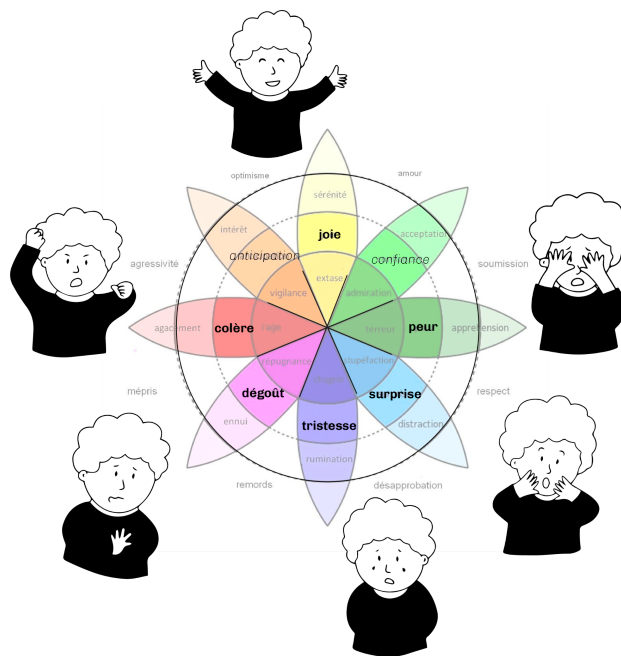


Figure 8 : Les 6 émotions de base -
la colère, le dégoût, la peur, la joie, la tristesse et la surprise

La compréhension émotionnelle se définit comme la capacité à « identifier nos émotions et attribuer un sens à celles-ci ainsi que comprendre et interpréter les réactions émotionnelles d'autrui [afin de] nous aider à rendre le monde interpersonnel compréhensible et prévisible. » (Laurent & Ensink, 2018) L'âge préscolaire constitue une période relativement propice au développement de la compréhension émotionnelle puisque c'est à cet âge que l'enfant devient capable d'identifier et de qualifier des émotions afin de prendre de la distance vis-à-vis de

celles-ci et de les contrôler. C'est également vers l'âge de 3-4 ans que les enfants commencent à « se former des représentations conscientes et inconscientes des émotions. » C'est ce que Pons (2004) a défini comme la phase dite « publique, mentale et réflexive » dans le développement de la compréhension émotionnelle qui a lieu vers 4-5 ans, soit la capacité des enfants à reconnaître les expressions faciales, les causes externes des émotions ainsi que les souvenirs de situations passées.

Il est également intéressant de préciser que les émotions influencent les relations sociales et déterminent le succès social chez les enfants d'âge préscolaire (Denham, 2007), ainsi que leur réussite scolaire (Haag & Cognard, 2020). En effet, selon les autrices de l'ouvrage intitulé *À l'école de leurs émotions* (Haag & Cognard, 2020) : « Les émotions sont désormais reconnues comme des objets historiques et sociaux ; les représentations que nous en faisons évoluent en même temps que les sociétés, leurs codes et leurs valeurs. » Ainsi, Pascale Haag et Lisa Cognard insistent sur le rôle privilégié de l'école dans la socialisation émotionnelle des enfants et dans la construction de ses différentes représentations (certaines émotions étant culturellement plus associées à la féminité ou à la masculinité, elles sont donc mieux valorisées selon le sexe de l'enfant...).

Une deuxième caractéristique intéressante du développement socio-émotionnel de l'enfant concerne le développement de l'empathie. L'empathie peut être définie comme « la capacité à reconnaître, percevoir et ressentir les émotions de l'autre. » Ainsi elle requiert de « considérer cette autre personne comme étant semblable à soi, tout en évitant de la confondre avec soi-même » et joue ainsi un « rôle crucial dans les relations interpersonnelles ». Si le développement de l'empathie dépend en premier lieu du cercle intra-familial, cette capacité socio-émotionnelle se développe ensuite au sein des lieux d'accueil du jeune enfant (Barthassat & Gentaz, 2013).

- **Le développement de l'imagination (et de la pensée créatrice).**

Revenons ensemble sur un dernier point relatif au développement de l'enfant : celui de l'imagination, à l'origine de la pensée créatrice qui selon moi est un point essentiel du développement qui met en oeuvre les quatre piliers énoncés précédemment : sensori-moteur, langagier, cognitif et enfin socio-émotionnel. Si de nombreux auteurs-trices depuis l'Antiquité se sont attachés à définir la notion d' « imagination » comme nous l'indiquent Andrée Archambault et Michèle Venet (2007), les deux chercheuses en éducation ont choisi de définir l'imaginaire comme « une

autre façon de percevoir la réalité, une “autre logique”, nécessaire à une meilleure compréhension du monde ». En faisant un parallèle avec la « pensée créatrice » - définie comme un « pouvoir de l'imaginaire et de la créativité humaine » - les autrices insistent sur le pouvoir de l'imagination à l'école, mis à l'honneur dans les programmes scolaires québécois. Piaget et Vygotsky ont également accordé une place importante à l'imagination dans leurs approches théoriques sur le développement de l'enfant, tout en ayant une vision opposée sur le sujet - qu'il paraît pertinent de développer ici.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, Piaget s'est longuement attardé à décrire la naissance de l'intelligence chez l'enfant, l'intelligence étant en lien avec la compréhension du monde réel. Le développement de l'imagination viendrait donc pour le psychologue suisse en amont, comme une étape antérieure au développement de la pensée formelle, alors synonyme d'intelligence. La période qualifiée d'« égocentrique » qui s'étale de 2 à 7 ans est alors la période la plus prolifique pour le développement de l'imagination : de 2 à 4 ans, se développe la pensée « préconceptuelle » : période propice à l'assimilation. Puis, de 4 à 7 ans, se développe la pensée « intuitive » : période dédiée à l'accommodation. Alors que la première phase voit apparaître l'imagination créatrice, la seconde laisse place à l'imagination « reproductrice ». L'imagination chez Piaget aurait donc pour rôle principal de combler les lacunes cognitives de l'enfant afin d'expliquer ce qu'il ne comprend pas. Ainsi, l'imagination s'accorde à la réalité pour finalement voir émerger l'intelligence. Le jeu « symbolique » et la place fondamentale qu'il occupe dans le développement de l'enfant est la pure représentation de l'imagination du jeune enfant qui invente des associations entre « signifiant » et « signifié » - pour finalement être amené à les comprendre totalement et à trouver leurs justes significations. L'imagination est ainsi perçue chez Piaget comme un mode de la pensée « immature », à avoir dépassé à l'âge adulte.

À l'inverse chez Vygotsky, l'imagination est considérée comme une fonction mentale supérieure qui se développe tout au long de l'enfance puis l'adolescence pour atteindre son apogée à l'âge adulte. Elle permet ainsi à l'être humain de se dégager des contraintes du réel, grâce à l'accumulation d'expériences passées qui lui permettent de construire, de créer. Chez Vygotsky, la pensée rationnelle et la pensée imaginaire se développent parallèlement, juxtaposant deux faces du réel : l'une objective, significative, raisonnée et l'autre subjective, interprétative, créative. C'est finalement par l'acquisition du langage et des interactions sociales dans des environnements socio-culturels déterminés que l'imagination trouvera son point

d'équilibre entre pensée rationnelle et pensée imaginaire. Ce juste équilibre pourra se traduire par la création d'œuvres originales réalisées à l'âge adulte (Archambault & Venet, 2007) [Figure 9].

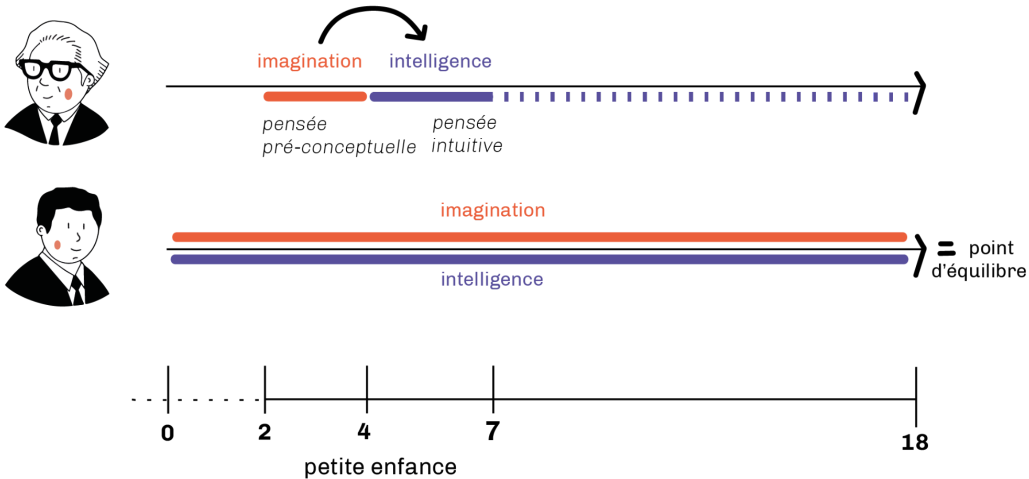


Figure 9 : Le développement de l'imagination chez l'enfant chez Piaget et Vygotsky - proposition de comparaison.

Ainsi, le jeu est central dans la construction de l'imagination, tout autant chez Piaget que chez Vygotsky. Les objets symboliques (symbolisant autre chose que ce qu'ils ne sont réellement) occupent une place dominante dans le « faire-semblant » en remplacement des besoins physiques ou affectifs réels. Le jeu symbolique est donc indispensable pour naviguer dans le monde réel pour le jeune enfant comme le précise le psychologue américain Paul Harris (2021) - une pensée déjà introduite par Donald Winnicott dans son célèbre ouvrage intitulé *Jeu et réalité* (1975):

« Il s'agit d'un mode créatif de perception qui donne à l'individu le sentiment que la vie vaut la peine d'être vécue ; ce qui s'oppose à un tel mode de perception, c'est une relation de complaisance soumise envers la réalité extérieure : le monde et tous ses éléments sont alors reconnus mais seulement comme étant ce à quoi il faut s'ajuster et s'adapter ». (Winnicott, 1975)

Ainsi l'imagination se construit en relation avec les émotions et au sein d'expériences vécues - ce qui rejoint la pensée de John Dewey. Elle est aussi un miroir du milieu socioculturel dans lequel évolue l'enfant (Vygotsky), en lien avec les interactions continues avec l'environnement (Piaget). Le jeu imaginaire permet aussi bien de se connaître soi, que d'appréhender l'environnement qui nous entoure. Il s'agit donc d'un outil au service des apprentissages, fréquemment utilisé à l'école maternelle (Brougère, 2015).

_Maintenant que nous sommes revenus sur trois approches importantes de la psychologie du développement, ainsi que sur quelques fondamentaux du développement du jeune enfant sur lesquels s'appuie le présent travail de recherche, la deuxième partie de ce premier chapitre portera sur l'éducation de la petite enfance. Tout comme le développement, l'éducation du jeune enfant s'appuie sur quelques figures pionnier-es, notamment issues du mouvement de l'Éducation Nouvelle. Les courants pédagogiques qu'ils-elles portent sont encore aujourd'hui de véritables sources d'inspiration pour l'école maternelle, le milieu privilégié pour l'éducation de la petite enfance.

1.2. L'éducation à la petite enfance.

Le mot «éducation » vient du latin « educere » qui signifie « conduire, guider vers » comme nous l'avons mentionné en introduction de chapitre. Pour aller plus loin, « educare » signifie même « élever, nourrir, prendre soin », on retrouve ici la notion de *care*, de plus en plus utilisée pour désigner le milieu du soin - de la petite enfance à la fin de vie (Laugier, 2021).

L'éducation à la petite enfance en France repose principalement sur l'école maternelle, qui accueille les enfants à partir de 2-3 ans et jusqu'à 5-6 ans, âge d'entrée officiel à l'école primaire. L'école maternelle a été particulièrement influencée par les théories du développement que nous avons évoquées en première partie de ce chapitre, soucieuses de s'adapter aux avancées scientifiques et de répondre au mieux aux besoins du jeune enfant (Garnier, 2016). C'est également pour cela, que l'école maternelle a été inspirée et s'inspire encore aujourd'hui des pédagogies portées par le courant de l'Éducation Nouvelle, qui s'est développé en France et dans toute l'Europe au cours du 20e siècle. Ces pédagogies qualifiées d'« alternatives » promeuvent le développement « naturel » de l'enfant « dans un milieu adapté et aidé par la neutralité affectueuse de l'adulte », le pédagogue donc.

Dans cette partie, nous présenterons les enjeux de l'école maternelle qui constitue le milieu d'éducation privilégié des jeunes enfants en France aujourd'hui. Puis nous reviendrons sur les principales pédagogies alternatives portées par le courant de l'Éducation Nouvelle. Nous verrons ainsi en quoi l'école maternelle s'appuie sur ces pédagogies afin de permettre à l'enfant une « liberté » d'apprendre.

1.2.1. L'école maternelle.

La tenue des *Assises de l'école maternelle* qui ont eu lieu en mars 2018 a rendu officielle l'instruction obligatoire à partir de 3 ans⁹, reconnaissant le statut important de l'école maternelle au sein de la société (Garnier, 2016). Le programme de l'école maternelle (correspondant au Cycle 1) est défini dans un *Bulletin Officiel* publié par le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports, dont le dernier date de 2015 - et inclut pour la première fois l'utilisation des outils numériques comme nous le verrons au chapitre 3. Afin de contextualiser le présent travail de recherche, il semble important de revenir sur le contexte, le rôle de l'école maternelle et du personnel au service de l'éducation de la petite enfance.

- **Bref historique de l'école maternelle.**

L'histoire de l'école maternelle commence au 18^e siècle avec la création des premiers lieux d'accueil du jeune enfant, puis avec la création au 19^e siècle des premières « salles d'asile » permettant de protéger les tout-petits, enfants d'ouvrières, des dangers de la rue. Inspirée des *Infant Schools*, la première salle d'asile parisienne voit le jour en 1826 suivie de la première formation consacrée aux éducatrices en 1832, portée par Emilie Oberkampf. Suite à la loi Guizot de 1833 qui oblige chaque commune à ouvrir une école primaire, de plus en plus de salles d'asile ouvrent en France - même si leur nombre reste très faible. Il faudra attendre 1881, pour que les premières écoles maternelles soient créées, la même année où l'école est rendue publique et laïque - pour devenir l'année suivante, obligatoire de 6 à 13 ans. Il est intéressant de mentionner le décret du 2 août 1881 qui donne pour missions principales à l'école maternelle, le développement physique, moral et intellectuel du jeune enfant.

Un siècle plus tard, le statut de « professeur-e des écoles » est institué en 1990 mettant sur un pied d'égalité la formation des enseignant-es de maternelle et de primaire. Un an plus tôt, le statut d'ATSEM, Agent Territorial Spécialisé des Écoles Maternelles, est créé - une aide précieuse dans l'éducation de la petite enfance qui sera enfin reconnu comme tel en 2013. Alors que la formation des enseignant-es subit de nombreuses transformations depuis les années 1990, l'âge de l'instruction obligatoire est finalement abaissée à 3 ans dans le Journal Officiel du 28 juillet 2019. Enfin, nous pourrions insister sur la reconnaissance de ces premières années d'instruction grâce la Loi d'orientation et de la programmation

⁹

<https://www.education.gouv.fr/assises-de-l-ecole-maternelle-l-instruction-obligatoire-des-3-ans-9692>

pour la refondation de l'école qui rend unique l'éducation en maternelle par un cycle unique - le cycle 1 ; alors même que les domaines d'activités de l'école maternelle (aussi appelés domaines d'apprentissage).

La **Figure 10** revient sur quelques dates-clés de l'histoire de l'école maternelle, et démontre le cheminement laborieux qu'a nécessité la création de ce pilier de l'éducation française - à la fois dans son institutionnalisation et sa reconnaissance au sein de la société. Cela permet ainsi de mieux comprendre les enjeux de ce milieu et son rôle dans l'éducation de la petite enfance.

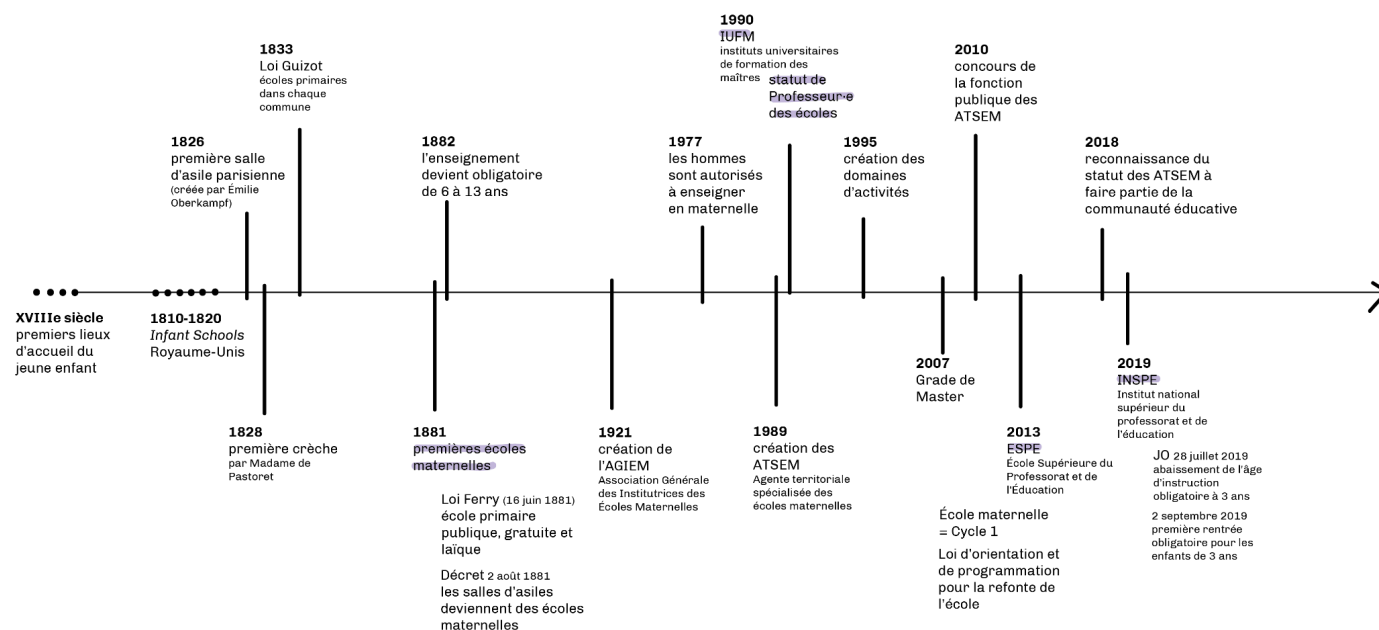


Figure 10 : Historique de l'école maternelle en France - du 18e siècle à nos jours.

● Le rôle de l'école maternelle.

L'école maternelle est considérée comme une « exception française ». Institutionnalisée au cours du 19e siècle, l'école maternelle a été créée afin d'offrir aux jeunes enfants les soins nécessaires à leur développement physique, moral et intellectuel. Conscient de l'impact de l'éducation des jeunes enfants sur la réduction des inégalités vers l'égalité des chances, les premières *Assises de l'école maternelle* s'organisent autour du message suivant : « faire de la maternelle une véritable "école du langage et de l'épanouissement". » Le statut de l'école maternelle évolue au sein de la société avec pour mission principale : « donner envie aux enfants d'aller à l'école pour apprendre, affirmer et épanouir leur personnalité. »¹⁰

¹⁰ <https://www.education.gouv.fr/l-ecole-maternelle-11534>

Bien avant la reconnaissance « officielle » de son statut, le triple rôle de l'école maternelle est défini ainsi : « éducatif, propédeutique et gardiennage » selon la circulaire de 1977 relative aux *Objectifs et aux procédures éducatives de l'école maternelle* dans le cadre de la réforme du système éducatif, une définition que le sociologue Paul Garnier précise comme suit :

« Elle représente un montage composite, un assemblage de trois logiques différentes, chacune étant légitime et indispensable aux autres. Il s'agit à la fois d'éduquer les jeunes enfants et favoriser leur développement, de les préparer à leur scolarité ultérieure, de les accueillir, d'en prendre soin et de les protéger. Ces trois logiques, nécessairement conjuguées, voire insécables, justifient à l'époque le bien fondé de l'école maternelle. »

Ainsi l'école maternelle constitue à la fois le lieu des apprentissages et un espace précieux de sociabilité pour l'enfant puisqu'il s'agit du deuxième environnement côtoyé par le jeune enfant après le foyer familial comme le précise Boris Cyrulnik et les auteur-es qui l'entourent dans son ouvrage intitulé « Préparer les petits à la maternelle » (2019) :

« L'école maternelle est pour beaucoup d'enfants la première immersion dans un environnement extra-familial, avec parfois des règles totalement différentes de celles de la maison. C'est aussi la première rencontre avec un collectif. Ces expériences sont souvent relativement fortes pour l'enfant sur le plan émotionnel. En outre, celui-ci va devoir progressivement intégrer une posture d'élève et construire dans ce cadre les bases de son rapport au savoir. » (Hirn, 2019)

Concernant les apprentissages, le programme de l'école maternelle s'organise autour de cinq domaines, tel que publié dans le Bulletin Officiel (publié par le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports, 2015) :

1. Mobiliser le langage dans toutes ses dimensions
2. Agir, s'exprimer, comprendre à travers l'activité physique
3. Agir, s'exprimer, comprendre à travers les activités artistiques
4. Construire les premiers outils pour structurer sa pensée
5. Explorer le monde

On retrouve dans ces cinq domaines, les fondamentaux du développement de l'enfant évoqué dans la première partie de ce chapitre. Il s'agit du langage, du développement corporel, de la pensée (créative) ainsi que des interactions de l'enfant avec son environnement, étant naturellement curieux de découvrir le monde qui l'entoure (Piaget, 1967).

Enfin, l'école maternelle repose avant tout sur le personnel de la maternelle qui assure le développement et les apprentissages du tout-petit. Depuis 1990, les enseignant-es de maternelle ont le statut de « professeur-e des écoles » au même titre que les enseignant-es de primaire assurant une forme de continuité pédagogique entre les deux. Ils ou elles sont assisté-es d'ATSEM dont le rôle au sein de la communauté éducative est de plus en plus valorisé, en plus des tâches liées à l'hygiène auxquelles étaient principalement associées (Vasse, 2008) Tout comme les professeur-e des écoles, le métier d'ATSEM est majoritairement exercé par des femmes (7 sur 10). L'école maternelle est dirigée par un-e directeur-trice d'école qui s'occupe principalement du suivi administratif de l'établissement et assure parfois un rôle d'enseignement à mi-temps en parallèle. Des inspecteur-trices sont mandaté-es par l'Éducation nationale pour veiller au respect du programme et valeurs de l'école maternelle « apprendre et vivre ensemble. »

En maternelle, il est intéressant d'observer la créativité avec laquelle les enseignant-es exercent leur métier, alors conscient-es du privilège de « liberté pédagogique » qui leur est offert - comme nous avons pu le constater sur le terrain. C'est pour cela qu'il est tout particulièrement intéressant de revenir aux différents courants pédagogiques de l'éducation alternative, source d'inspiration pour le corps enseignant du préscolaire.

1.2.2. Les pédagogies alternatives.

Le terme de « pédagogie » vient du grec « paidagôgos » qui associe « pais », l'enfant et « agôgos », celui qui conduit. Il désignait en fait l'esclave qui conduisait l'enfant de la maison à son maître, chargé de son « éducation ». Ainsi, ces deux termes portent l'idée de « mener l'enfant vers », l'éduquer, ainsi que sur le rôle de l'adulte qui éduque, enseigne à l'enfant - une relation essentielle dans tout système d'éducation. La pédagogie est aussi définie, par le sociologue Émile Durkheim, comme l'ensemble des méthodes et pratiques d'enseignement permettant de transmettre savoirs, savoir-faire et savoir-être, en somme l'outil de « théorie pratique » de l'éducation (Durkheim, 1938).

Réunies sous le mouvement de l' « Éducation Nouvelle » créé au sortir de la première guerre mondiale, les pédagogies alternatives ont marqué le 20e siècle alors qualifié de « siècle de l'enfant ». L'éducation se démocratisait au même titre que la prise en compte des besoins de l'enfant, alors considéré pleinement comme un « être social » - pour reprendre les termes d'Henri Wallon, pionnier de l'Éducation

Nouvelle (Wallon, 1941). Portés pas des figures majeures de l'éducation, en lien avec d'autres disciplines telles que la médecine ou la philosophie, le processus d'apprentissage était alors considéré comme un « acte de vie. » Selon Angéla Médici, pédagogue et éducatrice, auteur d'un ouvrage de référence sur l'Éducation nouvelle, ce mouvement inédit dans l'histoire contemporaine avait pour objectif de :

« Mettre en pratique une doctrine de l'éducation dont le but unique ne serait pas de former les futurs fonctionnaires sociaux ; où l'acte de création, la joie que l'être humain y trouve, seraient placés, en particulier à certains âges, au-dessus de l'objet créé et de son utilité. » (Médici, 1990)

Les pédagogies « alternatives » sont également qualifiées d'« actives », puisque l'enfant est acteur de ses apprentissages, sous le regard et l'appui de pédagogues, considéré-es comme des « guides bienveillant-es ». Au-delà de promouvoir une relation bienveillante entre l'enfant et le-la pédagogue, les pédagogies alternatives valorisent l'apprentissage de savoirs complémentaires, nécessaires pour accompagner l'enfant à trouver sa place au sein de la société comme l'illustrent les « Principes de ralliement de la Charte de la Ligue Internationale pour l'Éducation Nouvelle [Figure 11].

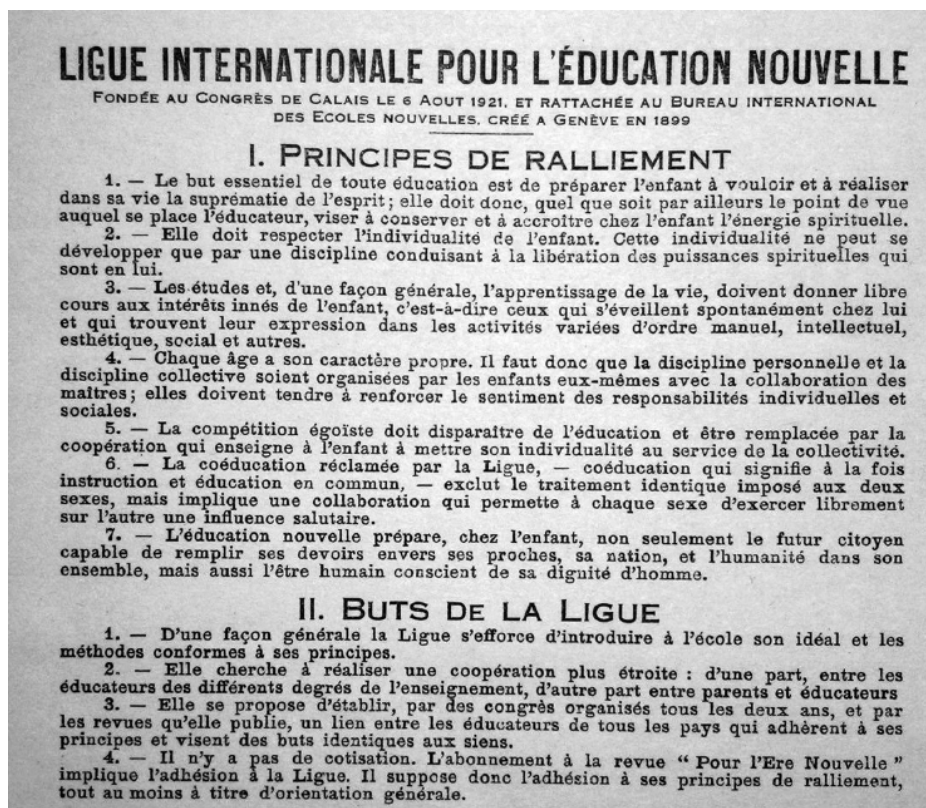


Figure 11 : Charte de la Ligue Internationale de l'Éducation Nouvelle du 6 août 1921.

Dans un ouvrage récent intitulé *Pédagogies alternatives et démarches innovantes*, les autrices explorent en parallèle les « pédagogies innovantes et les démarches alternatives » interchangeant volontairement les termes du titre et affirmant que : « l'école doit être en veille active et à l'écoute du terrain pour innover, s'adapter aux évolutions sociétales et répondre aux besoins immédiats et futurs, souvent inconnus, de ceux qu'Elle éduque, instruit, forme enrôle, libère...». (Galland & Samarine, 2020) L'enfant peut ainsi affirmer ses centres d'intérêts et sa personnalité qui seront au coeur de son parcours d'apprentissage : « Apprendre ce n'est pas accumuler des connaissances mais forger une personnalité en mobilisant ses propres ressources » dans tous les domaines d'apprentissage « intellectuels et artistiques, mais aussi physiques, manuels et sociaux. » (Galland & Samarine, 2020). Il est intéressant d'observer également l'hybridité de ces pédagogies qui se basent à la fois sur le caractère individuel de l'élève et favorisent les activités collectives - l'autonomie et la coopération.

Il est vrai que ces dernières années un réel engouement s'est formé autour des pédagogies alternatives se traduisant à la fois par la multiplication des établissements appliquant ces pédagogies - ou du moins s'en inspirant fortement, en France et dans le monde ; ainsi que par l'intérêt des neurosciences pour ces méthodes pédagogiques. Dans son ouvrage intitulé *L'école du cerveau - De Montessori, Freinet et Piaget aux sciences cognitives*, le neuroscientifique Olivier Houdé revient sur les principes fondateurs de ces pédagogies qu'il met en lumière au regards des récentes avancées en neurosciences appliquées au développement de l'enfant et à l'éducation. Voici comment il introduit son ouvrage :

« La pédagogie est un art qui doit s'appuyer sur des connaissances scientifiques actualisées. En apportant des indications sur les capacités et les contraintes du cerveau qui apprend, la psychologie expérimentale du développement de l'enfant et les neurosciences peuvent aider à expliquer pourquoi certaines situations d'apprentissage sont plus efficaces que d'autres. [...] Un tel intérêt porté à l'élève et à son cerveau, en termes d'attentes, de contraintes et de potentiel d'apprentissage, renoue avec l'esprit des pionniers des pédagogies nouvelles du XXe siècle tels que Maria Montessori en Italie, Célestin Freinet en France et Ovide Decroly en Belgique. » (Houdé, 2018)

Bien qu'ayant été théorisées dans la première moitié du 20e siècle, elles constituent de précieux repères pour nos systèmes d'éducation, et ce encore aujourd'hui - c'est pourquoi nous avons décidé d'y consacrer une partie importante de nos recherches.

- **La pédagogie Montessori.**



Figure 12 : Maria Montessori (1870-1952) dans la Casa dei Bambini à Rome.

Maria Montessori (1870-1952) est l'une des pionnières du courant de l'Éducation Nouvelle. D'abord médecin, Maria Montessori s'occupe d'enfants déficients à l'école orthophrénique de Rome qu'elle dirige avant de créer sa propre école « *La casa dei bambini* » en 1907 [Figure 12]. Appropriée, déformée, disséminée, la pédagogie de Maria Montessori connaît un succès contemporain certain ces dernières décennies. Je m'attarderai ici à décrire trois aspects particulièrement intéressants de sa vision pédagogique basée sur le développement « libre » du jeune enfant.

- Le premier point concerne « l'environnement préparé », c'est-à-dire un environnement propice aux activités spontanées de l'enfant, qui possède les pleins pouvoirs dans le développement de ses apprentissages grâce à la mise à disposition des espaces et du matériel pédagogique. Ce dernier se divise en 4 catégories aussi appelées « aires » : l'aire de « vie pratique » en rapport avec les objets du quotidien (le matériel pour nettoyer ou cuisiner par exemple), l'aire sensorielle autour des sens (le matériel pour produire des sons ou découvrir des odeurs par exemple), l'aire des mathématiques, et enfin l'aire du langage. Librement inspiré des matériels didactiques développés par Édouard Séguin ou Jean Itard, ce matériel a été retravaillé par Maria Montessori afin d'offrir aux jeunes enfants une activité mentale accompagnée de gestes qui viennent soutenir l'apprentissage individuel et autonome de l'enfant (Spinelli, 2018).

- Cela nous conduit au deuxième point, la liberté et l'autonomie qui constituent les valeurs de la pédagogie Montessori, alors synonyme d'«auto-éducation». La mise en œuvre de ces valeurs est bien évidemment possible grâce à l'environnement préparé et au matériel qui le compose. Ainsi, c'est par un mécanisme d'essai-erreur continu que l'enfant manipule, tâtonne et apprend par lui-même, avec ou sans l'aide de l'adulte qui n'agit que sur sollicitation de l'enfant (Montessori, 1958).
- Enfin j'insisterai en troisième et dernier aspect sur la notion d' « esprit absorbant » développé par Maria Montessori, qui qualifie aussi son approche pédagogique de « scientifique» (Montessori, 1959). L'adulte agit surtout en observateur de l'enfant, c'est ainsi qu'il peut développer une pratique réflexive qui lui permettra de mieux comprendre les besoins de chaque enfant et d'ajuster sa posture de pédagogue en fonction. De l'autre côté, l'enfant est un être « absorbant » qui agit par imitation à son environnement. Le langage en est le parfait exemple - c'est en étant baigné dans un bain de langage que l'enfant apprend à parler (pour reprendre les termes de Franck Ramus dans le MOOC #petitecultnum).

La pédagogie Montessori s'appuie également sur le concept des « périodes sensibles de développement » qui répondent à des « manifestations psychiques » de l'enfant en continuité avec le développement de son intelligence répondant alors à des « lois naturelles » auquel l'environnement (préparé) doit répondre. Les périodes sensibles de développement sont à considérer différemment des stades de développement piagétien puisque Maria Montessori considère chaque enfant comme un être unique, son développement l'étant donc tout autant :

« On ne pourrait concevoir cette liberté de développement si par sa nature même, l'enfant n'était pas capable d'un développement organique spontané ; si la recherche de l'effort [...] et la conquête des moyens nécessaires à sa croissance harmonieuse innée n'existaient pas. Pour progresser dans une telle expansion, l'enfant, laissé libre dans son activité, doit trouver dans l'ambiance quelque chose d'organisé en rapport direct avec son organisation intérieure qui se développe selon des lois naturelles. » (Montessori, 1958)

- La pédagogie de Decroly.



Figure 13 : Ovide Decroly (1871-1932) lors d'un atelier en extérieur avec ses jeunes élèves.

Ovide Decroly (1871-1932) est un médecin et psychologue belge, dont la contribution certaine au mouvement de l'Éducation Nouvelle mérite d'être ici mis en avant. Cependant, il est moins connu que les autres pédagogues car Decroly a refusé de théoriser son œuvre dans un ouvrage complet considérant l'éducation comme « vivante et évolutive » (Guillaume, 2017) [Figure 13]. Cependant, le pédagogue a laissé quelques traces de son approche pédagogique qui s'oriente autour de trois notions : la globalisation, l'approche active et les centres d'intérêt.

- Selon Decroly, l'enfant perçoit le monde de manière globale et c'est au fur et à mesure de ses observations et de ses apprentissages, qu'il organisera sa pensée.

« L'enfant voit globalement (tout comme nous voyons globalement ce qui se présente nouvellement à nous), il reconnaît les objets et les êtres sans en reconnaître les parties, il dessine globalement, il lit globalement, il écrit globalement, il entend globalement, il chante globalement. Il analysera plus tard, beaucoup plus tard, peu à peu, et, dans de nombreux domaines, il n'analysera jamais. » (Decroly, 1929)

C'est donc en se développant globalement que l'enfant peut faire appel à son imagination et à sa curiosité sans limite. Il organise ensuite ses observations qu'il structure en apprentissages. Ainsi, Decroly nous rappelle que l'enfant-élève se construit dans tous les domaines affectifs, sociaux, intellectuels, en symbiose.

- Cette approche globale se traduit chez Decroly par une démarche que l'on peut qualifier d'active comme nous le rappelle François Guillaume, coordinatrice du Centre d'Études decrolyennes, à travers la relation triangulaire : « observer, associer, exprimer ». L'enfant part, tel un-e explorateur·trice, « observer » son environnement. Chez Decroly, l'observation est surtout privilégiée en pleine nature. C'est ainsi que l'enfant peut « associer » ces observations au fil de ses apprentissages, qui apparaissent alors telles des découvertes, sous l'effet de la surprise - dont l'impact pour l'apprentissage est reconnu et privilégié dans cette pédagogie.
- Enfin la pédagogie Decroly s'appuie sur les « centres d'intérêt de l'enfant » qu'il définit comme des « fonctions individuelles » et des « fonctions sociales » essentielles qui s'articulent autour de quatre idées : « je me nourris, je me protège (contre les intempéries), je travaille, je me défends ». Ce qui est intéressant dans ce concept est l'introduction progressive de la notion de « collectif » dont l'école offre les premières expériences au tout-petit alors très égocentrique.

Les 3 principes énoncés ici constituent des repères d'interdisciplinarité pour ne plus penser l'éducation de manière cloisonnée mais en lien avec un environnement, à la fois naturel et social. De plus, il s'agit pour l'enfant d'apprendre à adapter son épanouissement individuel à des contraintes sociales - autant de repères pour vivre en société. Enfin, la pédagogie Decroly invite tout comme la pédagogie à Reggio Emilia que nous allons aborder maintenant à considérer l'enfant dans toutes ses dimensions, dans toute sa « globalité ».

- La pédagogie à Reggio Emilia.



Figure 14 : L'école Diana, fondée par Loris Malaguzzi (1920-1994), dans la région de Reggio Emilia en Italie.

Le terme de Reggio Emilia provient du nom de la ville et de la région italiennes du même nom. Aussi qualifiée de *Città dei bambini* (en français « La ville des enfants »), Reggio Emilia est une ville dans laquelle l'école occupe une place centrale, et engage l'ensemble de ces habitant·es dans le système d'éducation. Théorisé par le pédagogue italien Loris Malaguzzi (1920-1994), la pédagogie Reggio Emilia s'organise autour du concept de « Progettazione » décrit comme une approche flexible qui s'adapte aux intérêts individuels des élèves, tout en favorisant le développement d'une communauté scolaire. Attardons nous quelques instants sur trois principes majeurs de cette pédagogie italienne, aujourd'hui disséminée à travers le monde.

- Le premier repose sur le concept des « Cent Langages » que l'on retrouve dans un poème écrit par Loris Malaguzzi [**poème ci-contre**]. Selon le pédagogue, l'enfant possède une multitude de moyens d'expression que l'on peut classer ainsi : langages logico-mathématique (découverte de soi et des autres), graphique (peinture, dessin, collage), verbal (voix, silence), mathématique des classifications, musical (bruits, sons, rythmes),

scientifique (observation, analyse, relation) et fantastique autour de l'invention ludique. Ces langages sont des médiums d'expérimentation pour l'enfant qui peut ainsi exprimer son rapport au monde et rendre visibles toutes ses capacités (Dubois, 2015).

- Le deuxième principe repose sur l'environnement considéré comme le « 3ème éducateur » de l'enfant. Tout comme chez Montessori, l'environnement est « préparé » c'est-à-dire qu'il est adapté aux besoins de l'enfant et un véritable soin est accordé aux espaces d'accueil : lumières, jeux de construction, chevalets et matériel de dessin ou de peinture, déguisements, livres papier, feutres et stylos ou encore objets qui brillent pour attiser la curiosité des enfants (Julia, 2020) [photo]. Si les espaces sont rangés régulièrement, la composition esthétique de la classe laisse place aux travaux « en cours » des élèves. Le temps est laissé à l'enfant pour construire sa pensée, et développer tout son potentiel créatif.
- En effet, à Reggio Emilia, l'éducation artistique occupe une place importante au niveau pédagogique et cela se ressent spatialement [plan] - ce qui constitue le troisième et dernier aspect abordé ici. L'école possède plusieurs mini-ateliers et un grand atelier central qui permettent de répondre aux besoins créatifs des élèves qui s'appuient sur une pluralité de médiums. Un-e atelierista, une personne chargée du suivi des activités artistiques, accompagne les éducateurs-trices de Reggio Emilia

La pédagogie Reggio Emilia s'organise autour du concept de « Progettazione » décrit comme une approche flexible qui s'adapte aux intérêts individuels des élèves, tout en favorisant le développement d'une communauté scolaire. Ainsi, le processus éducatif de la pédagogie à Reggio Emilia se crée dans la relation d'interdépendance entre les enfants, leurs parents et les éducateur-trices afin d'assurer la continuité école-maison, la famille étant le premier lieu d'instance éducative (Dubois, 2015). Enfin, inspiré par la pensée de Dewey, l'approche reggiane considère ainsi l'élève comme un citoyen et l'ensemble des citoyen-nes peut s'impliquer dans la vie de l'école en organisant un atelier au sein de l'établissement par exemple.

*L'enfant est fait de cent.
L'enfant a cent langages
cent mains et cent pensées
cent façons de penser
de jouer, de parler,
cent toujours cent
cent façons d'écouter
d'étonner et d'aimer
cent joies pour
chanter et comprendre
cent mondes à découvrir
cent mondes à inventer
cent mondes à rêver.
L'enfant a cent langages
(et puis cent cent cent cent)
mais on lui en vole 99.
Ecole et culture
séparent tête et corps.
On lui dit de :
penser sans les mains
faire sans la tête
écouter sans parler
comprendre sans joie
aimer et s'étonner
à Pâques et Noël uniquement.
On lui dit de :
découvrir le monde
qui existe déjà
et sur cent
on lui en vole 99.
On lui dit que :
le jeu et le travail
la réalité et la fantaisie
la science et l'imagination
le ciel et la terre
la raison et le rêve
sont des choses qui
ne vont pas ensemble.
En somme, lui dit-on,
le cent n'existe pas.
L'enfant dit cependant :
le cent est bel et bien.*

Loris Malaguzzi, 1971

- **La pédagogie Freinet.**

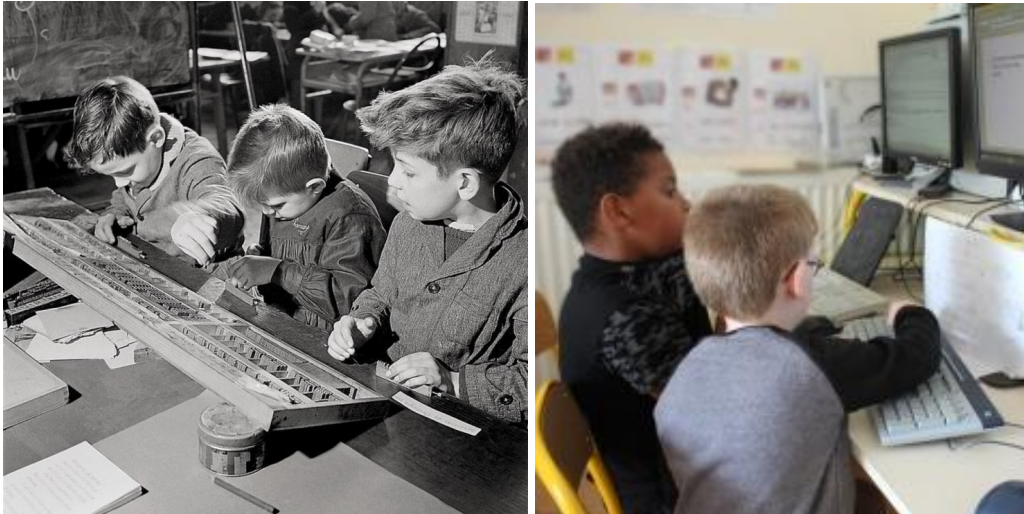


Figure 15 & : La pédagogie Freinet - de l'imprimerie à l'informatique.

La pédagogie Freinet porte le nom de son créateur, le pédagogue et instituteur français, Célestin Freinet (1896-1966) également fondateur de l'École moderne. S'il s'inspire sur plusieurs aspects de l'Éducation Nouvelle tels que la prise en compte des besoins et de la personnalité de l'enfant considéré comme un-e citoyen-ne, il s'en distingue par sa didactique originale basé sur de nouveaux matériels pédagogiques ainsi que sur l'orientation sociale de sa pédagogie (Giauque & Christinat, 2021). Je m'attarderai spécifiquement sur trois points essentiels de la pédagogie Freinet : l'expression libre, le tâtonnement expérimental ainsi que l'utilisation d'outils numériques (techniques). En effet la pédagogie Freinet est basée sur la construction sociale de l'enfant dans un processus constant de communication au sein de l'établissement.

- L'expression libre comprend une pluralité de formes : il s'agit aussi bien de la prise de parole individuelle que de l'écriture de textes libres, d'activités artistiques et culturelles ou bien d'activités de recherches prenant la forme d'exposés ou de conférences. L'organisation coopérative de la classe, basée sur des principes socio-démocratiques peut également être considérée comme une forme d'expression libre. Ainsi la libre expression est à la fois une ressource pour le développement des principes de créativité et de communication (deux des compétences dites du 21e siècle précédemment énoncées dans ce manuscrit).

- Le deuxième aspect concerne le tâtonnement expérimental qui favorise le statut d'« élève-chercheur », considéré comme respectueux de l'« élan vital » de l'enfant, naturellement curieux d'apprendre (Chabrun, 2021) Freinet introduit ainsi son concept de « Méthode naturelle » (Chabrun, 2021) qu'il décrit ainsi :

« Aucune, absolument aucune des grandes acquisitions vitales ne se fait par les procédés apparemment scientifiques. C'est en marchant que l'enfant apprend à marcher ; c'est en parlant, qu'il apprend à parler ; c'est en dessinant qu'il apprend à dessiner. Nous ne croyons pas qu'il soit exagéré de penser qu'un processus si général et si universel doive être exactement valable pour tous les enseignements, les scolaires y compris. » (Freinet, 1994)

- Enfin, le troisième aspect concerne l'utilisation des outils numériques qui ne se définit pas au départ en tant que tel mais le devient progressivement... Selon Freinet, « l'ère de la technique est ouverte pour l'enseignement, comme elle l'est depuis longtemps pour tous les autres aspects de la vie humaine. » (Freinet, 1964) En effet, la libre expression s'effectue aussi en prenant en compte une variété d'outils et de supports permis par les récentes évolutions techniques et technologiques. Il s'agit donc au départ de matériel d'imprimerie classique puis petit à petit de matériel informatique : le journal papier est remplacé ou complété par des blogs tenus par les élèves leurs enseignant-es par exemple. Si les techniques évoluent, les valeurs subsistent : celles de donner la parole aux enfants puis de la diffuser afin de révéler tout le potentiel de créativité des élèves (Landroit, 2021).

La pédagogie Freinet s'appuie également sur l'organisation coopérative de l'école comme le décrit la designer Marie Preston (2021) dans ses travaux de recherche qu'elle a notamment réalisé au sein de l'école Vitruve du 20ème arrondissement de Paris et qui perpétue les principes de la pédagogie Freinet depuis sa création en 1962. Cette organisation coopérative s'organise autour de principes pédagogiques et démocratiques ancrés dans le développement de la citoyenneté et l'émancipation de l'enfant au sein de la société.

- La pédagogie de Dewey.



Figure 16 : John Dewey (1859-1952) dans sa Laboratory School de Chicago.

Enfin en quatrième et dernière figure emblématique des pédagogies alternatives, j'aimerais évoquer ici John Dewey (1859-1952), psychologue et philosophe américain. Il est non seulement une référence du mouvement de l'Éducation Nouvelle, et une figure emblématique du pragmatisme, une « doctrine qui prend pour critère de vérité le fait de fonctionner réellement, de réussir pratiquement » (Larousse) soit une école philosophique qui vise à associer toute pensée à la pratique, s'opposant formellement au dualisme cartésien corps/esprit.

C'est au sein de l'école qu'il crée au sein de l'Université de Chicago où il enseigne, aussi appelée *Laboratory School* [Figure 16], qu'il expérimente sa pédagogie basée sur la notion d' « expérience » qu'il définit ainsi :

« L'expérience est le résultat, le signe et la récompense de cette interaction de l'organisme et de son environnement qui, lorsqu'elle est portée à son plein accomplissement, transforme l'interaction en participation et en communication [...] Les oppositions du corps et de l'esprit, de l'âme et de la matière, de l'esprit et de la chair, ont toutes leur origine, fondamentalement, dans une crainte de la vie. Ce sont des symptômes de contraction et de retrait. » (Dewey, 2010)

La pédagogie de Dewey basée sur l'expérience s'exprime au travers de deux caractéristiques fortes :

- Elle se veut en lien avec les problématiques auxquelles sont confrontés les enfants au quotidien. Il s'agit ainsi d'assurer une continuité entre l'école et la maison, et de lutter contre « le divorce entre le savoir et son application » (Brubacher, 1980). L'accent est donc mis sur les activités manuelles telles que la couture, la menuiserie ou la cuisine.
- L'enfant est considéré comme membre d'une communauté et participe ainsi activement à la vie de l'école. L'engagement de l'enfant aussi bien au sein d'activités individuelles que collectives permet d'éveiller ce que Dewey qualifie de « nouvel esprit social ». (Dewey, 2018)

On comprend bien à travers ces deux caractéristiques, le double-aspect derrière la notion d'expérience, c'est-à-dire que la pédagogie encourage aussi bien l'enfant à essayer (*learning by doing*) qu'à éprouver (Dewey, 2010). C'est par l'action que l'enfant comprend le sens de la réalité, sa vraie nature qui concrétise ainsi le lien entre le mouvement effectué et les sensations éprouvées. Je m'explique : lorsque l'enfant participe par exemple de manière orale à un conseil d'école (essayer), il ressent le sentiment de faire partie d'un collectif (éprouver).

_ Dans cette deuxième partie, nous avons exploré l'école maternelle sous toutes ses formes - retraçant l'histoire puis le rôle de l'école maternelle, puis nous intéressant aux différentes pédagogies alternatives qui ont marqué le mouvement de l'Éducation Nouvelle tout au long du 20e siècle. Il ne s'agissait bien évidemment pas de rentrer dans les détails de chacune d'entre elles, mais plutôt d'explorer quelques-unes de leurs caractéristiques intrinsèques. En tant que designer, je partage l'idée que ces caractéristiques forment aujourd'hui des bases solides pour un *design de la pédagogie*.

1.2.3. Les caractéristiques communes des pédagogies alternatives.

S'il est certain que chaque pédagogie alternative s'appuie sur des caractéristiques originales, elles possèdent néanmoins des points communs qui constituent des points d'ancrage du design pour la pédagogie que nous explorerons tout au long de cette troisième partie.

- **Une approche holistique.**

La première caractéristique mentionnée ici concerne l'approche holistique, à la fois du développement et de l'éducation du jeune enfant, prônée par chacune de ces pédagogies alternatives. Le terme « holistique » est défini comme une doctrine qui « ramène la connaissance du particulier, de l'individuel à celle de l'ensemble, du tout dans lequel il s'inscrit. » (Larousse) Une approche holistique considère ainsi le tout avant les parties, et les parties faisant partie d'un tout.

Dans les pédagogies alternatives, le développement de l'enfant est perçu dans une approche holistique, c'est-à-dire qu'il est considéré comme « global » - ce qui a une influence certaine sur les moyens et méthodes mises en œuvre dans les apprentissages. Ainsi, il ne s'agit plus de percevoir le développement de l'enfant de manière linéaire, par âge et par compétences (comme l'illustrent les stades piagétien) mais dans une approche intégrale c'est-à-dire par période - c'est ce que Montessori qualifie de « période sensible », c'est-à-dire des périodes dans lesquels se déploient les compétences multiples de l'enfant et constituent à la fois des phases d'acquisition et de construction de ces compétences qualifiées de « naturelles ». Les « centres d'intérêt » définis par Decroly forment également des repères dans le développement « global » de l'enfant, qui mobilise ainsi en synergie des compétences individuelles et sociales. Dans chacune de ses approches, les apprentissages liés au développement - langagier, sensori-moteur, cognitifs ou sociaux - sont interdépendants, c'est-à-dire qu'ils s'influencent mutuellement.

En matière d'éducation, le développement des apprentissages revendiqué par ces pédagogies n'est pas uniquement lié à des matières ou à des disciplines, il s'inscrit par « projet » - comme l'ont développé Freinet et Dewey. Non seulement l'élève définit son projet, mais l'école possède elle-même un projet commun pour l'ensemble des acteurs et actrices qui le composent. Si l'apprentissage individualisé est encouragé, en fonction des compétences, des besoins et des modes d'expression propres à chaque élève (« *Cent Langages* » de Reggio Emilia), les temps collectif,

favorisant le développement de l'élève-citoyen est au coeur du projet de l'école (Preston, 2021) Ponctués par des temps collectifs, les pédagogies alternatives, alternent (comme leur nom l'indique) entre individu (élève) et collectif (établissement) : l'individu est aussi au service du collectif, et le projet collectif favorise le développement individuel, c'est ainsi que la collaboration et l'entraide sont encouragées.

Enfin, ces pédagogies prennent en compte l'environnement socio-culturel des enfants et leur existence dans la société civile. L'enfant, dans chacune de ces pédagogies est considéré comme un (futur) citoyen. Les enfants dès tout-petits participent à l'organisation de l'école.

- **Un environnement adapté.**

L'ensemble de ces pédagogies alternatives s'appuient sur l'importance d'un environnement adapté aux jeunes enfants - dans la pédagogie à Reggio Emilia, Loris Malaguzzi qualifie cela d'« environnement préparé », le deuxième point abordé dans cette partie consacré au design de la pédagogie. Cet environnement se compose d'espaces, d'objets, d'individus, et surtout d'interactions entre tous. Le terme d'« interaction » est d'ailleurs défini comme une « action réciproque de deux ou plusieurs objets, de deux ou plusieurs phénomènes » ; et en psychologie comme une « action réciproque qu'exercent entre eux des êtres, des personnes et des groupes. » (Larousse) On retrouve ici la notion d'action, de réciprocité et de relation entre. La notion de phénomène me paraît ici intéressante car elle inclut une forme de situation unique, vécue dans une relation d'interdépendance avec l'environnement.

Chez Montessori comme chez Reggio Emilia, la notion d'environnement est centrale. En effet, lorsque l'on parle d'environnement adapté ou préparé, il ne s'agit pas seulement de concevoir des outils ou des activités pédagogiques mais bel et bien l'environnement qui sera à l'origine de nouveaux modes d'interaction et d'échanges entre le jeune enfant et son environnement. Loris Malaguzzi définit ainsi sa conception de l'environnement préscolaire :

« Nous accordons de l'importance à l'espace, à la création d'un environnement agréable et à son potentiel d'inspiration pour l'apprentissage social, affectif et cognitif. L'espace est un aquarium qui reflète les idées et les valeurs des personnes qui y vivent. » (Malaguzzi, 1971)

De plus, l'environnement est composé de matériel pédagogique dont chaque composant est rangé dans un emplacement spécifique de la salle de classe ou de l'école, à hauteur d'enfant et en accès libre afin de favoriser l'autonomie et l'expressivité. Le matériel est donc au service des besoins et des apprentissages de chaque enfant. Si chez Montessori, le matériel est classé en catégories (langage, vie quotidienne, mathématiques entre autres), chez Reggio Emilia, le matériel est avant tout artistique (peinture, dessin, musique entre autres). Chez Freinet, le matériel est avant tout technique, au service d'une pédagogie basée sur la communication. Enfin, chez Decroly c'est le rapport à l'espace extérieur, l'environnement naturel et sauvage qui est mis en avant. Cela se ressent dans la conception des espaces propres à chaque pédagogie [Figure 17] :

- Dans une école Montessori, chaque espace de « classe » s'organise en fonction du matériel pédagogique à disposition et donc des différents « domaines d'apprentissage », ainsi que des moments d'activités individuelles et collectives. À la fin de chaque activité, l'enfant est invité à ranger son matériel - le rangement fait partie intégrante du processus d'apprentissage.
- À Reggio Emilia, l'espace de l'école s'organise autour d'ateliers, plus ou moins spacieux en fonction des activités artistiques souhaitées par les enfants ou proposées par les adultes effectuées au sein de chacun de ces lieux de création. L'espace de l'école laisse place aux activités en cours de réalisation afin de ne pas perturber l'élève dans son processus créatif, il n'est donc pas rare de croiser un tableau sur chevalet en cours de réalisation ou bien une œuvre plastique de très grande taille occuper une partie de l'espace de circulation.
- Chez Freinet, l'espace de la classe s'organise autour de pôles - lecture, peinture, matériel technique etc. Une fois les recherches effectuées par les élèves, certains murs de la classe sont consacrés à l'affichage de ces recherches afin d'informer les autres élèves des nouvelles découvertes et de favoriser l'apprentissage entre pairs. L'espace de la classe est donc un lieu d'exposition des travaux de recherche réalisés par les enfants.
- Dans un lien très fort avec la nature, les écoles Decroly sont souvent situées à proximité d'un espace de verdure, d'un parc ou d'une forêt (à l'image de l'école Decroly à Saint-Mandé située à deux pas du bois de Vincennes). Le lien avec l'environnement naturel organise également le temps de la classe divisé en deux temps : les découvertes à l'extérieur et leur analyse à l'intérieur de l'école.

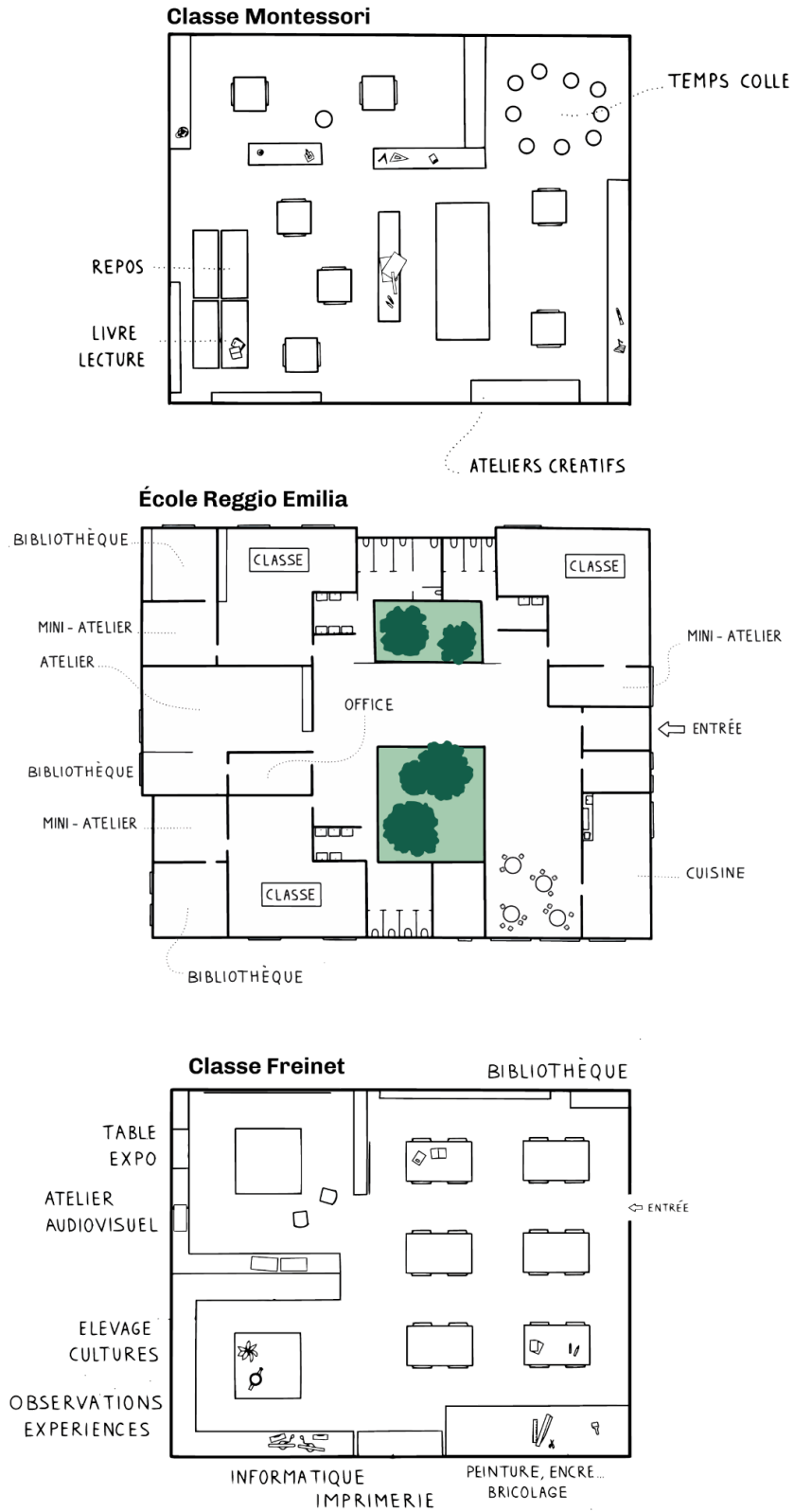


Figure 17 : Les environnements d'apprentissage « types » des pédagogies Montessori, Reggio Emilia et Freinet.

Dans ces pédagogies, l'environnement préscolaire est considéré comme le milieu dans lequel s'effectue les expériences d'apprentissage des tout-petits. Il est un lieu de découverte propice au développement de l'autonomie et de la créativité de chaque élève ainsi qu'à l'expérimentation - aussi bien pour l'enfant que pour le pédagogue (Médici, 1990). Comme le démontre Dewey, l'école est un espace de socialisation, un lien entre les différents lieux fréquentés par le jeune enfant :

« L'école est le premier lieu d'une institution sociale. [...] L'école doit représenter la vie présente - vie aussi réelle et vitale pour l'enfant que celle qu'il mène à la maison, dans son quartier ou sur le terrain de jeu. » Dewey,

La considération de Loris Malaguzzi pour l'environnement qu'il considère comme « 3e enseignant » de l'enfant prend ici tout son sens. Inspirée de la pensée de Dewey, l'école reggiane est ouverte sur la ville et la société, elle est le lieu de citoyenneté par excellence. L'environnement scolaire possède une « potentialité » permettant de révéler des « intentions » pédagogiques (New, 2013).

- **L'expérimentation comme vecteur du lien entre corps & esprit pour l'apprentissage.**

Le troisième et dernier point abordé ici, considère l'opposition formelle au dualisme cartésien dans le processus d'apprentissage revendiquée par les démarches expérimentales portées par chacune de ces pédagogies alternatives. L'apprentissage se vit, il s'expérimente et le lieu de l'école est d'ailleurs considéré comme un *laboratoire d'expérimentations pédagogiques* (Leleu-Galland & Samarine, 2020).

Le terme « expérimentation », est lui-même issu de la notion d' « expérience » qui provient étymologiquement du grec « experientia », et signifie « essai, épreuve, tentative. » La définition donnée par le dictionnaire Larousse de l'expérience est la suivante : « une connaissance acquise par la pratique. » Dans cette définition, le « faire » s'allie à la théorie, tel le corps à l'esprit.

L'expérimentation est vécue à deux niveaux : par l'enfant qui apprend en explorant à son rythme son environnement pédagogique et par l'enseignant-e qui teste ses innovations pédagogiques au sein de ce même environnement. C'est d'ailleurs au sein de cet environnement expérimental que Dewey y développe son concept philosophique pour la pédagogie qualifié de « learning by doing » (traduit en français par « apprendre en faisant »).

Ainsi, pour Dewey, la séparation entre corps et esprit est la principale difficulté que rencontre le système d'éducation. Il s'attache alors, dans un texte publié en 1984 (traduit en 2020 en français par Samuel Renier, maître de conférence en Science de l'éducation) à définir ainsi la problématique soulevée :

« La difficulté vient du fait que, au lieu d'envisager l'acte dans sa totalité, nous considérons la multitude des faits qui le composent uniquement comme des preuves de l'influence de l'esprit sur le corps ou du corps sur l'esprit, s'appuyant sur l'idée qu'ils sont séparés et indépendants, que l'on contribue à perpétuer ainsi, même lorsqu'il s'agit de ce qui les relie. Les faits montrent que l'on n'a pas affaire à une influence exerçant entre deux choses séparées, mais à des comportements tellement intégrés qu'il est artificiel de les séparer en deux. » Dewey, 1984, 2020)

Au-delà de démontrer la quelconque supériorité de l'esprit sur le corps ou inversement, Dewey explique l'absurdité de leur « séparation » au sein du processus d'apprentissage. Il part même du fait que ce choix est « artificiel » - en totale opposition au développement des compétences « naturelles » sur lesquelles s'appuie Montessori pour développer toute sa pensée pédagogique. Chez Decroly, l'expérimentation est également de mise au travers de la trilogie : « observer, associer, exprimer » (Guillaume, 2017). Tout comme Dewey (1958), Decroly pense que la nature est source d'expérimentation, et mérite ainsi d'être observée pour être étudiée. L'observation serait donc à la base de l'acquisition de toute connaissance (Plancke, 1980).

Du côté de Freinet, on parle de « tâtonnement expérimental », c'est-à-dire que l'élève apprend par un processus continu d' « essai-erreur ». Ainsi l'élève apprend-t-il en faisant, en expérimentant et en faisant des erreurs qu'il peut corriger soit par lui-même, soit à l'aide du pédagogue. Le matériel pédagogique constitue, comme chez Montessori, une aide précieuse au développement de l'autonomie par la manipulation d'objets physiques. Non seulement, cela favorise un comportement actif de l'enfant, mais favorise en plus la concrétisation de l'apprentissage.

_Dans ce premier chapitre, nous avons longuement abordé le développement et l'éducation du jeune enfant d'un point de vue théorique présentant ainsi un état de l'art inspirant pour la suite de notre travail de recherche. En effet, chacune des théories liées au développement ou à l'éducation du jeune enfant et les concepts clés qui en sont issus forment des points de repères dans mon travail de designer

en recherche. Elles ont ainsi été sélectionnées avec soin. Le travail de conception pour la petite enfance ne peut être le fruit du hasard mais doit au contraire faire l'objet d'une attention certaine.

À l'aube de la révolution numérique (si l'on prend en compte l'ensemble de l'histoire de l'humanité comme le rappelle Yuval Harari, 2018), le milieu de la petite enfance se trouve également bousculé emportant avec lui les théories sur le développement du jeune enfant ainsi que les méthodes pédagogiques de l'école maternelle. Notre deuxième chapitre portera justement sur le développement et l'éducation à la petite enfance - à l'ère du numérique.

Bibliographie.

- Archambault, A., & Venet, M. (2007). Le développement de l'imagination selon Piaget et Vygotsky: d'un acte spontané à une activité consciente. *Revue des sciences de l'éducation*, 33(1), 5-24.
- Adolph, K. E., Karasik, L. B., & Tamis, C. S. (2014). Motor skill. In *Handbook of cultural developmental science* (pp. 73-100). Psychology Press.
- Adolph, K. E., & Kretch, K. S. (2015). Gibson's theory of perceptual learning. *International encyclopedia of the social and behavioral sciences*, 10, 127-34.
- Brofenbrenner, U. (1979). *The Ecology of Human Development*.
- Brougère, G. (2002). L'exception française: L'école maternelle face à la diversité des formes préscolaires. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 7(1), 9-19.
- Bullinger, A. (2004). Le développement sensori-moteur de l'enfant. Un parcours de recherche, Toulouse, érès, coll. « La vie de l'enfant ».
- Brougère, G. (2015). Jeu et apprentissage à l'école maternelle: mythe ou réalité?. *Jeu et temporalité dans les apprentissages*. Paris: Retz, 139-156.
- Dewey, John. *L'art comme expérience*. Gallimard, 2010
- Dewey, J. (2018). *Démocratie et éducation: suivi de Expérience et Éducation*. Armand Colin.
- Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American psychologist*, 48(4), 384.
- Ekman, P. (1999). Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, 98(45-60), 16.
- Findeli, A. (2015). La recherche-projet en design et la question de la question de recherche: essai de clarification conceptuelle. *Sciences du design*, 1(1), 45-57
- Freinet C. (1964). *Les techniques Freinet de l'école moderne*. Armand Colin.
- Freinet C. (1994). *Oeuvres pédagogiques 2*. Éditions du Seuil.
- Garnier, P. (2016). *Sociologie de l'école maternelle*. Paris cedex 14: Presses Universitaires de France.
- Gentaz, É. (2018). *La main, le cerveau et le toucher: Approches multisensorielles et nouvelles technologies*. Paris: Dunod
- Gibson, E. J. (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and the acquiring of knowledge. *Annual review of psychology*, 39(1), 1-42.
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2000). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford University Press, USA.
- Gibson, J. J. (2014). *The ecological approach to visual perception: classic edition*. Psychology Press.
- Gourlet, P. (2018). *Montrer le faire, construire l'agir. Une approche développementale de la conception mise en œuvre à l'école primaire* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Université Paris 8)
- Haag, P. & Cognard, L. (2020). *À l'école de leurs émotions*. Éditions de l'instant présent.
- Harari, Y. N. (2018). *21 Leçons pour le XXIème siècle*. Albin Michel.
- Harris, P. L. (2021). Early constraints on the imagination: The realism of young children. *Child Development*, 92(2), 466-483.
- Houdé, O. (2018). *L'école du cerveau: De Montessori, Freinet et Piaget aux sciences cognitives*. Mardaga.
- Houdé, O. (2020). *La psychologie de l'enfant. Que sais-je*
- Jouen, F., Guillois, B., David, M. & Molina, M. (2015). Des flux sensoriels à l'instrumentalisation des conduites. *Enfance*, 4, 463-475. <https://doi-org.ezproxy.u-paris.fr/10.3917/enf1.154.0463>

- Leleu-Galland, E & Samarine, F. (2020). Les pédagogies alternatives et démarches innovantes. Nathan.
- De Lièvre, B., & Staes, L. (1992). La psychomotricité au service de l'enfant. Paris: Belin.
- Lurçat, L. (1973). Luquet et le dessin de l'enfant. *Bulletin de psychologie*, 26(306), 698-700.
- Luyat, M. & Regia-Corte, T. (2009). Les affordances : de James Jerome Gibson aux formalisations récentes du concept. *L'Année psychologique*, 109, 297-332. <https://doi.org/10.3917/anpsy.092.0297>
- Médiçi, A. (1990). L'éducation nouvelle. FeniXX.
- Minichiello, F. (2017). Compétences socio-émotionnelles: recherches et initiatives. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, (76), 12-15.
- Morin, E. (2014). *Enseigner à vivre: manifeste pour changer l'éducation*. Éditions Actes Sud.
- Montessori, M. (1959). L'esprit absorbant de l'enfant. Desclée de Brouwer.
- Montessori, M., & Bernard, G. (1958/2016). La découverte de l'enfant: Pédagogie scientifique (Vol. 1). Desclée De Brouwer.
- Montessori, M. (1958/2016). L'éducation élémentaire: Pédagogie scientifique (Vol. 2). Desclée De Brouwer.
- New, R. S. (2013). Les écoles, espaces intentionnels pour l'enfance. Le cas de Reggio Emilia en Italie. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, (64), 41-52.
- Oudgenoeg-Paz, O. & Mulder, H. (2021). A perception-action approach to the early development of spatial cognition: The importance of active exploration. *Enfance*, 1, 37-50. <https://doi.org/10.3917/enf2.211.0037>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). La psychologie de l'enfant, coll.«Que sais-je?», no 369. *Les Etudes Philosophiques*, 22(3).
- Piaget, J. (1926/2018). *La représentation du monde chez l'enfant*. Presses universitaires de France
- Polesello, K. (2021, October). Le design à l'école: Une recherche pratique avec La Ruche et le Turbolabo pour questionner les enjeux de l'enseignement du design d'objet à l'école élémentaire. Nîmes.
- Preston, M. (2021). Inventer l'école, penser la co-création.
- Renier, S. (2020). Traduction inédite du texte Le corps et l'esprit de John Dewey. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'ère nouvelle*, 53(4), 103-119.
- Sander, D., & Scherer, K. (2009). *Traité de psychologie des émotions*. Dunod.
- Serres, M. (1999). *Variations sur le corps*. Editions le Pommier.
- Vygotsky, L. S. (1978). Le rôle du jeu dans le développement de l'enfant. *Mind in society*.
- Vygotsky, L. S. (2004). Imagination and creativity in childhood. *Journal of Russian & East European Psychology*, 42(1), 7-97.
- Wallon, H. (1941/2020). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Dunod.
- Winnicott, D. W. (1975). *Jeu et réalité*. Éditions Gallimard. Paris.



Chapitre 2

La petite enfance
à l'ère numérique

– retour sur le
MOOC #petiteculnum.

*« Il faut immerger les enfants en
Numérie afin qu'ils ne soient pas
"programmés par le numérique"
mais "programment eux-mêmes le
numérique et en soient les
acteurs et les maîtres »*

Guy Mamou-Mani, 2018

Préambule • Lorsque j'ai commencé ma thèse, l'un des premiers colloques auquel j'ai assisté s'intitulait « Le numérique des tout-petits » et avait été organisé par La Fondation pour l'Enfance dans l'objectif de :

« susciter la prise de conscience des professionnels et des décideurs de l'enfance, des acteurs du numérique et des leaders de l'opinion - prescripteurs auprès des familles - sur les enjeux de cadrage des différents usages numériques chez les enfants de 0 à 6 ans et leur famille ».

L'enjeu était clair, et annonçait les prémices des nombreux débats, à la fois scientifiques, pédagogiques, politiques et sociaux, qui suivraient et se poursuivent encore aujourd'hui sur le sujet de la relation du jeune enfant au numérique aujourd'hui, dans une société de plus en plus digitalisée.

•

Les recherches concernant la relation du jeune enfant aux outils numériques se sont multipliées en France et (par exemple : Clément, 2020, Esseily & Guellai, 2018, Grugier & Villemonteix, 2017) ces dernières années, dans différentes disciplines (telles que les sciences de l'éducation, la psychologie du développement ou encore les sciences cognitives). C'est dans ce contexte que nous avons souhaité étudier ou plutôt investiguer avec Léa Lenglant, alors interne en pédiatrie et Lisa Jacquy, docteure en sciences cognitives. Notre recherche s'est traduite sous la forme d'un MOOC¹ que nous avons intitulé « La petite culture numérique - Le développement du tout-petit à l'ère numérique » (raccourci dans la thèse sous le terme de MOOC #petiteculnum).

Entre janvier et octobre 2020, nous sommes allées à la rencontre d'acteurs et actrices interdisciplinaires, expert-es de notre sujet abordant alors notre sujet sous l'angle de différents points de vue qu'ils soient scientifique, pratique ou politique. Les entretiens ont été filmés, retranscrits et découpés pour être finalement montés en 5 épisodes de 30 minutes à destination des professionnel-les de la petite enfance, en santé ou en éducation, ainsi que des familles.

¹ MOOC pour *Massive Open Online Course*, soit un cours en ligne à destination du grand public.

Ainsi, ce chapitre intitulé « La petite enfance - à l'ère numérique » ne s'appuie pas uniquement sur une revue de la littérature scientifique traitant de la relation du jeune enfant au numérique aujourd'hui en France, mais également sur des entretiens réalisés entre 2019 et 2021 auprès de parents et professionnel·les de petite enfance (qui ont inspiré la création de notre MOOC) , ainsi que sur le contenu des 5 épisodes du MOOC #petiteculnum.

Avant d'aborder la suite de ce chapitre, j'aimerais revenir sur la distinction entre les notions de « numérique » et d' « écran » qui me paraît essentielle. Serge Tisseron, psychiatre et psychologue, également co-fondateur de l'association « 3-6-9-12 »² dont l'intérêt pour la relation enfant/écran s'illustre au travers de nombreuses publications (Stiegler & Tisseron, 2010, Tisseron, 2017, 2018 entre autres), les définit ainsi :

Numérique : « Le numérique est un système de codage de l'information qui permet de transcrire du verbal, du visuel, etc. en suite de nombres afin restituer l'information. Le numérique n'est pas un média mais un support – l'élément commun à tous les médias. »

Écran : « L'écran est l'interface qui permet de visualiser des informations qui ont été mises sous une forme numérique et qui sont ensuite rendues accessibles sous une forme visuelle. »

Si l'écran est un outil numérique, on ne peut pas pour autant réduire les usages numériques aux seuls usages des écrans. Serge Tisseron s'est d'ailleurs lui-même intéressé aux autres interfaces numériques : les robots (2015) puis les interfaces conversationnelles (2020), ou encore les jeux vidéo et la réalité virtuelle (2022) - tout autant d'outils utilisés dans divers contextes, en pratique de soin et en éducation par exemple, offrant une pluralité d'usages.

Dans ce chapitre, nous décrivons dans un premier temps, le MOOC #petiteculnum - démarche, contenu et formation. Puis, nous détaillerons certaines contributions issues de ce travail d' « enquête-crédation » (Nova, 2021) portant sur le développement du jeune enfant à l'ère numérique. Enfin nous aborderons la question complexe de l'éducation au numérique dès la petite enfance, contexte dans lequel s'insère la création des dispositifs que nous décrivons en deuxième partie de thèse.

² L'association « 3-6-9-12 » est un regroupement de praticiens de terrain, de chercheurs et d'universitaires, qui souhaitent participer à une éducation du public aux écrans et aux outils numériques en nous appuyant sur les balises 3-6-9-12 imaginées par Serge Tisseron : <https://www.3-6-9-12.org/>

Note à la lecture • Avant de poursuivre la lecture de ce chapitre, je vous invite lecteur ou lectrice de ce manuscrit, à regarder les 5 épisodes du MOOC #petiteculnum. Si le temps venait à manquer, vous pouvez également visionner le documentaire de 52 minutes issu de ce MOOC.
> <https://www.premierscris.cri-paris.net/mooc>

2.1. Le MOOC #petiteculnum.



Figure 1 : Extrait du MOOC #petiteculnum
(Réalisation : Xavier Desplas pour la MOOC Factory du Learning Planet Institute)

Aparté • Lorsque j'ai commencé mon doctorat, je me suis longuement interrogée sur ma capacité à embrasser toute la complexité du sujet que je souhaitais aborder : la relation du jeune enfant au numérique aujourd'hui en France. Je me sentais non seulement démunie face à la montagne de problématiques auxquelles le sujet de ma thèse se confrontait ; et je ne savais où chercher, en tant que designer, le contenu scientifique qui me permettrait d'appuyer mon travail de recherche en design.

La réalisation d'entretiens auprès d'expert-es du sujet est ainsi devenu un moyen de m'informer et d'enrichir mes réflexions de jeune chercheuse. Assez rapidement, je me suis aperçue que les participant-es aux entretiens se répondaient les uns aux autres, et que les contenus uniques de ces entretiens constituaient de véritables supports de recherche. *Comment valoriser ainsi scientifiquement un contenu d'investigation ? Et comment le rendre accessible au plus grand nombre ?* La création d'un MOOC est alors apparue comme une réponse possible à ces questionnements.

Utilisé pour la première fois en 2008 par Dave Cormier au Canada, le terme de MOOC (pour *Massive Open Online Course*, soit cours en ligne en français) s'est démocratisé en France avec la création de la plateforme FUN-MOOC (France Université Numérique) en 2013 (Trestini et. al, 2016). Cette plateforme du gouvernement français avait pour objectif principal d'intégrer le numérique à l'enseignement supérieur. Le phénomène des MOOCs ne touche pas uniquement le monde universitaire, mais également de nombreux·ses apprenant·es qui souhaitent eux·elles aussi se former sur des sujets divers (Mongenot, 2016). En mars 2021, la plateforme FUN-MOOC avait déjà rassemblé 2,5 millions d'utilisateurs et utilisatrices, dans le monde entier³.

C'est en considérant les opportunités offertes par ces supports numériques de formation, que nous avons créé le MOOC « La petite culture numérique : le développement du tout-petit à l'ère numérique » (ici écourté sous le terme de #petitecultnum). La création de ce MOOC résulte de deux sources de motivation principales. La première motivation repose sur la complexité du sujet qui ne peut être abordée par un·e seul·e chercheur·se sous le spectre d'une seule discipline. La deuxième motivation porte sur notre intérêt, en tant que qu'équipe de création du MOOC, à vouloir créer du lien entre la science, le design et la société.

Dans cette première partie de notre deuxième chapitre, nous présenterons dans un premier temps notre démarche, puis nous expliquerons les contexte de création du MOOC #petitecultnum ainsi que l'état de l'art que nous avons réalisé en amont de sa création. Enfin nous décrirons le contenu de ce travail qualifié « d'enquête-crédation » pour reprendre les termes du chercheur et anthropologue, également enseignant à la HEAD (la Haute École d'Art et Design située à Genève en Suisse), Nicolas Nova.

2.1.1. Une démarche d'« Enquête-Création ».

Dans son ouvrage intitulé *Enquête/création en design*, Nicolas Nova (2021) questionne le rapport entre recherche et société, et comment la création peut y répondre. C'est ainsi qu'il introduit le concept d'« Enquête/Création » qu'il théorise autour des 4 qualités du designer-enquêteur·trice :

- (1) la clarification d'une posture de recherche,
- (2) la construction d'une thématique, d'un objet de recherche étudié autour de questionnements,

³ <https://www.fun-mooc.fr/fr/a-propos/>

(3) un protocole d'enquête ou mode d'appréhension rigoureux dans l'étude de « situations naturelles » et enfin,

(4) des formes de restitution multiples, ne prenant pas forcément la forme d'un écrit. C'est ainsi que l'enquête/création peut répondre au double-mouvement de compréhension du monde et d'intervention dans un processus de recherche situé, temporellement et spatialement - dans lequel la dimension collective est fondamentale. Analysons maintenant en quoi le MOOC #petiteculnum constitue-t-il une véritable « enquête-création » telle que définie par Nova.

- **Le MOOC #petiteculnum : une enquête/création [Figure 2]**

Le MOOC #petiteculnum s'inscrit autour d'une thématique : la relation du jeune enfant au numérique aujourd'hui en France (2). Autour de cette thématique, nous nous sommes posées de nombreux questionnements parmi lesquels : *Quels sont les messages transmis auprès du grand public ? Quelle est l'influence de l'utilisation des outils numériques sur le développement du jeune enfant ? Où en est la recherche à ce sujet ? Comment les outils numériques sont-ils utilisés en pratique ? Peut-on parler de culture numérique ?* (2) Lisa Jacquy, Léa Lengart et moi-même avons adopté une double-posture d'investigation et de création puisque nous ne détenions pas les connaissances qui permettraient de répondre à ces questionnements. Au contraire, nous souhaitions interroger les personnes à même de répondre à ces derniers afin de créer un contenu à la fois rigoureux scientifiquement, et ancré dans des pratiques de terrain (1). Pour cela, nous avons rédigé ensemble des questionnaires d'entretien semi-directifs afin de ne pas perdre de vue nos questionnements de départ (3).

À partir de nos guides d'entretien (spécifiquement créés pour chaque intervenant-e), nous avons réalisé des entretiens filmés d'une trentaine de minutes environ sur les lieux de travail des intervenant-es, dans les locaux du CRI⁴ ou bien en visioconférence (lorsque le déplacement n'était pas possible en raison de la pandémie de Covid-19) (3). En repartant de nos questionnements de départ, nous avons monté 5 épisodes de 25 à 30 minutes reprenant chaque questionnement - le contenu de ces épisodes sera décrit un peu plus tard. Notre MOOC prend ainsi la forme d'une enquête documentaire illustrée, croisant ces entretiens de manière vivante et chorale (4).

⁴ Centre de Recherche Interdisciplinaire, devenu depuis Learning Planet Institute

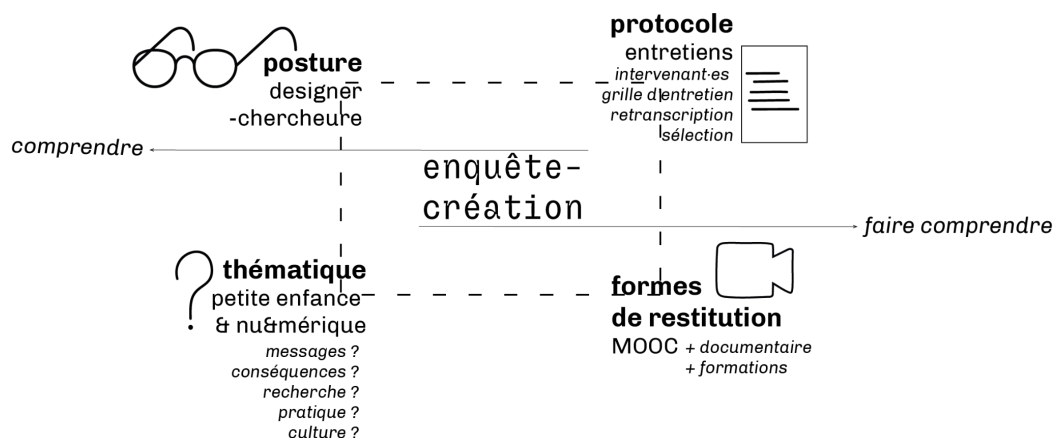


Figure 2 : L'Enquête-Création (selon Nicolas Nova) autour du MOOC #petiteculnum.

• Un processus situé

La réalisation du MOOC #petiteculnum s'inscrit dans le double mouvement dont parle Nicolas Nova (2021) c'est-à-dire une compréhension du terrain (*comprendre*) et une interprétation des enjeux transportés par ce dernier (*faire comprendre*) grâce au processus dit d'« enquête-création » (tel que décrit dans la Figure 2). En effet, le MOOC s'inscrit à la fois dans un objectif de compréhension du monde et plus précisément de la société française actuelle. Il s'agit de comprendre l'influence du numérique sur le développement des tout-petits : enjeux et impacts, travaux de recherche en cours et projets de politiques publiques, pratiques à l'école ou en cabinet etc. Il s'agit aussi de proposer un mode d'intervention qui puisse s'inscrire dans un processus de formation à destination de celles et ceux qui prennent soin des jeunes enfants - les familles mais également l'ensemble des acteurs et actrices de la petite enfance, en crèche, en maternelle et dans les pratiques de soin.

L'enjeu majeur de ce processus en situation est double : il s'agit à la fois de comprendre et de faire comprendre, d'apprendre et « d'apprendre à apprendre » pour reprendre les termes de François Taddéi (2020). Dans cette double-posture *d'apprenant-e-sachant-e*, nos découvertes sont des partages. De plus, nous partageons aussi cette double singularité évoqué par Nova, c'est-à-dire que nous créons à la fois un dispositif qui s'inscrit dans un processus d'enquête dont les résultats seront diffusés au plus grand nombre, et ce dispositif est intrinsèquement situé temporellement et spatialement, dans le contexte de la petite enfance en

France, aujourd'hui⁵. La frise chronologique présentée ici permet de décrire les étapes de création du MOOC [Figure 3].

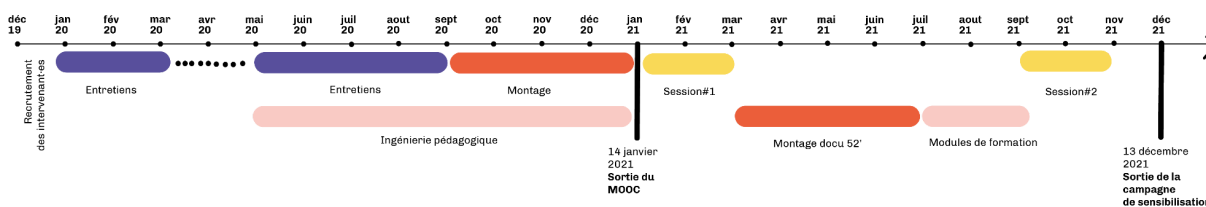


Figure 3 : Le processus de recherche et de développement autour du MOOC #petitecultnum

Comme vous pouvez le voir sur cette frise chronologique, le MOOC a fait l'objet de 2 sessions de formation sur FUN-MOOC. Nous avons poursuivi nos efforts afin de rendre le contenu accessible au plus grand nombre par la création de deux modules de formation - à destination des familles et des professionnel·les. Enfin, nous avons réalisé et sorti une campagne de sensibilisation, illustrée par Cécile Barraud de Lagerie, en collaboration avec la journaliste indépendante Marie-Amélie Laroze.

- **Une dimension collective**

Enfin, il est important d'insister sur la dimension collective d'un projet relativement ambitieux, à la fois travail de documentation vidéo et outil pédagogique :

- L'équipe initiatrice du projet - composée de Lisa Jacquy, Léa Lenghart et moi-même. Nous avons toutes trois rédigé les questionnaires, réalisé les entretiens, sélectionné les passages intéressants en fonction de nos questionnements de départ et assisté le réalisateur dans le montage des épisodes, ainsi que l'illustratrice dans le choix des passages à illustrer. L'équipe initiatrice a également accompagné les ingénieures pédagogiques dans la réalisation des contenus à destination des participants.
- L'équipe de réalisation composée du réalisateur Xavier Desplas, assisté de Margot Ladroue, a filmé chaque entretien et monté ensuite chaque épisode en étroite collaboration avec l'équipe initiatrice, qui a guidé le contenu des entretiens sélectionnés. Cette équipe a réalisé le travail de montage vidéo et sonore, ainsi que l'intégration des éléments graphiques et sonores de types illustrations, titres, ou bande son (réalisée en collaboration avec Simon Hill et OVAOM).

⁵ Nous pouvons préciser ici que le contexte de création du MOOC #petitecultnum a fortement été impacté par la pandémie de Covid-19. D'abord, dans la réalisation des entretiens au premier semestre 2020 et ensuite d'un point de vue plus général sur l'évolution sociétale autour de cette thématique puisque les outils numériques et notamment les écrans ont été très sollicités par les familles et les enseignant·es pour garder une forme de contact ou de continuité pédagogique, même à distance.






- L'ensemble des animations illustrées ont été réalisées par Cécile Barraud de Lagerie. L'illustratrice et graphiste indépendante, a d'abord dessiné sur papier, puis scanné et mis en mouvement numériquement, les animations illustrées qui dynamisent le contenu du MOOC.
- Enfin, l'équipe d'ingénierie pédagogique s'est composée de Léonor Tourneboeuf, Alexandra Laurent et Eloïse André - dans l'ordre d'arrivée sur le projet. Léonor Tourneboeuf a d'abord réalisé un travail de prospection sur le contexte d'utilisation du MOOC afin de définir le profil et les attentes des futur-es participant-es. Une fois les épisodes montés, Eloïse André, sous les conseils d'Alexandra Laurent ont co-créé les activités pédagogiques (en lien avec l'équipe initiatrice du projet) et pensé les différentes formes d'interactions avec la communauté (*forum, nuages de mots, padlet de présentation des participant-es*). Toutes deux ont également mis en ligne la formation (épisodes et activités) sur la plateforme FUN-MOOC afin de le rendre accessible aux participant-es, et de pouvoir démarrer une première session de formation.

2.1.2. Le contenu

Le succès d'un MOOC repose essentiellement sur la qualité de ses intervenant-es (Cisel & Bruillard, 2013) qui transmettent leurs connaissances sous la forme d'entretiens filmés, souvent enrichies de supports graphiques (diapositives, diagrammes, vidéos, etc.) Puisque les sujets abordés dans ces formations en ligne se diversifient, il ne s'agit plus seulement de transmettre un savoir scientifique, les savoirs peuvent être pratiques, abordant une pluralité de sujets de société (politique, social, artistique entre autres). C'est ainsi que nous avons sélectionné un panel d'intervenant-es interdisciplinaires, et que chaque épisode du MOOC #petiteculnum aborde finalement des thématiques autour de la relation triadique - science/design/terrain.

- **Les intervenant-es**

Pour réaliser notre MOOC, nous avons interrogé 39 intervenant-es que l'on peut diviser en 5 catégories⁶ :

- 
 - Les chercheur-es académiques affilié-es à un laboratoire universitaire dans les domaines de la psychologie du développement, des sciences cognitives, des sciences de l'éducation ou encore de la sociologie.
- 
 - Les professionnel-les de terrain dans les milieux de la santé ou de l'éducation, de 0 à 6 ans : éducatrices de jeunes enfants, enseignantes de maternelles, orthophonistes, psychologues, médecins ou encore psychomotricien-nés, etc.
- 
 - Les designers et entrepreneur-ses qui portent des projets d'éveil à l'éducation au numérique pour les jeunes enfants.
- 
 - Les représentant-es d'institutions, politiques ou non, intégré-es aux ministères ou à des associations par exemple.
- 
 - Et enfin, des familles, parents de jeunes et très jeunes enfants.






- **Les épisodes**

Le MOOC #petiteculnum est composé de 5 épisodes tel que décrit dans le **Tableau**

1.

⁶ La liste complète des intervenant-es et leur profil est disponible en ligne sur le site de Premiers Cris au lien suivant : <https://www.premierscris.cri-paris.net/les-intervenants-mooc>

Tableau 1 : Courte description des 5 épisodes du MOOC #petiteculnum

Épisode	n*	Titre & Résumé
	1	<p>Un ensemble de problématiques. Cet épisode pose le contexte du MOOC, c'est-à-dire le panel de questionnements ainsi que les messages aujourd'hui reçus par le grand public au sujet de l'utilisation des outils numériques par le jeune enfant.</p>
	2	<p>Un développement logique. Afin de répondre aux questions liées à l'impact du numérique sur le développement du jeune enfant, nous analysons quatre éléments fondamentaux du développement sur lequel l'utilisation d'outils numériques pourrait avoir une influence : le jeu, la relation parents-enfants, le langage, et le développement sensorimoteur.</p>
	3	<p>Ça se complique. Cet épisode présente le point de vue de la recherche, et propose plus précisément de se questionner sur les recommandations actuelles, les biais de recherche ou les raccourcis parfois utilisés dans les médias, en éclairant les participant-e-s sur des notions précises telles que le scientisme ou la différence entre corrélation et causalité.</p>
	4	<p>En pratique. À la maison, en crèche, à l'école ou en cabinet de soin, cet épisode explore les usages des outils numériques, qu'ils soient pédagogiques, ludiques ou bien thérapeutiques.</p>
	5	<p>Magique, ludique, cosmique. Les enfants grandissent dans un monde digitalisé au sein duquel ils et elles interagissent avec de multiples outils : écrans, robots ou assistants vocaux. De ces nouvelles pratiques émerge une culture que l'on peut qualifier de « culture numérique », investiguée dans cet épisode.</p>

2.1.3. La formation

La première session de formation du MOOC #petiteculnum a démarré le 14 janvier 2021 sur FUN-MOOC, et s'est clôturée le 28 février 2021, ce représente un total de 46 jours. La deuxième session de formation s'est déroulée sur 46 jours, du 30 septembre 2021 au 14 novembre 2021. Elles ont réuni à elles deux 7630 inscrit-es.

- **Contenu de la formation**

Le MOOC#petiteculnum se déroule en 5 étapes principales chacune composée de :

- Un épisode (vidéo) d'environ 30 minutes ;
- Un contenu pédagogique sous formes d'activités individuelles (questionnaires à choix unique ou multiples, avec ou sans réponses argumentées) et d'activités collaboratives (partage de ressources, participation à un nuage de mot, un wiki, ou une carte mentale, ou encore création de scénarios pédagogiques) ;
- Et d'une bibliographie.

Nous avons ajouté une sixième étape « bonus » avec un exercice de mise en pratique avec la création d'un scénario pédagogique intégrant des outils numériques - nous décrirons la notion de « scénario pédagogique et numérique » dans le chapitre 3.

Afin d'expliquer les enjeux du MOOC #petiteculnum, revenons ensemble sur le déroulé de la première session. Durant 6 semaines, nous avons organisé des webinaires⁷ hebdomadaires diffusés en direct sur la chaîne Youtube de Premiers Cris, et enregistrés pour être mis en ligne sur la plateforme de FUN. Chaque webinaire réunissait 2 ou 3 intervenant-es du MOOC, qui après une courte présentation de leurs travaux en science, en design ou sur le terrain répondaient aux questions de la communauté, alors présente virtuellement. En parallèle, l'animation continue du forum sur FUN permettait aux participant-es de poursuivre leurs interactions sur des sujets en lien avec l'épisode de la semaine, ou bien les épisodes précédemment diffusés.

La deuxième session s'est déroulée de manière similaire avec 5 séquences obligatoires, plus une bonus. Nous avons organisé 3 webinaires avec l'équipe de création du MOOC à l'occasion de la sortie hebdomadaire des épisodes 1, 3 et 5.

⁷ Un webinaire est « séminaire dont les participants communiquent à distance via Internet. » (Le Robert)

- **La formation en quelques chiffres⁸**

La première session de formation a réuni 5498 inscrit-es originaires de France et d'autres pays francophones parmi lesquels le Maroc, la Belgique, Haïti et l'Algérie. Les participant-es étaient majoritairement des femmes (85%), des professionnel·les de santé (27%) ou des familles (21%). Leur principale source de motivation (pour 60% d'entre eux-elles) pour participer à ce MOOC était de vouloir enrichir leurs connaissances sur le sujet.

Les résultats suivants s'appuient sur les informations fournies par FUN, c'est-à-dire les statistiques de suivi de la formation ainsi que des questionnaires pré/post formation remplis par les participant-es. Le premier résultat présenté ici est le taux d'inscrit-es ayant obtenu l'attestation de suivi⁹, qui s'élève à 24%. Il correspond aux participant-es ayant obtenu un taux de réussite aux activités individuelles de plus de 60%¹⁰. Le taux de complétion, le pourcentage d'inscrit-es ayant visionné toutes les vidéos et participé à toutes les activités (individuelles et collaboratives) s'élève quant à lui à environ 10%¹¹ - ce qui est relativement classique pour un MOOC de ce type (Cisel & Bruillard, 2013 ; Nleme & Molinari, 2020)

Les participant-es s'estiment globalement satisfait-es puisque 96% des participant-es ayant répondu aux questionnaires de fin de MOOC ont déclaré que cette formation avait satisfait leurs attentes et ils-elles sont également 95% à affirmer pouvoir mettre en pratique les connaissances acquises lors de cette formation. Une large majorité (91%) a également affirmé vouloir conseiller le MOOC à leur entourage, dans le cadre personnel ou professionnel. Nous constatons également une évolution positive de la perception de leurs propres connaissances de la part des participants, puisque l'on a une augmentation de 37% de participant-es se déclarant en niveau "avancé" suite à la formation.

Ces chiffres relativement encourageants démontrent l'intérêt de la société civile pour ce sujet. Maintenant que nous avons présenté en détails la démarche, le contenu et la formation du MOOC #petiteculnum, intéressons nous aux contributions apportées par ce travail d'enquête/création au niveau du développement et de l'éducation du jeune enfant à l'ère du numérique - plus qu'un sujet de recherche, un sujet de société !

⁸ À partir de questionnaires pré-établis par FUN ainsi que d'autres créés par notre équipe.

⁹ Cette attestation de suivi n'a pas une valeur diplômante, elle constitue pour le-la participant-e une preuve de formation qui peut être valorisée lors d'entretiens professionnels par exemple.

¹⁰ Les activités collaboratives n'ont pas pu être prises en compte dans ce taux de réussite.

¹¹ On remarque alors qu'on avait un noyau d'environ 10 % qui était bien présent et actif. Pour rappel, au niveau de l'évaluation du MOOC, l'approche pédagogique de l'équipe n'était pas tant focalisée sur l'évaluation sommative des connaissances mais plutôt sur les échanges et les interactions entre les apprenants (d'où la présence d'activités collaboratives).

2.2. Le développement du jeune enfant à l'ère du numérique

Les jeunes enfants passent de plus en plus de temps devant les écrans et sur internet (tout comme les adultes d'ailleurs) : selon une enquête réalisée par IPSOS Connect en 2016 et relayée par la Fondation pour l'Enfance lors du colloque intitulé « La vie numérique des tout-petits », les enfants de 1 à 6 ans passaient en moyenne 4h10 sur internet¹². Ce chiffre est passé à 4h37 en 2017 toujours selon une étude réalisée par IPSOS et intitulée 'Junior Connect' 2017 pour l'UNAF (Union des Affaires Familiales)¹³.

C'est ainsi que la Société Française de Pédiatrie s'est emparée du sujet en 2018 - faisant suite aux rapports publiés par l'Association Américaine de Pédiatrie en 2016 (AAP, 2016) et la Société Canadienne de Pédiatrie en 2017 (SCP, 2017). Ce rapport, peu étayé scientifiquement (une dizaine de références dont la plupart ne sont pas issus de travaux académiques) à destination des professionnel·les de santé et des familles se résume en 5 recommandations, parmi lesquels la « dédramatisation » des écrans ou encore le fait de privilégier des temps sans écran (Picherot et. al, 2018). En parallèle deux messages de prévention « grand public » circulent principalement sur le sujet : la règle de « 3-6-9-12 » porté par l'association du même nom et son créateur Serge Tisseron (2018) [Figure 3] et la règle dite des « 4 pas » porté par Sabine Duflo [Figure 4].

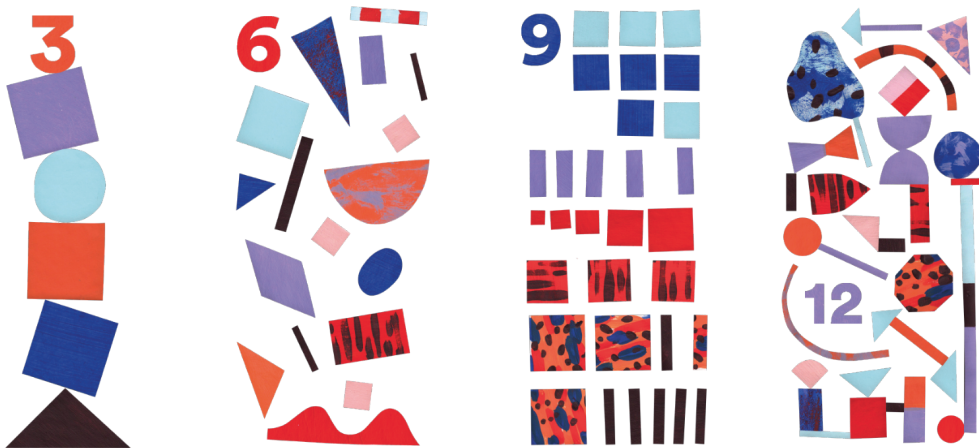


Figure 3 : Les balises « 3-6-9-12 » de Serge Tisseron comportent les messages suivants :

- Avant 3 ans : Jouons, parlons, arrêtons la télé.
- De 3 à 6 ans : limitons les écrans, partageons-les, parlons en famille
- De 6 à 9 ans : créons avec les écrans, expliquons-lui Internet
- De 9 à 12 ans : apprenons-lui à se protéger et à protéger ses échanges
- Après 12 ans : Restons disponibles

¹² Chiffres cités dans « Familles connectées », Réalités familiales, Unaf, n° 114-115, 2016.

¹³ file:///Users/criuser/Downloads/152000_guide-parents-unaf-enfants-et-ecrans%20(1).pdf

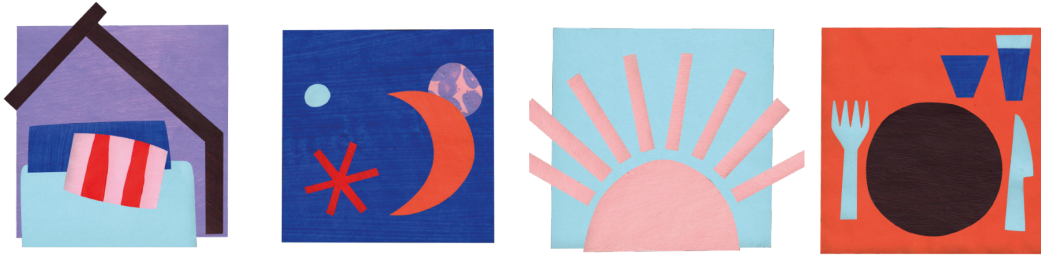


Figure 4 : La règle des « 4 pas » porté par Sabine Duflo indique les messages suivants : Pas d'écran avant dans la chambre/ avant d'aller se coucher / le matin, avant d'aller à l'école/durant les repas (Illustrations : Cécile Barraud de Lagerie)

Les polémiques sur le sujet sont nombreuses et les médias se sont largement emparés de ce sujet à travers la publication d'articles de journaux¹⁴, la réalisation de reportages télévisés¹⁵ ou encore l'enregistrement d'émissions de radio¹⁶. En parallèle la publication d'ouvrages aux titres tout aussi alarmistes se multiplie¹⁷. Un projet de loi (toujours en cours de réalisation à l'heure où j'écris ces mots) intitulé « La surexposition aux écrans pourrait être le mal du siècle »¹⁸ est porté par la députée Caroline Janvier. De l'autre côté, la recherche avance à petits pas en comparaison aux avancées technologiques. Quoi qu'il en soit, la question du numérique se résume globalement à l'utilisation des interfaces à écran - télévision, tablette, ordinateur, smartphone, alors que d'autres outils numériques font leur apparition dans le quotidien des enfants.

Dans cette deuxième partie de notre chapitre 2, nous nous appuyerons principalement sur les contributions notre MOOC #petiteculnum, grâce au partages des connaissances de nos différent-es intervenant-es. Nous évoquerons dans un premier temps l'influence des écrans sur le développement de l'enfant puis nous reviendrons sur quatre éléments fondamentaux du développement sur

¹⁴ Tribune publiée le 31 mai 2017 - « La surexposition des jeunes enfants aux écrans est un enjeu majeur de santé publique » sur le site du Monde : https://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/05/31/la-surexposition-des-jeunes-enfants-aux-ecrans-est-un-enjeu-majeur-de-sante-publique_5136297_1650684.html

¹⁵ Reportage diffusé en octobre 2020 sur Arte - Génération écrans, génération malade ? <https://boutique.arte.tv/detail/generation-ecran-generation-malade>

¹⁶ Émission « Grand bien vous fasse » diffusée le 19 septembre 2019 sur France Inter - Les réels dangers des écrans pour nos enfants : <https://www.franceinter.fr/emissions/grand-bien-vous-fasse/grand-bien-vous-fasse-19-septembre-2019>

¹⁷ On peut citer ici « La fabrique du crétin digital » écrit par M. Desmurget ou encore « Quand les écrans deviennent neurotoxiques - Protégeons le cerveau de nos enfants » de Sabine Duflo.

¹⁸ Détails du projet de loi : <https://carolinejanvier.fr/a-lassemblee-nationale/tribune-dans-le-monde-la-surexposition-des-enfants-aux-ecrans-pourrait-etre-le-mal-du-siecle/>

lesquels l'utilisation d'outils numériques et plus particulièrement les écrans, semblent avoir un impact. Enfin, nous nous attarderons à la problématique complexe que représente réellement les usages des écrans par les jeunes enfants.

2.2.1. L'influence des écrans sur le développement de l'enfant.

Les travaux de recherche scientifique s'intéressant aux impacts de l'utilisation des outils numériques sur le développement du jeune enfant se concentrent principalement à l'usage de la télévision - média sur lequel nous avons le plus de recul et qui reste le plus utilisé par les très jeunes enfants (REF). Le consensus scientifique s'accorde à dire qu'il n'y a aucun bénéfice à laisser un enfant de moins de 3 ans devant une télévision sans aucune interaction avec le reste de l'environnement (Esseily et. al, 2017).

Des études longitudinales sont en cours afin d'étudier l'impact du numérique sur le développement des enfants en France à plus long terme autour notamment de la cohorte ELFE dont les premiers résultats ont été publiés et concernent les 0-2 ans (Berthomier & Octobre, 2019). Au niveau institutionnel, le Haut Conseil de Santé Publique a publié un rapport en janvier 2020 intitulé « Effets de l'exposition des enfants et des jeunes aux écrans » grâce à l'apport de nombreux·ses scientifiques et une riche revue de la littérature priorisant ainsi un accompagnement à la parentalité et une formation adaptée aux professionnel·les - des contributions auxquelles s'attèle le MOOC #petiteculnum.

Du point de vue de la santé des enfants, les études insistent sur les risques de troubles de la vision, du sommeil et de l'obésité causés par le visionnage d'écran intensif (très longtemps et sans aucune autre interaction), avant d'aller se coucher ou encore durant le temps des repas comme nous l'explique Pauline Martinot, médecin de santé publique, actuellement doctorante en sciences cognitives :

« Plusieurs études ont démontré que quand tu regardes des écrans, ce temps est pris sur des activités physiques que tu pourrais faire, ce qui conduit à une plus grande sédentarité. Manger devant un écran nous empêche également d'être à l'écoute de notre faim et de notre satiété. [...] En médecine, nous sommes de plus en plus attentifs afin d'éviter cette augmentation de l'obésité chez les enfants, de la prise de poids, de la sédentarité, et puis tous les troubles que ça pourrait engendrer derrière comme des troubles du sommeil, des troubles de la vision, etc.»

Pauline Martinot / MOOC #petiteculnum • épisode 2

Il est intéressant de constater que ces impacts - vision, obésité et sommeil - sur la santé des enfants sont également valables tout au long de vie. Ainsi, l'intérêt public et scientifique pour la relation du jeune enfant au numérique remet-il en avant des éléments-clés du développement dès la petite enfance.

2.2.2. L'impact des écrans sur les éléments clés du développement du jeune enfant.

L'une des contributions majeures de notre MOOC #petiteculnum est la suivante : *ce n'est pas réellement l'écran qui est délétère pour le développement du jeune enfant, c'est tout ce qu'il ne fait pas lorsqu'il agit de manière passive devant un écran - soit qu'il regarde un dessin-animé seul sur une télévision ou une tablette par exemple.* C'est ainsi que dans le deuxième épisode du MOOC, nous avons mis en avant quatre éléments fondamentaux du développement du tout-petit sur lesquels semble interférer l'usage d'outils numériques.

- **La relation adulte (parent)-enfant**

La relation entre l'enfant et ses donneur·ses de soin est une relation privilégiée dans le développement du tout-petit. Il s'agit d'abord de ses parents puis de tous les adultes qui en prennent soin au sein de la famille puis les différents lieux fréquentés par le jeune enfant que sont la crèche, l'école maternelle ou encore les lieux culturels de type musée ou médiathèque. Avec l'utilisation des outils numériques, on observe un phénomène qualifié de « technoférence parentale » et définit ainsi par Marie-Noëlle Clément, directrice de l'hôpital de jour André Bouloche à Paris et également co-fondatrice de l'Association « 3-6-9-12 » :

« On parle aujourd'hui de "technoférence parentale", c'est-à-dire le fait qu'un appareil numérique ou un appareil technologique va venir s'interposer dans la relation entre l'enfant et le parent. Donc il y a toujours des portes d'entrée - en tout cas pour ce qui concerne les tout-petits - c'est-à-dire quelle est la consommation d'écran des enfants, et comment les accompagner/les protéger au mieux ? Et quel est l'usage des écrans par les parents en présence de leurs enfants ? »

Marie Noëlle Clément / MOOC #petiteculnum • épisode 2

Ce phénomène a des conséquences directes sur la relation entre l'enfant et l'adulte qui en prend soin, puisque cette dernier·e qui est en train d'utiliser un outil numérique, interagit moins voire pas du tout avec l'enfant - pourtant en demande d'un contact visuel, de mimiques ou encore de paroles qui viendront enrichir son langage et son développement.

Parallèlement, il est important de préciser que les usages numériques des jeunes enfants dépendent totalement des usages qui vont être proposés par l'adulte. Le tout-petit ne se dirigera pas seul vers un usage numérique si on ne lui a jamais montré ce que c'était et comment cela fonctionne. Comme le précise Thierry Cardoso¹⁹, il s'agit de s'interroger sur la relation d'interdépendance entre l'enfant, l'adulte et l'environnement qui les entoure (qui peut-être effectivement numérique). Cette relation triadique se construit aussi avec le développement du langage.

- **Le langage**

« Le développement du langage chez l'enfant est rendu possible à la fois par les prédispositions de l'enfant et qui sont ancrées dans son cerveau dès la naissance, et par un environnement qui va favoriser ces apprentissages. Quand bien même l'enfant a un cerveau qui possède les mécanismes qui permettent d'apprendre à parler, si on ne lui parle pas, s'il n'entend pas de langage, il n'apprendra pas à parler. L'un ne va pas sans l'autre : les prédispositions de l'enfant et ce qu'apporte son environnement sont absolument cruciaux dans le développement du langage.»

Franck Ramus / MOOC #petiteculnum • épisode 2

Le langage est souvent mentionné quand on évoque les impacts du numérique sur le développement du tout-petit. L'étude réalisée par la médecin généraliste Manon Collet à ce sujet a été largement médiatisée démontrant ainsi des inquiétudes grandissantes dans la société civile. Dans cette étude, la médecin a tenté de démontrer la corrélation suivante : plus un enfant passerait de temps devant la télévision le matin avant d'aller à l'école, moins il développerait correctement ses compétences langagières (Collet et. al, 2019).

Nous avons interrogé Franck Ramus, directeur de recherche au CNRS à propos de cette étude, qui est selon lui à analyser avec précaution. En effet, il existe de nombreux autres facteurs qui expliquent un retard de développement langagier au-delà du visionnage de la télévision, tels que le milieu socio-économique de la famille, la qualité du contenu regardé ou encore les soins accordés au quotidien à ces enfants. Le visionnage de la télévision le matin ne peut expliquer à lui seul un retard de langage, il est plutôt le symptôme d'une situation bien plus complexe.

Un autre point de vigilance est amené par le neuroscientifique : les praticien·nes de santé reçoivent en grande majorité des enfants qui rencontrent des

¹⁹ À la tête du programme « Agir pour bébé » de Santé Publique France devenu depuis les « 1000 premiers jours » : <https://www.1000-premiers-jours.fr/fr>

difficultés - il existe donc ce qu'on l'appelle un « biais de recrutement ». Ce n'est pas parce que les professionnel·les de santé reçoivent une majorité d'enfants qui passent beaucoup de temps devant la télévision, que la majorité des enfants de la population française passent beaucoup de temps devant la télévision - et qu'en plus cela expliquerait un impact quelconque sur leur développement. L'influence de l'environnement dans toute sa complexité est un facteur essentiel à prendre en compte. Ceci s'applique également pour le développement sensori-moteur que nous allons maintenant aborder.

- **Le développement sensori-moteur**

Le troisième élément du développement de l'enfant sur lequel le numérique pourrait avoir un impact concerne le développement sensori-moteur. Comme nous l'avons détaillé en chapitre 1, ce pilier du développement s'effectue à travers l'exploration active de l'enfant dans son environnement (1.1.2) - ce que décrit également le psychomotricien Aurélien d'Ignazio que nous avons interrogé dans le MOOC #petiteculnum :

« L'expérience sensori-motrice nécessaire à l'enfant se situe dans son environnement. Il part des informations sensorielles pour construire des réponses motrices appropriées à cet environnement : il sent, il touche, il goûte, il construit, il organise son regard en fonction de ce qu'il manipule, il interagit avec l'autre en communication verbale et en communication non-verbale. L'enfant s'ajuste sans cesse à son environnement. »

Aurélien d'Ignazio / MOOC #petiteculnum • épisode 2

Aujourd'hui cet environnement est aussi numérique, c'est pourquoi Aurélien d'Ignazio a choisi d'associer des activités avec et sans outils numériques dans sa pratique. Cela permet à l'enfant d'ajuster son comportement aux différentes stimulations environnementales, y compris sensorielles, de son environnement aussi composé d'interfaces numériques. Selon le psychomotricien, la tablette tactile pourrait constituer un outil de développement de la motricité fine de l'enfant à travers des gestes simples - glisser, repousser, cliquer, alors complémentaires d'autres activités manuelles tels qu'enfiler un collier de perles ou tracer des traits au crayon. Cette idée est également appuyée par Grégoire Borst, directeur du Lasydé (Laboratoire de Psychologie du Développement et de l'Éducation de l'Enfant), qui indique dans l'épisode 2 les résultats d'une récente étude ayant comparé (en pré et post test) l'apprentissage de l'écriture en lettres majuscules chez des élèves de 5-6 ans (grande section de maternelle). Les élèves ont d'abord été testé (pré-test) à partir du traditionnel support « papier-crayon » puis ont été divisés en trois groupes

afin d'apprendre à écrire avec différents supports : « papier-crayon » (groupe 1), tablette avec stylet (groupe 2) et tablette avec tracé au doigt (groupe 3). Les résultats de cette étude ont étonnamment montré que les élèves qui utilisaient la tablette et le doigt (groupe 3) avaient obtenu de meilleurs résultats au post-test (progression plus rapide), concernant l'écriture en lettres capitales, malgré le fait que le support ait changé entre le pré et le post-test (Patchan & Puranik, 2016).

Dans notre entretien, Aurélien d'Ignazio précise également qu'il mobilise les outils numériques dans sa pratique également pour leur aspect ludique, véritable source de motivation pour des enfants-patients dans une phase de rééducation sensori-motrice. On parle alors de *serious game* pour désigner toute activité ludique qui n'a pas vocation seulement à l'amusement (ou *entertainment*), mais est utilisée pour développer des compétences, favoriser un apprentissage ou encore créer un espace de discussion (REF - Julian Alvarez).

- **Le jeu**

Le jeu constitue justement le quatrième et dernier pilier du développement évoqué ici et largement sollicité dans les travaux de Piaget et Vygotsky comme nous l'avons vu au chapitre précédent. Il est vrai que l'aspect ludique des outils numériques est souvent mis en avant - surtout lorsque l'on veut mobiliser ses outils à des fins éducatives, comme le précise Grégoire Borst :

« Le jeu est considéré comme une activité effectivement intéressante parce qu'elle a cette capacité à pouvoir maintenir la motivation intrinsèque des enfants. L'activité de jeu développe de nombreuses compétences qui sont extrêmement importantes pour les apprentissages, et notamment pour les apprentissages scolaires. Donc finalement le jeu se résume ainsi : on construit toutes les briques de base cognitives et socio-émotionnelles qui vont ensuite permettre d'acquérir un certain nombre d'outils culturels comme la lecture ou les mathématiques. On retrouve finalement l'approche socio-culturelle développée par Vygotsky et chère au corps enseignant. »

Grégoire Borst / MOOC #petiteculnum • épisode 2

Ainsi, si l'aspect ludique est une qualité mise en avant dans l'utilisation des outils numériques par les jeunes enfants, il convient de préciser que c'est la diversité des supports de jeux (jeux de société, de construction, en plein air, etc.) proposés à l'enfant qui est importante. La psychanalyste et psychologue Sophie Marinopoulos, également fondatrice de l'association « Les pâtes au beurre »²⁰ insiste aussi sur la

²⁰ <https://www.lespatesaubeurre.fr/>

nécessité de laisser de la place à l'« ennui » alors source de créativité, et souvent délaissé au profit de l'utilisation d'outils numériques, à la fois ludiques et stimulants.

En considérant les impacts des écrans sur le développement du jeune enfant, nous introduisons la question des usages qui loin d'être simpliste, relève d'enjeux multiples. Trop souvent réduite au « temps d'écran », l'utilisation des outils numériques par les jeunes enfants doit être abordée dans toute sa complexité.

2.2.3. L'usage des écrans chez les tout-petits : une problématique complexe.

Cette dernière décennie, de nouveaux types d'écrans sont apparus dans la vie des jeunes enfants : il s'agit bien évidemment des tablettes numériques (commercialisées auprès du grand public depuis 2012 seulement, le smartphone date lui de 2007). Jusqu'alors le marché des jeux vidéos ne concernait pas les jeunes enfants mais l'apparition de ces nouveaux écrans à la fois tactiles et interactifs a changé la donne. Désormais le marché du jeu numérique s'est ouvert à la petite enfance et les dispositifs à vocation pédagogique destinés aux tout-petits se sont multipliés (tout comme les sites spécialisés conseillant alors aux parents, les meilleurs choix pour leurs enfants²¹). Puisque nous nous intéressons dans cette thèse, à l'éducation au numérique des enfants de plus de 3 ans, il convient aussi de regarder du côté de leurs usages numériques - et c'est là qu'intervient la notion de complexité.

Dans son ouvrage intitulé *Introduction à la pensée complexe*, Edgar Morin nous invite à questionner notre rapport à la complexité. Nous avons tendance à vouloir simplifier les problématiques et les situations - afin de donner des repères, des règles claires. Si le temps d'écran est souvent mis en avant pour évoquer l'usage des tout-petits²², il convient pour les chercheur-es et praticien-nés interrogé-es dans notre MOOC de distinguer les usages : il ne faut pas confondre le fait de jouer sur une tablette à un jeu de reconnaissance des lettres, que de regarder un

²¹ Comme *Super Julie* <http://www.super-julie.fr/> ou *La Souris Grise* <https://souris-grise.fr/>

²² Parmi les messages transmis auprès du grand public, on retrouve les recommandations de la CNAF, du CLEMI ou autres sites dédiés à la petite enfance et qui comptent de nombreux lecteurs chaque jour :
[-https://naitreetgrandir.com/fr/etape/1_3_ans/jeux/fiche.aspx?doc=ecrans-jeunes-enfants-television-ordinateur-tablette](https://naitreetgrandir.com/fr/etape/1_3_ans/jeux/fiche.aspx?doc=ecrans-jeunes-enfants-television-ordinateur-tablette)
[-https://www.clemi.fr/fr/guide-famille-v2/maitriser-le-temps-dedie-aux-ecrans-en-famille/gerer-le-temps-decran-des-enfants.html](https://www.clemi.fr/fr/guide-famille-v2/maitriser-le-temps-dedie-aux-ecrans-en-famille/gerer-le-temps-decran-des-enfants.html)
[-https://www.mon-enfant-et-les-ecrans.fr/quel-temps-devant-les-ecrans-faut-il-accorder-a-votre-enfant/#:~:text=3%20%C3%A0%206%20ans%20%3A%2020,apr%C3%A8s%2010%20ans%20%3A%201%20h](https://www.mon-enfant-et-les-ecrans.fr/quel-temps-devant-les-ecrans-faut-il-accorder-a-votre-enfant/#:~:text=3%20%C3%A0%206%20ans%20%3A%2020,apr%C3%A8s%2010%20ans%20%3A%201%20h)

dessin-animé sur YouTube. C'est ainsi que l'usage des écrans relève selon moi de la notion de complexité définit ainsi par Morin :

« Au premier abord, la complexité est un tissu [...] de constituants hétérogènes inséparablement associés : elle pose le paradoxe de l'un et du multiple. Au second abord, la complexité est effectivement le tissu d'événements, actions, interactions, rétroactions, déterminations, aléas, qui constituent notre monde phénoménal. » (Morin, 1990/2005)

En s'inspirant de cette définition, intéressons-nous à la question des usages afin de les aborder dans toute leur complexité. Les usages dépendent tout d'abord des contextes d'utilisation, ils sont ainsi perçus comme des événements phénoménaux qui suscitent différentes interactions. Ces interactions sont permises par le choix des outils, alors support déterminant de l'usage puisqu'il possède des fonctionnalités intrinsèques propres à chacun d'entre eux. L'usage peut être individuel ou collectif, interactif ou non. Au-delà de l'outil en lui-même, il s'agit enfin de déterminer le contenu sur lequel s'appuiera l'usage - que l'on peut considérer comme le « typologie » d'usage et qui diffère d'un outil à l'autre.

- **Usages passifs / interactifs**

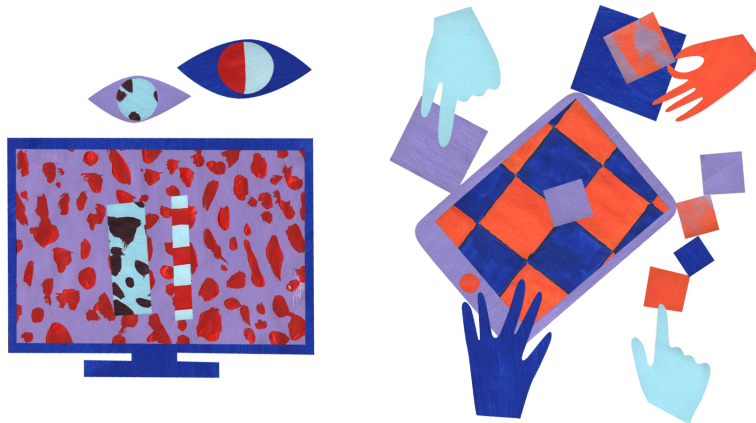


Figure 5 : Usages passifs (comme regarder un film sur un écran de télévision) vs. Usages interactifs (tablette tactile qui devient un plateau de jeu par exemple)

Dans cette distinction entre les types d'usage, il existe principalement des usages qualifiés de « passifs » et des usages dits « interactifs » **[Figure 5]**. Marie-Noëlle Clément et Olivier Duris, tous deux praticien·nes à l'hôpital de jour André Bouloche à Paris, interrogé·es dans notre MOOC les définissent ainsi :

« - L'écran interactif c'est l'écran sur lequel on peut modifier son expérience par sa propre action qui va en général passer par le toucher, par le balayage, par la souris ou le joystick selon le support sur lequel on est. L'idée de pouvoir modifier l'expérience d'écran que l'on vit.

- Face à un écran non-interactif, on est passif parce qu'on reçoit une quantité d'informations que nous envoie l'écran. Face à un écran interactif, on est plus actif parce que justement le geste, ou en tout cas la volonté de celui qui interagit avec l'écran, va avoir un impact sur l'environnement numérique qui lui est proposé.»

Marie Noëlle Clément & Olivier Duris / MOOC #petiteculnum •
Épisode 3

Si on peut distinguer les écrans « passifs » des écrans « interactifs », c'est-à-dire la télévision de la tablette tactile, il n'en reste pas moins que certains écrans interactifs peuvent être utilisés de manière passive en fonction du type d'usage privilégié comme nous l'avons évoqué précédemment - regarder un dessin-animé sur la tablette via YouTube par exemple est un usage « passif » d'un outil pourtant « interactif ». L'usage interactif n'existe que si une action est concrètement réalisée sur l'écran afin de modifier notre « expérience d'écran » ou notre « environnement numérique ».

Olivier Masson Halimi, chargé de mission à la MILDECA (Mission interministérielle de lutte contre les drogues et les conduites addictives) définit une interaction via l'outil numérique ou « pratique numérique » selon un triangle composé de :

- Une activité (par exemple, une application ludique pour apprendre à lire) ;
- Des modalités d'usage (règles du jeu, nombre de joueurs etc.)
- Un support (tablette tactile).

C'est justement ce que nous avons tenté de résumer à travers le principe des 3Cs que nous allons maintenant introduire.

- **Le principe des 3Cs**

Nous pouvons ainsi introduire une autre contribution importante du MOOC #petiteculnum : le principe des 3Cs pour *Contexte - Contenant - Contenu*, qui permet d'interroger les usages numériques des tout-petits, à travers trois questionnements :

- Où et avec qui l'enfant utilise-t-il-elle l'outil numérique ? Il s'agit du Contexte d'utilisation. Il peut s'agir du lieu alors fréquenté par le jeune enfant comme

l'école ou la maison, ainsi que de l'accompagnement relationnel de l'enfant (seul-e ou accompagné-e d'un adulte ou d'un autre enfant) ;

- *Quel est l'outil utilisé ?* Le choix du *Contenant* : télévision, tablette, smartphone, robot, radio, en somme le choix de l'interface numérique définit les fonctionnalités d'usage ;
- *Pour faire quoi ?* Enfin, le *Contenu* c'est-à-dire le choix du média proposé tels qu'une application, un dessin-animé, ou une narration sonore, sera l'origine de la typologie de l'interaction provoquée si l'enfant n'est pas passif (cliquer ou glisser, mais aussi chanter ou dessiner par exemple).

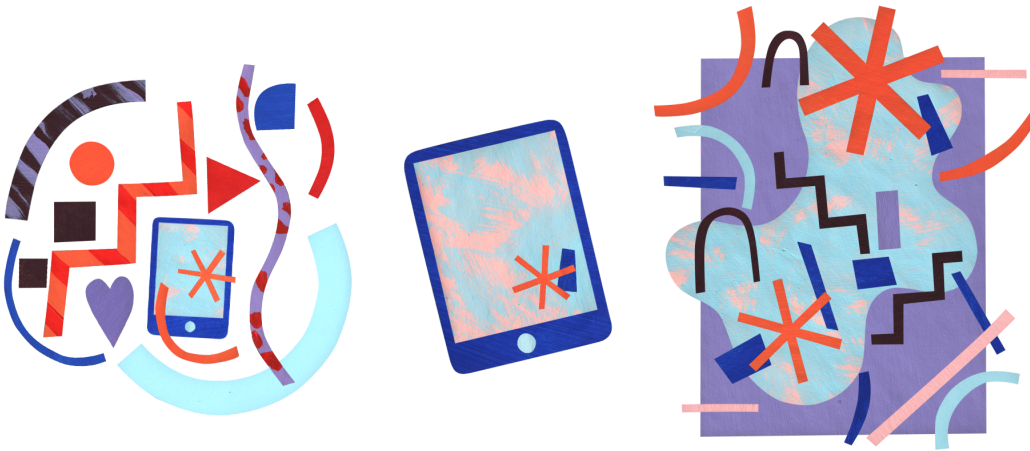


Figure 6 : Le principe des 3Cs : pour Contexte (à gauche), Contenu (au centre) et Contenant (à droite).

Tout comme la règle des « 4 pas » ou bien les balises «3-6-9-12» que nous avons évoqué précédemment, le principe des 3Cs constituent des repères pour toutes celles et ceux qui prennent soin des tout-petits. La démarche encouragée ici et bien présente dans le MOOC #petiteculnum est un éveil à l'esprit critique vis-à-vis de nos usages numériques et de ceux des tout-petits.

Non seulement ce concept introduit les fondements de la complexité des usages des écrans par les jeunes enfants, mais il peut tout à fait s'appliquer à la diversité des outils numériques qui nous entourent aujourd'hui : un robot, une interface conversationnelle ou encore un casque de réalité virtuelle. Autant d'outils numériques qui constituent aujourd'hui des supports pédagogiques de plus en plus présents dans la vie des jeunes enfants et au sein de l'école maternelle - vers une éducation au numérique dès la petite enfance.

2.3. De l'éducation au numérique à l'éducation à la culture numérique - dès la petite enfance.

Si l'on considère l'éducation comme « une adaptation dynamique au milieu » (Médici, 1990), celle-ci doit prendre en compte les récentes évolutions technologiques, et ce dès le plus jeune âge. Comme nous le rappelle Michel Serres dans « Petite Poucette » (2012), les enfants d'aujourd'hui « habitent le virtuel » - pour le philosophe, ils n'ont plus la même tête, n'habitent plus le même espace, ne parlent plus la même langue. Ainsi la « petite poucette », terme choisi pour qualifier ce pouce hyperactif qui tape avec frénésie sur l'écran du téléphone, de l'ordinateur ou du smartphone, « écrit autrement. » Il faut donc adapter notre système d'éducation à ces changements, car comme le rappelle également Morin, c'est au système éducatif de s'adapter à la société et non l'inverse, afin de répondre aux besoins et aux enjeux confrontés par les nouvelles générations :

« L'enseignement public dans son ensemble se trouve pris à contrepied par les médias et il ne sait souvent comment réagir, sinon par le mépris, à la fascination que suscitent les écrans chez les enfants et, plus largement à la "culture de masse" qui imprègne non seulement enfants et adolescents, mais la société dans son ensemble. De plus et surtout, Internet vient désormais apporter un gigantesque pêle-mêle culturel de savoirs, rumeurs, croyances, en tous genres, sorte d'école sauvage contournant l'école officielle, où viennent s'informer et se former les nouvelles générations.» (Morin, 2014)

Afin de préparer au mieux les enfants au monde de demain (et déjà d'aujourd'hui), nous partageons l'idée que l'école doit prendre en compte la révolution numérique en mouvement, bien que conscient-es des controverses qui peuvent émerger de cette posture. Ainsi, nous tenterons d'expliquer dans les paragraphes suivants quels sont les enjeux de l'éducation au numérique dès la petite enfance, et plus particulièrement au rôle que peut y jouer l'école maternelle.

2.3.1. Les enjeux de l'éducation au numérique.

Associer éducation et numérique dans une même phrase fait l'objet d'une discussion en soi : s'agit-il d'éducation « au / par / sur » le numérique ? Peu importe la liaison de coordination utilisée, il s'agit bien d'intégrer les outils numériques à la salle de classe. Dans un ouvrage intitulé *Éduquer au numérique*, Laurent Tessier évoque déjà l'idée d'un changement de paradigme dans l'éducation au numérique,

par rapport aux paradigmes précédents qu'ils qualifient d' « éducatifs » (plutôt que de « scientifiques ») avec l'évolution des TICE (pour Technologies de l'Information et de la Communication en Éducation) vers les EdTech (réduction du terme anglais *Education Technology*). Le sociologue français poursuit en insistant sur le rôle déterminant que l'école doit jouer dans ce changement :

« Le numérique en éducation, objet de discours médiatiques et politiques, de programmes et de curricula d'enseignement, d'expérimentations et de pratiques pédagogiques, s'inscrit dans un contexte idéologique marqué par ces représentations. Car si nous avons basculé dans un monde numérique, l'école et les institutions éducatives se doivent de participer à cette mutation globale. Elles ne peuvent rester en retrait sous peine d'obsolescence. »
(Tessier, 2019)

Le discours rapporté ici est intéressant sur deux aspects : déjà parce qu'il démontre la pluralité des enjeux liés à l'éducation au numérique - politique, économique, social et pédagogique, entre autres²³. Ensuite, car ce discours porte la notion de changement dans l'éducation, de transformation au sein de nos systèmes éducatifs afin de s'emparer de la « révolution numérique » en mouvement. L'ouvrage ne parle pas de l'éducation au numérique en maternelle, et il y a en fait trop peu d'ouvrages (aucun en français) s'intéressant réellement à ce sujet (on peut citer par exemple Gray, & Palaiologou, 2019 et Arnott, 2017). C'est ainsi, qu'aux prémices de la thèse et bien avant la réalisation du MOOC #petiteculnum, j'ai réalisé une série d'entretiens auprès de parents et de professionnel-les de la petite enfance en santé et en éducation sur la relation du jeune enfants (3-6ans) aux outils numériques. Les entretiens semi-directifs abordait, dans leurs contextes respectifs - à la maison pour les parents, en classe pour les enseignant-es et en cabinet pour les professionnel-es de santé, les thèmes suivants : la place et les typologies des outils numériques, l'évolution des pratiques numériques (temps, outils, usages), l'impact perçu sur le développement de l'enfant, et enfin, le rôle de l'école maternelle dans l'éducation numérique des jeunes enfants. De ces entretiens sont ressortis des éléments forts que je détaillerai dans les prochains paragraphes. Dans le tableau [X] vous pourrez découvrir en détails le profil des personnes interrogées lors des ces entretiens.

²³ Nous avons d'ailleurs tenté d'aborder cette pluralité de points de vue dans le MOOC #petiteculnum.

Tableau 1 : Grille des entretiens réalisés entre janvier et décembre 2019²⁴.

	Catégorie associée	Date de l'entretien	Homme /Femme	Prénom	Profil
1	Education	03/01/2019	F	Véronique	Enseignante de maternelle
2	Education	07/01/2019	F	Marion	Enseignante de primaire
3	Santé	21/01/2019	F	Judith	Psychomotricienne
4	Education	23/01/2019	H	Eric	Enseignant de maternelle
5	Famille	01/02/2019	F	Antonine	Parent de jeune(s) enfant(s)
6	Famille	06/02/2019	H	David	Parent de jeune(s) enfant(s)
7	Famille	17/102/2019	F	Sophie	Parent de jeune(s) enfant(s)
8	Education	19/02/2019	F	Laure	Professeure de danse
9	Famille	25/02/2019	F	Barbara	Parent de jeunes enfants
10	Famille	13/03/2019	F	Alexandra	Parent de jeunes enfants
11	Famille	17/03/2019	F	Sandrine	Parent de jeunes enfants
12	Education	13/05/2019	F	Virginie	Enseignante de maternelle
13	Education	13/05/2019	H	Serge	Enseignant de maternelle
14	Education	17/05/2019	F	Florence	Directrice de maternelle
15	Famille	30/05/2019	F	Naoual	Parent de jeunes enfants
16	Famille	30/05/2019	F	Fabienne	Directrice de maternelle
18	Famille	30/05/2019	F	Sarah	Parent de jeunes enfants
19	Santé	01/06/2019	F	Estelle	Educatrice de jeunes enfants
20	Education	03/06/2019	F	Camille/Claire	Enseignantes de maternelle

Suite à l'analyse de ces entretiens, nous pouvons mettre en avant les craintes énoncées, vis-à-vis de l'utilisation des outils numériques par les jeunes enfants. Ces craintes, illustrées de témoignages permettent d'appréhender la complexité des usages évoquée précédemment :

- Souvent citée en premier, la passivité a été pointée du doigt, et à juste titre. L'usage des outils numériques par les jeunes enfants est souvent réduit aux écrans, et surtout au visionnage passif de vidéos que ce soit à la télévision, sur l'ordinateur ou encore sur la tablette tactile (Clément, 2020). Comme

²⁴ Pour des raisons de confidentialité, les noms de famille ne sont pas mentionnés, ni les affiliations aux établissements scolaires.

l'évoque le témoignage suivant, cette crainte est associée aux préoccupations liées au développement du langage encouragée par les interactions prosociales. L'écran ne doit pas « faire écran » (pour reprendre les mots de Marie-Noëlle Clément) mais constituer au contraire, une source d'interactions, un support de communication et de langage nous explique cette mère de famille :

Mère de Hatim (3 ans): « Comme l'écran de la télévision est plus grand, nous pouvons aussi échanger autour du dessin animé. Avec la tablette, c'est plus un face à face. L'enfant est connecté à sa tablette et il n'y a plus d'échange et de communication. Alors que quand toute la famille regarde la télévision, nous pouvons discuter, évoquer un thème ou une situation abordée par le dessin-animé : "est ce que cela c'est bien, pas bien ?" J'aime bien interroger mes enfants sur les prénoms pour savoir s'ils ont bien mémorisé les prénoms des différents personnages. Avant, je ne le faisais pas et je me déchargeais sur l'écran. « Avant , c'était avant "La semaine sans écran" organisée par l'école et qui a vraiment été un déclic. Nos habitudes familiales ont beaucoup évolué après cette expérience.»

- La deuxième crainte énoncée concerne l'individualisme sous la mention : « 1 enfant = 1 outil (écran) », les parents craignent particulièrement cet aspect ce qui couperait totalement l'enfant des interactions avec les autres et avec son environnement. Ainsi, la notion d'accompagnement est-elle essentielle (le premier « C » pour Contexte dans notre principe des 3Cs) dans l'utilisation des outils numériques par les plus jeunes, comme le rappelle cette directrice d'école maternelle :

Fabienne, directrice d'école maternelle : « Je dis toujours aux parents qu'il faut accompagner leurs enfants quand ils regardent l'écran. Parce que plusieurs fois, j'ai eu des parents qui m'ont dit qu'ils laissaient seuls leurs enfants seuls sur YouTube et qu'après la vidéo d'une petite comptine, les enfants tombaient sur d'autres vidéos dont le contenu n'était pas du tout approprié à leur âge. La Terre ne va pas s'arrêter de tourner parce que l'enfant a regardé un contenu inapproprié mais j'insiste sur le fait que l'enfant ne doit pas regarder tout seul un écran, nous devons le regarder avec lui : nous devons l'accompagner, un point c'est tout.»

- Le troisième point concerne l'absorption dans le monde virtuel. À un âge où l'enfant construit sa pensée symbolique (le fait de créer des associations

concrètes entre les choses comme la fonctionnalité d'un objet ou le statut d'une personne - comme nous l'avons expliqué au chapitre 1). Les enseignant-es, tout comme les parents, craignent que l'enfant ne puisse pas faire la différence entre les mondes réel et virtuel, voire reste « bloqué-e » dans le monde numérique. Le contenu (troisième « C » de nos 3Cs) joue un rôle fondamental dans ce point. Il convient d'adapter le contenu à l'âge de l'enfant mais aussi d'interroger réellement ses vertus pédagogiques, comme le précisent ces parents de deux jeunes enfants :

Parents d'Alice (6 ans) & Simon (4 ans) : « Simon demandait tout le temps les mêmes chansons et nous avons fini par les sauvegarder et par les mettre dans la liste de lecture. C'étaient toujours les 4 mêmes titres. Il regardait l'écran captivé. C'était deux pommes qui sautaient pendant 5 minutes. C'était tellement nul... Mais comme beaucoup de parents on a laissé faire. »

- Enfin une quatrième et dernière crainte concerne le manque de créativité. Lié aux trois autres craintes, les donneur-ses de soin craignent que le grand nombre d'informations, surtout visuelles, ne brident la créativité et l'imagination des tout-petits. La transmission d'imaginaires forts peut ainsi prendre le pas sur le développement de la propre imagination des enfants comme nous l'explique cette éducatrice de jeunes enfants.

Estelle, éducatrice de jeunes enfants : « Je me souviens de ce petit garçon à la crèche qui était persuadé d'être un dragon. Il ne voulait pas parler, il rugissait et faisait semblant de mordre les autres enfants et de cracher du feu. Lorsque j'ai demandé aux parents pourquoi il agissait comme ça, ils m'ont dit qu'il regardait en boucle un dessin-animé sur les dragons... Je leur ai conseillé progressivement d'arrêter ce dessin-animé, d'abord en réduisant le temps de visionnage puis en les incitant à jouer avec lui... Ça été long et laborieux mais je pense aujourd'hui que notre travail et mon accompagnement ont porté leurs fruits. »

Ces quatre « craintes » principalement évoquées dans les entretiens - passivité, individualisme, absorption dans le monde virtuel et manque de créativité, sont en fait dépendantes les unes des autres, et c'est l'association de ces éléments qui est dénoncée par les professionnel-les de petite enfance, en crèche ou à l'école maternelle. L'individualisme peut être source de passivité, la passivité peut encourager une absorption dans le monde virtuel, ce qui conduit à une baisse de la créativité. Un cercle vicieux peut se créer. Les 3Cs évoqués précédemment sont alors des repères solides qui au-delà des recommandations intra-familiales

s'appliquent également aux lieux de soin et d'éducation que sont la crèche puis l'école maternelle.

Les professionnel·les de santé ou en éducation jouent ainsi un rôle fondamental dans l'éducation au numérique dès la petite enfance, en accompagnant les enfants et leurs familles au quotidien. Au-delà de les conseiller sur des usages au sein du foyer familial, il s'agit aussi de mettre en place des pratiques de prévention et d'accompagnement lorsque des dérives sont observées ou soupçonnées. En maternelle, l'enseignant·e apparaît alors comme un·e véritable médiateur·trice de l'éducation au numérique et l'école, un lieu de discussion bienveillant pour aborder ce sujet :

- *Virginie, enseignante de maternelle : « On peut voir quelques évolutions dans le comportement des enfants après nous ne sommes pas dans la maison de chacun pour observer ce qu'il s'y passe. J'ai pu observer des retards de langage et des problèmes de concentration. Par exemple, l'année dernière j'avais un élève dont je soupçonnais qu'il passait trop de temps devant les écrans, j'en ai parlé aux parents. Ils ont compris suite à notre conversation qu'il ne fallait pas que leur enfant reste 3 heures sur la tablette avant d'aller se coucher. Ils ont supprimé cette mauvaise habitude et j'ai vraiment vu la différence en classe : il s'est mis à faire d'énormes progrès. »*

Face aux craintes énoncées quant à l'utilisation des outils numériques par les jeunes enfants, l'éducation au numérique dès la petite enfance apparaît comme une proposition de réponse. Intégrer les outils numériques à l'école maternelle permettrait d'offrir aux enfants des usages pertinents, autres que ceux proposés dans le cadre familial, pour éduquer les jeunes enfants à une utilisation raisonnée du numérique et les aider à devenir des utilisateur·trices actif·ves et responsables. Revenons ainsi sur les usages numériques en maternelle afin de comprendre ensemble, le rôle que l'école peut jouer dans l'éducation au numérique dès la petite enfance.

2.3.2. Le numérique en maternelle.

Malgré la multiplication des plans numériques portés par le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports depuis les années 1980 dont les succès sont plus que discutables (Bihouix, 2016), le terme de « numérique » n'apparaît pour la première fois dans le Bulletin Officiel de l'école maternelle qu'en 2015, consolidé 2021. Dans le cinquième domaine d'apprentissage intitulé « Explorer le monde », on retrouve le paragraphe suivant :

Utiliser des outils numériques

Dès leur plus jeune âge, les enfants sont en contact avec les nouvelles technologies. Le rôle de l'école est de leur donner des repères pour en comprendre l'utilité et commencer à les utiliser de manière adaptée (tablette numérique, ordinateur, appareil photo numérique...). Des recherches ciblées, via le réseau Internet, sont effectuées et commentées par l'enseignant.

Des projets de classe ou d'école induisant des relations avec d'autres enfants favorisent des expériences de communication à distance. L'enseignant évoque avec les enfants l'idée d'un monde en réseau qui peut permettre de parler à d'autres personnes parfois très éloignées.

À la lecture de ce paragraphe, plusieurs éléments m'ont questionnée: (1) Les outils numériques sont réduits aux interfaces à écran : tablettes, ordinateurs, appareils photo. Hors, cela fait quelques années que les robots ont intégré l'école maternelle, on pense par exemple à la *Beebot* qui a fait l'objet de nombreux travaux de recherche (Grugier & Villemonteix, 2017, Grugier, 2020). (2) La question de la recherche sur internet est évoquée - à un âge où l'enfant apprend tout juste à mobiliser le langage écrit. Enfin, (3) si la communication à distance est évoquée, les autres types d'usage tels que l'utilisation d'applications à vocation pédagogique sont pourtant plébiscitées par les enseignant-es et les parents, et appréciées des enfants, selon les réponses aux entretiens que nous avons réalisés. En somme, les aspects interactifs et ludiques ne sont pas évoqués, et encore moins la notion d'autonomie ou d'apprentissage individualisé - des avantages pourtant portés par les outils numériques (Amadiou & Tricot, 2014).

- **Les usages numériques en maternelle.**

Revenons tout d'abord sur quelques témoignages d'enseignant-es ou de personnel de maternelle interrogé-es en début de thèse sur leurs usages numériques à l'école, afin de les lister de manière relativement exhaustive :

- Le visionnage de la télévision pour diffuser des dessins animés, surtout dans les moments de pause (récréation) lorsqu'il y a des intempéries ou parfois en support de discussion en classe ;

Mélanie, animatrice : « Quand il pleut beaucoup, on réunit les enfants dans la salle principale et on leur diffuse un dessin-animé pendant la pause déjeuner. Je suis consciente que ce n'est pas l'idéal mais les enfants apprécient ce moment et nous sommes présent-es nous l'équipe d'animation pour interagir avec eux pendant ce moment de convivialité.

- L'écriture sur ordinateur, souvent situé en fond de classe, initie les plus petits aux compétences littéraires via un logiciel de traitement de texte ;

Véronique, enseignante : « En fin de grande section, les élèves sont censés être capables de taper à l'ordinateur, de l'allumer et de l'éteindre. Mais tout le monde n'est pas équipé. Ici, nous sommes équipés avec de "vieux coucous" qui prennent une place énorme. C'est complètement paradoxal. Nous avons fait une demande de tablette. Nous voulions l'utiliser pour de la photo, vidéo et de l'enregistrement et éventuellement laisser des traces. »

- **L'usage d'une tablette sur laquelle l'enseignant·e est censé installer des applications à but pédagogique, cependant comme nous le précise Camille, enseignante à Paris, leur usage est relativement compliqué ;**

Camille, enseignante : « À l'école on a des tablettes fournies par la Mairie de Paris, mais on les utilise très rarement... Déjà parce qu'on manque de formation sur les usages - même si on essaie d'être un peu curieuses, de se partager des idées car dans cette école on travaille beaucoup ensemble. Ensuite, parce qu'il faut l'accord de telle ou telle personne ou service pour installer la moindre application - la tablette est bloquée sinon, on n'y a pas accès librement. Ça nous demande beaucoup d'énergie pour pas grand chose. Quand je trouve une application vraiment intéressante, j'essaie de prendre le temps de l'installer en bonne et dûe forme mais sinon j'utilise ma tablette personnelle... »

- **La mobilisation du smartphone ou de la tablette personnelle de l'enseignant·e qui sert principalement à prendre des photos des élèves pour communiquer avec les parents comme le mentionne Claire, enseignante de maternelle à Paris :**

Claire, enseignante : « Parfois j'utilise mon téléphone pour prendre les enfants en photo lors d'un atelier, et après on écrit un texte ensemble pour décrire l'atelier, qu'ils me dictent. Je l'envoie ensuite aux parents par mail. Ils sont contents d'avoir une photo de leur enfant, de savoir ce qu'il ou elle a fait aujourd'hui. Ça rend nos interactions avec les parents un peu plus vivantes et spontanées. »

- **Certaines classes de maternelle sont équipés en TBI ou *Tableau Blanc Interactif* situé à côté du tableau traditionnel ou en remplacement de ce dernier, même si leurs usages sont plutôt réservés aux classes de primaire comme le rappelle Véronique, enseignante de maternelle :**

Véronique, enseignante : « Les outils numériques que j'utilise en classe sont mes propres outils (mon téléphone et ma tablette surtout). Nous n'avons même pas de TBI. Toutes les classes en élémentaire en ont mais pas les maternelles. Nous sommes un peu délaissés à ce niveau-là. Nous venons de nous acheter un vidéoprojecteur mais il n'a pas vraiment une bonne qualité car cela coûte cher. »

- Enfin, certain-es enseignant-es de maternelle proposent une initiation à la programmation informatique grâce à l'utilisation d'un robot de type *Beebot*, une activité sur laquelle nous allons nous attarder quelques instants, car elle sollicite d'autres typologies d'usages que ceux proposés par les interfaces à écran.

Nous avons interrogé Olivier Grugier dans notre MOOC #petiteculnum, un chercheur en sciences de l'éducation qui a publié de nombreux travaux de recherche sur l'utilisation des outils numériques en classe de maternelle, et notamment sur l'introduction de robots éducatifs :

« Depuis à peu près une dizaine d'années, les enfants côtoient des objets numériques dans les classes : des tableaux interactifs, des tablettes, parfois des smartphones puisque parfois l'enseignant met à disposition son smartphone pour que les enfants puissent prendre en photos leur réalisation. Depuis 4-5 ans nous introduisons également des des petits robots programmables dans les classes. Tous ces objets numériques sont des sources d'apprentissage. »

Olivier Grugier / MOOC #petiteculnum • épisode 4

En accord avec le Bulletin Officiel de l'école maternelle (2015), l'utilisation des outils numériques permet aux enfants d'appréhender les objets techniques qui font partie de leur environnement quotidien. Selon Grugier et Villemonteix (2016) on ne peut pas à proprement parler d'enseignement de l'informatique mais plutôt d'« une découverte et une compréhension du monde des objets usuels par la pensée informatique. » La pensée informatique mobilise en effet une double capacité: « la capacité à comprendre et faire usage des différents concepts [et pratiques] en lien avec la programmation. » Ainsi l'utilisation de robots à vocation pédagogique et spécialement conçus pour les élèves de maternelle s'est largement démocratisée ces dernières années (Grugier, 2020), à l'image du robot *Beebot* :

Virginie, enseignante : « À la rentrée dernière, on nous a proposé de suivre une formation sur un petit robot en forme d'abeille, j'en ai discuté avec des collègues et on a toutes trouvé ça intéressant. On s'est formé sur un sujet que l'on ne connaissait pas et en plus les enfants ont bien aimé l'activité en classe.»

Le secteur de la conception numérique pour l'éducation aussi appelé « EdTech » est relativement florissant - et de nouvelles startups, notamment promues par le dispositif EduUp²⁵ porté par le Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports, s'emparent de ce sujet pour innover. Le projet de COLORI²⁶ consiste justement à enseigner la programmation dès 3 ans mais sans écran, grâce à différentes activités : coloriage, lecture de contes, manipulation de robots, etc.

[Figure 7].



Figure 7 : Des ateliers COLORI organisés à L'Arche en mai 2022.

- **Le rôle de l'école maternelle.**

Les enseignant-es, tout comme les parents sont conscient-es de la réalité du monde (numérique) d'aujourd'hui et souhaitent accompagner au mieux les tout-petits dans leur compréhension de ce dernier. Il s'agit bien sûr d'apprendre aux enfants à utiliser certains outils comme cela est mentionné dans le Bulletin Officiel de l'école maternelle de 2015 mais aussi de démystifier certains usages, c'est-à-dire de

²⁵ Le dispositif Édu-up est un soutien à la production de ressources numériques pour l'École. Pour en savoir plus : <https://eduscol.education.fr/1603/le-dispositif-edu>

²⁶ Pour en savoir plus : <https://colori.fr/>

rendre leur utilisation accessible, compréhensible, et appropriable (nous reviendrons en particulier sur cette dernière notion dans la suite de la thèse). Afin d'illustrer le rôle attendu de l'école maternelle dans l'éducation au numérique, voici quelques témoignages d'enseignantes à ce sujet :

- Virginie, enseignante de maternelle : « Je pense que le numérique a vraiment sa place à l'école maternelle. D'abord parce qu'il faut vivre avec son temps et que de toute façon les enfants sont baignés d'écrans. Ils naissent avec le numérique. Chez eux, il y a des tablettes, des téléphones portables, des téléviseurs et des ordinateurs donc comme cela fait partie de leur environnement, autant apprendre à utiliser ces outils correctement.»
- Véronique, enseignante de maternelle : « Il me semble que le rôle de l'école maternelle est de montrer aux enfants une autre utilisation que celle pratiquée à la maison (principalement récréative): captation de sons, d'images, réalisation d'albums, de vidéos ; mais aussi apport de connaissances. L'école maternelle peut également accompagner les parents dans l'utilisation des écrans à la maison.
- Hélène, enseignante de maternelle : « Moi je dirais que le problème actuel qu'on voit apparaître dans les écoles c'est les enfants qui arrivent en maternelle qui sont déjà baignés par le numérique. On a dans chaque classe des enfants qui s'endorment l'après-midi parce qu'ils ont joué avec la tablette jusqu'à je ne sais quelle heure dans leurs mains. Et en fait comme ils sont totalement passifs et dépendants - ils ont déjà une dépendance à cet âge là, ils ne le savent pas mais ils en sont dépendants. Pour moi le rôle de la maternelle va être déterminant, être capable de comprendre que le numérique c'est nous qui décidons, c'est des humains derrière qui décident de faire ce jeu, telle ou telle chose et ils doivent petit à petit être capables de comprendre qu'ils ont le choix et qu'ils peuvent être actifs.»

Ces témoignages illustrent la nécessité d'intégrer le numérique à l'école maternelle afin de réduire les inégalités d'usages entre les élèves issus de milieux socio-économiques très différents (Jehel, 2021) et d'intégrer ses usages comme de nouvelles compétences à acquérir au même titre que l'écriture ou les mathématiques. Sans forcément le nommer ainsi, ces enseignantes font ainsi référence au mythe du *digital native*, sur lequel nous allons maintenant revenir.

- **Le mythe du *digital native*.**

L'expression « digital natives » est apparue au milieu des années 1990 et a été popularisée par Marc Prensky dans un article publié en 1995 dans la revue *On the horizon* dans lequel il oppose les « natifs du numériques » (*digital natives*) aux personnes qui ont découvert le numérique bien après (qualifiés alors de *digital immigrants*). L'expression définit ainsi « *une génération, ses pratiques numériques, et plus largement ses comportements et ses manières d'apprendre et de communiquer, sur la seule base de son année de naissance et de son niveau d'exposition au numérique* » (Plantard & Le Boucher, 2020). Ainsi pour Marc Prensky, les plus jeunes seraient naturellement plus enclins à savoir utiliser ces outils que leurs aînés puisqu' « ils-elles sont nés-és avec ». Cela remettrait également en question les processus d'apprentissage et donc les manières d'enseigner. (Amadiou & Tricot, 2020)

Pour Ange Ansur, co-fondatrice des Savanturiers, interrogée dans le MOOC #petitecultnum, il s'agit d'un « leurre absolu ». Un avis également partagé par le professeur en sciences de l'éducation, Pascal Plantard, qui affirme que derrière ce mythe se cache en effet « *des réalités très différentes car il existe de grandes inégalités dans les usages des technologies numériques au sein d'une même classe d'âge* ». S'il est vrai que les jeunes générations utilisent massivement ces outils qui sont alors parties prenantes de leur quotidien, des différences s'observent sur les usages notamment selon le milieu socio-économique et territorial des élèves.

Deux autres points soulevés dans un bulletin de veille remis à la Direction du numérique pour l'éducation (2020) concernant ce mythe, me paraissent importants à mettre en avant ici. Le premier concerne la distinction entre « pratiques » et « usages » du numérique, soit les actions du sujet sur l'outil numérique (pratiques) et les normes sociales induites par ces actions (usages). Si les pratiques du numérique sont répandues chez les jeunes, les usages sont beaucoup moins conscientisés, tout comme l'illustre le manque de recul sur l'évaluation des impacts par les usagers eux-mêmes. Le deuxième point concerne le principal défi rencontré actuellement par notre système d'éducation que l'on pourrait définir ainsi : la révolution numérique amène à reconsidérer l'école et les pratiques pédagogiques afin de lutter contre les inégalités d'usages. (Plantard & Le Boucher, 2020) Le parti pris évoqué ici est que plus l'on permettra aux enfants d'utiliser des outils numériques dans un contexte scolaire et à vocation pédagogique, plus on offrira une éducation au numérique de qualité - ce qui permettra de réduire les inégalités

d'usage, principalement liés aux milieux socio-économiques dans lesquels les enfants grandissent (Jehel, 2021).

C'est ainsi que comme l'affirme Grégoire Borst dans le cinquième et dernier épisode du MOOC #petiteculnum, une éducation au numérique et notamment à la culture numérique qui en est issue est à promouvoir. Selon le chercheur en neurosciences cognitives, le numérique est un « outil culturel » qui peut se transmettre de génération en génération et toutes les potentialités, qu'elles soient bonnes ou mauvaises, doivent être partagées. C'est ainsi qu'un double enjeu se dessine autour : (1) de l'éducation au numérique, et ce dès la petite enfance et (2) de la prise en considération d'une « culture numérique » associée. Au-delà de proposer une éducation au numérique, les prochains paragraphes tenteront de dévoiler les enjeux d'une éducation à la culture numérique, qui considèrent aussi bien les pratiques que les usages, ainsi que les lieux et les compétences invoquées.

2.3.3. Les enjeux de l'éducation à la culture numérique.

On peut considérer que le terme de « culture numérique » apparaît dans la langue française à la fin des années 2000 dans l'ouvrage de Milad Doueïhi intitulé *La grande conversion numérique*, publié en 2008. Selon l'anthropologue des civilisations, la culture numérique désigne les bouleversements qui « ont induit des pratiques de masse, [et] instaurent vite de nouvelles normes culturelles [qui] remettent en cause des conventions et traditions établies ». Le numérique d'abord considéré comme un bouleversement technologique, est ainsi perçu et analysé sous sa forme culturelle - on parle alors de « culture numérique. »

L'éducation à la culture numérique est donc apparue comme le sujet de nombreux débats en matière de politique éducative ces dernières années (Tessier, 2019). Selon Dominique Cardon, sociologue et directeur du Médialab de Sciences Po, l'enseignement de la culture numérique met en avant deux projets de sociétés opposés : l'apprentissage de la programmation (*coder*) et l'enseignement de la « littéracie numérique » (*décoder*). Cardon les considère pourtant comme articulées puisque selon lui, un usage des technologies numériques ne peut se limiter à une simple « utilisation » mais doit au contraire être « agile », c'est-à-dire inciter à la compréhension du fonctionnement, à la fois technique et pratique de ces outils (littéracie) - le code étant le langage (programmation).

Pour David Lacombed, auteur de l'ouvrage *Digital citizen: Manifeste pour une citoyenneté numérique* (2013), « le monde culturel vit un changement de

civilisation », le numérique ayant mis de manière progressive mais rapide la fin du « règne analogique » bouleversant chaque secteur de la société faisant émerger ainsi de nouveaux paradigmes, y compris dans le domaine de l'éducation.

Dans les prochains paragraphes, nous reviendrons dans un premier temps sur la notion de « culture numérique » que nous venons de survoler, puis nous aborderons les lieux de transmission de la culture numérique sont les *fablabs* (ou tiers lieu de fabrication numérique). Enfin, nous terminerons ce chapitre en évoquant les nouvelles compétences associées à cette culture - aussi appelées « compétences du 21^e siècle ».

- **Qu'est-ce que la culture numérique ?**

Comme nous venons de l'expliquer, les travaux de recherche de Milad Doueihi permettent d'aborder la notion de culture numérique comme un vecteur de transformation civilisationnelle, puisqu'il s'agit :

« des techniques de la médiation et de la communication qui, chacune à sa manière, [qui] modifient les rapports entre les individus et la collectivité et mettent en place une nouvelle dimension éthique capable d'influencer et de façonner les actions et les comportements. » (Douihi, 2011)

Introduisant les termes de « comportement » et d' « éthique », le numérique associé ici à ses aspects techniques, bouleverse à la fois nos modes de communication et de médiation, en somme le rapport entre les individus. Selon Doueihi, il re-définirait ainsi notre humanité.

Partageant l'idée introduite par Doueihi soit que le numérique ne peut se résumer à un « déterminisme technologique », Cardon explore l'appropriation des ressources numériques au sein des sociétés, dans son ouvrage intitulé *Culture numérique (2015)*. Ainsi, il existe, selon le sociologue, trois enjeux sociétaux induits par la révolution numérique : (1) l'augmentation du pouvoir des individus grâce à la multiplication des moyens d'expression et de communication, (2) l'apparition de nouvelles formes de communauté et enfin (3) la redistribution du pouvoir et de la valeur. Ainsi la notion de « culture numérique » tenterait d'analyser comment l'essor des nouvelles technologies influe sur les transformations de notre société :

« Nous entrons dans un monde nouveau que le numérique enrichit, transforme et surveille. Il est important de disposer de connaissances variées et interdisciplinaires pour y vivre avec agilité et prudence, car si nous fabriquons le numérique, le numérique nous fabrique aussi. Voilà pourquoi il est indispensable que nous nous forgions une culture numérique. » (Cardon, 2019)

Enfin, pour compléter les deux définitions données par Doueïhi et Cardon, il est intéressant d'introduire la définition de la culture numérique dans le contexte scolaire. Dans un rapport de l'Inspection générale (IGEN), datant de 2017, intitulé *Repenser la forme scolaire à l'ère du numérique. Vers de nouvelles manières d'apprendre et d'enseigner*, le numérique est défini comme :

« un phénomène culturel et social qui imprègne les actes les plus ordinaires de notre vie et nos représentations du monde : notre perception de l'espace et du temps, notre relation aux autres, nos façons de penser, d'imaginer et de créer, nos modes de travail et d'accès au savoir, ainsi que nos manières de produire et de diffuser les connaissances. » (Becchetti-Bizot, C. (2017).

Loin de se limiter aux interfaces à écran, le numérique est un « hypermédia » (Lacombled, 2013), et la culture qui en est issue un « phénomène, qui bouleverse de nombreux fondamentaux de l'éducation et notamment de l'éducation à la petite enfance tels que la construction de l'espace, la relation à autrui ou encore le développement de la pensée et de l'imagination, que nous avons abordé dans les deux premiers chapitres.

La notion de « culture numérique » nous invite donc à repenser notre définition du numérique, non plus en se cantonnant seulement aux outils et à leurs usages mais à prendre en compte l'ensemble des transformations en cours. En reprenant les points majeurs de toutes ces définitions, nous pouvons résumer ainsi la notion de culture numérique :

La culture numérique est un phénomène sociétal qui bouleverse l'ensemble des actes de notre vie quotidienne ainsi que notre perception du monde, c'est-à-dire nos manières de communiquer, de créer, de ressentir et d'apprendre, individuellement et collectivement par l'utilisation des nouvelles technologies du numérique.

L'éducation à la culture numérique intervient alors pour donner aux enfants les moyens de devenir acteurs et actrices de ce phénomène, c'est-à-dire d'en considérer les apports et les dangers, comme le précise Amélia Matar, fondatrice

de COLORI, mentionné précédemment comme une méthode pour apprendre aux enfants à « coder dès 3 ans et sans écran » :

« On voit émerger des initiatives très fortes pour outiller les enfants [vis-à-vis de l'éducation au numérique] par des cours de programmation, de codage à l'école ou encore des initiatives autour de la transmission de la culture numérique aux enfants comme les initiatives makers. [...] La culture numérique consiste justement à comprendre comment fonctionne chacun de ces phénomènes. »

Amélia Matar /MOOC #petiteeculnum • Épisodes 4 & 5

L'idée majeure ici introduite par Matar, est qu'il existe des lieux de transmission de la culture numérique. En tant que designer, j'ai longuement côtoyé ces lieux sur lesquels j'aimerais revenir quelques instants.

- **Le Fablab, un tiers-lieu dédié à la culture numérique.**

La culture numérique se vit et s'expérimente tout particulièrement au sein de lieux que sont les *fablabs*. Camille Bosqué, designer et chercheuse a écrit une thèse à ce sujet en 2016 et définit ainsi les *fablabs* :

« Ces lieux alternatifs dédiés au grand public offrent de nouvelles perspectives locales ou globales, sous-tendues par un idéal démocratique de partage des savoir-faire. Les combats quotidiens de ceux qui les développent ont pour objectif de faire soi-même pour mieux comprendre et s'approprier certaines technologies numériques, apprendre par la pratique et construire une nouvelle vision commune à même d'accompagner la transition technologique en cours. »
(Bosqué et. al, 2014)

En d'autres termes, les fab-labs sont des lieux « alternatifs » accessibles à toutes et tous, permettant à chaque de « faire » en s'appuyant pour cela sur des outils et machines numériques afin de permettre à tout à chacun de s'initier, et même de s'approprier une « culture numérique. »



Figure 8 : Le fablab du Learning Planet Institute, aussi appelé MakerLab où les dispositifs de *learning matters* et de *eGloo* (présentés en 2e partie de thèse) ont été créés.

Pour revenir brièvement sur l'historique des fablabs, le premier a été créé à l'initiative de Neil Gershenfeld, physicien et informaticien au sein du MIT (Massachusetts Institute) à la fin des années 1990. L'ambition des *fablabs* est grande, comme le démontre la définition donnée par Bosqué. Il s'agit de créer un lieu alternatif souvent qualifié de « tiers-lieu », soit un espace de coopération et de solidarité ancré dans un territoire propice aux échanges entre les acteurs et actrices des secteurs public et privé avec les citoyen-nés (Wikipédia). Dans un même temps, il s'agit aussi de transmettre des valeurs, des savoir-être, dans un esprit d'« ouverture ». C'est ainsi que les *fablabs* sont soumis au respect d'une charte commune encadrée par le MIT et la Fab Foundation²⁷.

Les *fablabs* s'organisent physiquement autour de machines et d'outils de fabrication numériques (découpeuse laser, imprimante 3D ou machine à usinage de type CNC par exemple) ou de fabrication traditionnelle, mécanisé (scie à ruban, tour à bois, ponceuse etc.) ou non (scie, tournevis etc.) En somme, les *fablabs* réunissent tous les éléments propices au prototypage, étape centrale dans le processus de conception et de fabrication d'un objet ou d'un dispositif (numérique ou non) **[Figure 8]**. C'est ce que nous explique Ana Aflalo et Pauline Arnaud, les co-fondatrices de KutiKuti, une jeune start-up qui créent des kits scientifiques pour les enfants de 4 à 10 ans,²⁸ dans l'épisode 5 de notre MOOC #petitecultnum :

²⁷ <http://fab.cba.mit.edu/about/charter/>

²⁸ <https://www.kutikuti.fr/>

« La première phase de fabrication de nos objets est une phase de prototypage en fablab. Une fois cette étape terminée, on va prolonger notre processus de fabrication par une phase de production en fablab également. [...] Le fablab est au coeur de notre démarche auprès des enfants puisque l'idée est aussi de les sensibiliser à la culture numérique, de leur montrer que grâce à ces outils [et machines] tout est possible. On peut ainsi leur donner confiance en eux·elles, confiance en leurs capacités, leur créativité et leur ingéniosité dans nos ateliers en leur disant que elles·eux aussi ce sont des makers et que s'ils le souhaitent, ils peuvent donner vie à leurs idées dans un lieu tel qu'un fablab.»

Anna Aflalo & Pauline Arnaud / MOOC #petiteculnum•

Épisode5

Comme nous l'avons dit précédemment, loin d'être des lieux de fabrication numérique, les fablabs sont aussi des espaces d'éveil et d'éducation à la « culture numérique » et ce pour les raisons suivantes :

- Premièrement parce que ce sont des espaces « ouverts » promouvant une culture du « libre accès » (*open access*) - tout comme l'était internet à ses débuts ;
- Deuxièmement, car ils s'expérimentent par le « faire », autrement dit on ne « regarde » pas un *fablab*, on le vit pleinement et on y apprend en faisant (« *learning by doing* » pour reprendre les termes de John Dewey) ;
- Et troisièmement, parce qu'ils bousculent nos manières de penser, de créer et de produire, à l'image du phénomène de révolution technologique que nous vivons.

Ainsi, il ne s'agit seulement d'espaces équipés d'outils, de machines ou de matériaux mais bel et bien de lieux de partages et d'échanges qui mettent physiquement, concrètement les enjeux de l'éducation à la culture numérique au centre. En effet, ces lieux partagent aussi la transmission des compétences-clés du 21e siècle qui sont directement liées aux transformations de la société dûes à la révolution numérique.

- **Les compétences du 21e siècle liées à l'apprentissage.**

La multiplication des outils numériques dans nos vies quotidiennes a profondément transformé notre accès au savoir (démocratisation de l'accès aux connaissances et aux informations via internet) et nos modes de communication (via les outils numériques mobiles et les réseaux sociaux entre autres). Si nous avons largement

expliqué dans ce chapitre, le rôle essentiel que devait jouer l'école dans l'éducation à la culture numérique, viennent aussi l'évolution des compétences associées (Morin, 2000). Ainsi, dès le début des années 2000, des chercheur-es ou expert-es dans le domaine de l'éducation se sont interrogés à ce sujet définissant ainsi des compétences dites du 21^e siècle, essentielles pour « apprendre - prendre - comprendre » - pour reprendre les termes de Michel Serres (2017), également l'auteur de *Petite Poucette* (2015).

Les compétences dites du 21^e siècle ont été définies depuis 2002 par Partnership for 21st Century Skills²⁹ et reprises ensuite par des organisations comme l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques)³⁰ ou l'Union européenne³¹. Elles peuvent être définies ainsi :

« Les compétences du 21^{ème} siècle sont des capacités et des attributs qui peuvent être enseignés ou appris afin d'améliorer les façons de penser, d'apprendre, de travailler et de vivre dans le monde. » (Binkley et. al, 2012)

Ces compétences ont pour points communs de partager une forme de tripolarité : rapport au monde (savoir-faire), rapport à soi (savoir-être) et rapport à l'autre (savoir vivre ensemble), un caractère transdisciplinaire, ainsi qu'un ancrage dans les TIC ou technologies de l'information et de la communication (de Champlain, 2022). Les compétences du 21^e siècle réunissent **[Figure 9]** :

- les compétences liées à la littératie numérique (Literacy Skills) ;
- les compétences liées au Média, à l'Information et à la Technologie ; les compétences liés à la vie quotidienne (Life Skills) telles que la flexibilité, la sociabilité ou la prise de pouvoir (ou leadership) ;
- ainsi que les compétences liées à l'apprentissage aussi connues sous le terme de 4Cs pour Communication - Collaboration - Créativité - esprit (ou pensée) Critique.

²⁹ <http://www.battelleforkids.org/networks/p21>

³⁰

https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

³¹

<https://education.ec.europa.eu/education-levels/school-education/school-education-initiatives/key-competences-and-basic-skills>

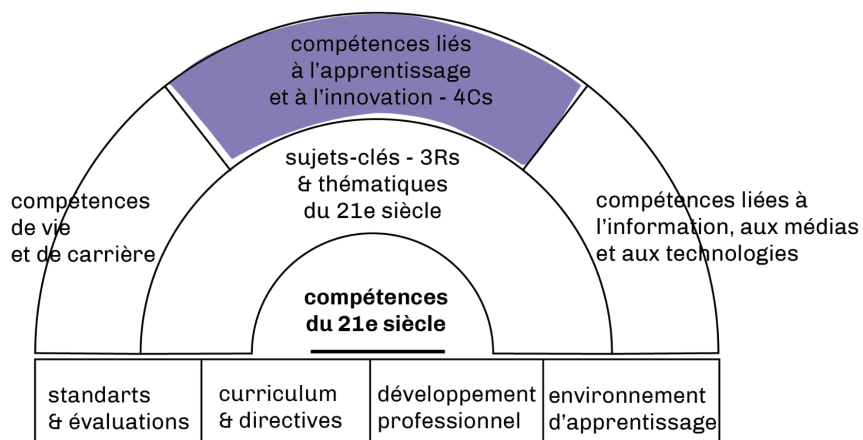


Figure 9 : Les compétences du 21e siècle selon *Partnership for 21st Century Skills*.

C'est donc sur ces dernières que nous nous attarderons ici. En effet, la culture numérique en tant que phénomène transforme l'éducation, c'est-à-dire les manières d'accéder au savoir, d'enseigner et d'apprendre (Serres, 2012). Revenons ensemble sur les définitions desdites « 4Cs ». Pour cela, je m'appuierai principalement sur les définitions données dans l'ouvrage intitulé *Les compétences du 21e siècle* (Lamri et. al, 2018) :

- La communication se traduit par la relation entre un émetteur et un récepteur. Cette compétence se développe principalement dans la réalisation de trois actions distinctes : transmettre un message, le recevoir et enfin donner un retour sur ce dernier. Ici le lien avec l'éducation à la culture numérique est relativement évident puisque l'on parle bien de TICE pour technologies de la « communication » et de l'information auxquelles on ajoute le « E » de « pour l'éducation ». Il s'agit de nouvelles manières de communiquer autour de la transmission d'un savoir, d'une connaissance - l'accès au savoir étant multiple avec l'utilisation d'Internet et des interfaces multimodales utilisant le son et l'image par exemple. (Tessier, 2018)
- La collaboration, originellement utilisée dans les compétences du 21e siècle liées à l'apprentissage définies par *P21* (mais remplacée par le terme de coopération dans l'ouvrage de Lamri et. al, 2018), peut être définie comme un processus collectif de travail ayant pour but d'atteindre un objectif commun. Il est intéressant de mentionner ici que le processus de collaboration ne fait pas nécessairement « consensus » mais ouvre au contraire la notion de conflit ou de débat faisant alors appel à la pensée critique.

- L'esprit critique peut-être définie comme « l'ensemble des processus mentaux, stratégies et représentations que les gens utilisent pour résoudre des problèmes, prendre des décisions et apprendre de nouveaux concepts ». L'esprit critique réunit les quatre capacités : l'observation, l'identification, la pertinence et la sélection. L'accès multiple à l'information grâce à la diversification des modes de communication (TIC) rend cette capacité particulièrement intéressante à l'aube de la révolution numérique.
- La créativité dont la définition fait l'objet de nombreuses discussions peut être définie comme « un processus visant soit à transformer de manière originale ce qui existe déjà, soit à produire quelque chose d'inédit. » (Lamri et. al, 2018) La créativité ne sort pas de « nulle part » mais est bien « adapté à une situation » (Bonnardel & Lubart, 2019) Les outils numériques créent justement des situations permettant de développer de nouvelles manières de composer avec l'environnement, de créer au sein de ce dernier. Les aspects de multimodalité permis par le numérique que nous aborderons dans le chapitre suivant se situent alors au cœur de la créativité permise par l'éducation au numérique.

Comme le précise les auteurs de l'ouvrage mobilisé (Lamri et. al, 2018), ces compétences sont interdépendantes les unes autres, leurs développements propres étant en fait liés les uns aux autres - et ce dès la petite enfance. Un rapport publié en 2012 par l'UNESCO insistait déjà sur l'utilisation des TIC dans l'éducation et le soin à la petite enfance. Dans une pensée similaire, P21 a publié un rapport sur le développement des compétences du 21e siècle dès la petite enfance³², sur les « expériences d'apprentissages » (ou *learning experiences*) à mettre en place dans l'éducation des jeunes enfants entre 18 mois et 6 ans afin de les préparer non seulement à l'entrée à l'école et dans la vie de manière plus générale³³. Un lien que l'on retrouve évidemment avec les pédagogies alternatives.

³² <https://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21EarlyChildhoodFramework.pdf>

³³ « *The Partnership for 21st Century Learning (P21) advocates for the integration of 21st century skills (critical thinking, collaboration, communication, creativity, technology literacy, and social-emotional development) in early learning experiences for young children to build the skills they need not only when entering school but also in life.* »

Finalement,, nous pouvons résumer « l' éducation à la culture numérique » en ces termes :

Accompagner les enfants vers les transformations résultant de la dissémination d'une culture numérique au sein de nos sociétés par la création d'espaces numériques (physiques ou non) et la mise en œuvre de scénarios pédagogiques adaptées à la transmission des compétences essentielles au 21e siècle.

L'idée partagée ici est qu'il ne s'agit pas seulement d'utiliser les outils numériques en classe de maternelle, mais bel et bien d'encourager l'éducation à la culture numérique dès le plus jeune âge, afin que les enfants deviennent acteurs et actrices de la société numérique dans laquelle ils ou elles grandissent. Pour cela, nous devons prendre en compte les attentes de tous-tes celles et ceux qui prennent soin des tout-petits ainsi que des éléments-clés du développement du jeune enfant, afin de définir ensemble le rôle de l'école maternelle dans l'éducation au numérique. En s'éloignant du mythe des « *digital natives* », on peut ainsi encourager le développement essentiel des compétences du 21e siècle, et notamment celles liées à l'apprentissage - au sein des environnements de l'éducation à la petite enfance.

Pour cela, les pédagogies alternatives réunissent un ensemble de propositions inspirantes, parmi lesquelles celles de lier corps et esprit, la pensée à la pratique, dans le processus d'apprentissage. En effet, on oppose trop souvent corps & numérique, comme s'il s'agissait d'un antagonisme insurmontable. Comme l'illustre cette citation de Marie-Noëlle Clément et Olivier Duris, tous deux chercheur·s et praticien·nes, interrogé·es dans le MOOC #petitecultnum écrivent :

« Les petits temps de jeu numérique ludiques et accompagnés devront alterner avec des interactions sociales directes (sans qu'un écran fasse tiers entre le bébé et son interlocuteur), et des activités prenant en compte le corps, le mouvement, l'exploration sensorielle et toute autre stimulation variée et non numérique. »

_L'objet de notre troisième chapitre sera justement de souligner l'importance du corps dans l'éducation, en tant que vecteur des apprentissages, et d'envisager ainsi des interactions incorporées par le numérique, dès la petite enfance.

Bibliographie.

- Amadiou, F., & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique: mythes et réalités*. Retz
- Arnott, L. (Ed.). (2017). *Digital technologies and learning in the early years*. Sage.
- Becchetti-Bizot, C. (2017) *Repenser la forme scolaire à l'ère du numérique. Vers de nouvelles manières d'apprendre et d'enseigner*. Rapport IGEN n°2017-56.
- Berthomier, N., & Octobre, S. (2019). *Enfant et écrans de 0 à 2 ans à travers le suivi de cohorte Elfe*. *Culture études*, (1), 1-32.
- Bihouix, P., & Mauvilly, K. (2016). *Le désastre de l'école numérique*. Paris, France: Éditions du Seuil.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M. (2012). *Defining twenty-first century skills*. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Springer, Dordrecht
- Bonnardel, N. & Lubart, T. (2019). *La créativité : approches et méthodes en psychologie et en ergonomie*. *RIMHE : Revue Interdisciplinaire Management, Homme & Entreprise*, 37,8, 79-98.
- Bosqué, C., Noor, O., & Ricard, L. (2014). *FabLabs, etc: Les nouveaux lieux de fabrication numérique*. Editions Eyrolles.
- 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)
- Cardon, D. (2019). *Culture numérique*. Presses de Sciences Po.
- de Champlain, Y. (2022). *Les compétences du 21e siècle: associer la pensée à la pratique*. *Revue hybride de l'éducation*, 5(2), 78-105
- Cisel, M., & Bruillard, É. (2013). *Chronique des MOOC*. STICEF (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation).
- Clément, M. N., & Duris, O. (2017). *Le bébé et la tablette numérique: intérêts et dangers*. *Spirale*, (3), 62-71
- Collet, M., Gagnière, B., Rousseau, C., Chapron, A., Fiquet, L., & Certain, C. (2019). *Case-control study found that primary language disorders were associated with screen exposure*. *Acta Paediatrica*, 108(6), 1103-1109
- Doueïhi, M. (2008). *La grande conversion numérique*. Le Seuil.
- Doueïhi, M. (2012). *Pour un humanisme numérique*. Le Seuil.
- Doueïhi, M. (2013). *Qu'est-ce que le numérique?*. Paris: Presses universitaires de France.
- Esseily, R., Guellaï, B., Chopin, A., & Somogyi, E. (2017). *L'écran est-il bon ou mauvais pour le jeune enfant?*. *Spirale*, (3), 28-40.
- Gray, C., & Palaiologou, I. (Eds.). (2019). *Early learning in the digital age*. Sage.
- Grugier, O., & Villemonteix, F. (2017). *Apprentissage de la programmation à l'école par l'intermédiaire de robots éducatifs. Des environnements technologiques à intégrer*. *Atelier Apprentissage de la pensée informatique à EIAH 2017, Strasbourg du 6 au 9 juin*.
- Grugier, O. (2020). *Éducation technologique dans des classes de maternelle. Apprentissages premiers dans l'utilisation et la compréhension d'un artefact robotisé*. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*, (22), 61-92.
- Harari, Y. N. (2018). *21 Leçons pour le XXIème siècle*. Albin Michel.
- Ingold, T., & Renaut, S. (2013). *Une brève histoire des lignes* (p. 13). Bruxelles: Zones sensibles.

- Ingold, T., Afeissa, H. S., & Gosselin, H. (2017). Faire: anthropologie, archéologie, art et architecture. Éditions Dehors.
- Jehel, S. (2021). Les paradoxes du numérique pour la petite enfance: des difficultés accrues pour les parents des milieux populaires. *Socialisation familiale des jeunes enfants*, 87
- Lacombed, D. (2013). Digital citizen: manifeste pour une citoyenneté numérique. Plon.
- Lamri, J., Barabel, M., & Meier, O. (2018). Les compétences du 21e siècle. Dunod.
- Mamou-Mani, G. (2019). L'apocalypse numérique n'aura pas lieu. Éditions de l'Observatoire.
- Mongenet, C. (2016) FUN, une plate-forme de MOOCs au service des établissements d'enseignement supérieur. 42-47. *Annales des Mines - Réalités industrielles*.
- Morin, E. (2000). Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur.
- Nleme Ze, Y. S., & Molinari, G. (2020). Vers une conceptualisation de l'engagement des étudiants dans les forums de discussion des MOOC: résultats préliminaires.
- Nova, N. (2021). Enquête/création en design.
- Pellerin, M., Jacquet, M., & Lefebvre, S. (2021). La complexité de l'éducation à la citoyenneté numérique: des enjeux sociétaux, éducatifs et politiques. *Éducation et francophonie*, 49(2)
- Picherot, G., Cheymol, J., Assathiany, R., Barthet-Derrien, M. S., Bidet-Emeriau, M., Blocquaux, S., ... & Foucaud, P. (2018). L'enfant et les écrans: les recommandations du Groupe de pédiatrie générale (Société française de pédiatrie) à destination des pédiatres et des familles. *Perfectionnement en Pédiatrie*, 1(1), 19-24.
- Plantard, P., & Le Boucher, C. (2020). Les Digital Natives... Ils sont encore là?!. *Bulletin de veille*, (1)
- Prensky Marc (2001), « Digital natives, digital immigrants », in *On the Horizon*, vol. 9, no 5, p. 1-6.
- Richtel, M. (2011). A Silicon Valley school that doesn't compute. *The New York Times*, 22, 91
- Serres, M. (2017). Corps. Le Pommier.
- Société canadienne de pédiatrie, groupe de travail sur la santé numérique, Ottawa (Ontario), Le temps d'écran et les jeunes enfants : promouvoir la santé et le développement dans un monde numérique, *Paediatrics & Child Health*, Volume 22, Issue 8, December 2017, Pages 469–477.
- Stiegler, B., & Tisseron, S. (2010). Faut-il interdire les écrans aux enfants?. *Mordicus*.
- Taguma, M., & Barrera, M. (2019). OECD future of education and skills 2030: Curriculum analysis.
- Tessier, L. (2019). Éduquer au numérique ? : Un changement de paradigme. MkF Éditions
- Tisseron, S. (2017). Le jeune enfant otage des écrans. In *Bébé sapiens* (pp. 361-372). Érès.
- Tisseron, S. (2018). 3-6-9-12 Apprivoiser les écrans et grandir. Érès
- Tisseron, S. (2020). L'emprise insidieuse des machines parlantes. Éditions Les Liens qui libèrent.
- Tisseron, S., & Tordo, F. (2022). Pratiquer les cyberpsychothérapies: Jeux vidéo. Réalité virtuelle. Robots. Dunod.
- Trestini, M., Coulibaly, B., Rossini, I., & Pebayle, E. C. (2016). Appropriation sociale des MOOC en France. ISTE Group.



Chapitre 3

L'expérience
du corps
en mouvement
– comme vecteur
d'apprentissage.

*"Seule notre chaire divine
nous distingue des machines ;
l'intelligence humaine
se distingue de l'artificielle
par le corps, seul. "*

Michel Serres (1999)

Dans les deux premiers chapitres de cette thèse, nous avons mis en lumière les aspects essentiels du développement et de l'éducation du jeune enfant, et actualisé ces connaissances à l'ère numérique. Nous avons ainsi constaté que les questionnements liés aux fondamentaux du développement du jeune enfant et à l'éducation évoluent parallèlement, dans une société en transformation.

En conséquence, on observe ces dernières années, un regain d'intérêt pour les pédagogies alternatives issues du mouvement de l'*Éducation Nouvelle*. Celles-ci s'accordent sur des principes fondamentaux liés au développement de l'enfant. Parmi lesquels, une vision holistique du développement qui promeut trois caractéristiques importantes pour la suite de notre travail de recherche :

(1) la non-linéarité, c'est-à-dire que l'acquisition des compétences et les apprentissages inhérents sont interdépendants et s'effectuent selon le rythme individuel de chaque enfant ;

(2) l'approche en contexte, soit la prise en compte de l'environnement social, économique et culturel dans lequel grandit l'enfant ;

(3) et enfin, le lien fondamental entre le corps et l'esprit dans le processus d'apprentissage (*mind-body*) qui s'oppose radicalement à la pensée cartésienne - le tout-petit apprend en faisant, c'est-à-dire, en explorant son environnement d'abord via son corps, développant ainsi des stratagèmes d'interactions « incorporées ».

Ce troisième et dernier point constitue le fondement de notre Chapitre 3. En effet, l'arrivée des sciences cognitives et leurs évolutions récentes, ont permis de remettre au centre des études liées au développement de la cognition humaine, le lien corps/esprit/environnement - à travers la notion de « cognition incarnée » (Varela, 1996). Dans cette nouvelle approche de la cognition, le corps est considéré comme l'interface qui nous permet de dialoguer avec le monde qui nous entoure, puisqu'il est à la fois le réceptacle de notre cognition (notre cerveau) ainsi que de tous nos capteurs sensoriels (vue, ouïe, toucher etc.) à l'origine de nos expériences sensori-motrices (Berthoz, 1991).

Sans cesse en mouvement, le corps est un puissant vecteur d'apprentissage (Serres, 2017). En effet, il est la source de nos sensations et de nos émotions (du latin *emovere* qui signifie la mise en mouvement), ainsi que de nos inter-relations avec le monde (Merleau-Ponty, 1945) - ainsi, « l'intelligence émotionnelle est une intelligence corporelle » (Martin-Juchat, 2020).

La phénoménologie aussi qualifiée de « science de l'expérience »¹, considère justement le corps comme le vecteur de nos expériences, c'est-à-dire des phénomènes qui nous permettent à la fois de *faire* sens et de *donner* sens au monde. C'est alors que l'on emprunte la notion de « corporéité » au pionnier de la phénoménologie, Maurice Merleau-Ponty pour qualifier les interactions « d'incorporées » - une notion fondamentale dans le design d'expérience (Hatchuel, 2018).

Ce chapitre propose de revenir dans un premier temps sur le domaine des sciences cognitives, dont les travaux relativement récents ont permis de mettre en avant le paradigme énonciviste, basé sur la notion de « cognition incarnée », sur lequel nous avons ancré nos travaux de recherche. Puis, nous soulignerons l'importance du corps au cœur du processus d'apprentissage, alors considéré comme une « expérience » d'apprentissage. C'est justement sur la notion d'expérience que nous terminerons ce chapitre avec un focus sur le « design d'expérience » dont les fondements théoriques ont aussi constitué de précieux repères pour la suite de notre recherche.

¹ LSD, *Philosopher avec son corps*, France Culture : bienvenue en phénoménologie. <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/serie-philosopher-avec-son-corps-bienvenue-en-phenomenologie>

3.1. De l'approche cognitiviste à la cognition incorporée.²

Les recherches liées aux domaines d'étude portant sur le développement humain ont particulièrement évolué au cours du 21^e siècle, parallèlement aux avancées technologiques. En effet, les débuts de l'informatique ainsi que le développement de l'Intelligence Artificielle³ (ou IA) ont particulièrement bousculé le milieu de la recherche scientifique dans ces domaines comme le précise le philosophe et neurobiologiste Francisco J. Varela, dans un ouvrage intitulé *Introduction aux Sciences Cognitives* (1996) :

« La technologie, entre autres choses, agit comme un amplificateur. On ne peut pas séparer les sciences cognitives et la technologie cognitive sans amputer celle-ci ou celles-là d'un élément complémentaire vital. En d'autres mots, au moyen de la technologie, l'exploration scientifique de l'esprit tend à la société un miroir d'elle-même ignoré, bien au-delà du cercle du philosophe, du psychologue ou du penseur. » (Varela, 1996)

C'est donc au cours des années 1990⁴ que la discipline des sciences cognitives fait son apparition, d'abord introduite sous le terme de « Sciences et Technologies de la Cognition » (Varela, 1996). Les sciences cognitives peuvent être définies comme un ensemble de disciplines « qui placent l'esprit humain au cœur de leurs interrogations ». Elles regroupent les neurosciences, la psychologie, la linguistique, l'intelligence artificielle (tout comme les STC) ainsi que l'anthropologie et la philosophie [Figure 1]. C'est précisément le regroupement de ces disciplines qui permet de produire des réponses qui ne pourraient pas émerger à l'intérieur de chaque discipline, même lorsque cette discipline est en mesure de poser la question (Collins, 2018).

² Bien que les termes d'*embodiment* et d'*embodied* soient traduits dans certains textes par « incarnation » ou « incarné(e) » - nous préférons ici les traductions respectives de « corporéité » et d'« incorporé(e) » pour deux raisons : la première car la notion de « corps » (*body*) se retrouve distinctement et deuxième pour éviter toute confusion avec le caractère potentiellement spirituel que peut évoquer la notion d'« incarnation ».

³ L'Intelligence Artificielle (ou IA) est définie comme « l'ensemble des théories et des techniques développant des programmes informatiques complexes capables de simuler certains traits de l'intelligence humaine (raisonnement, apprentissage...) » (Dictionnaire Le Robert)

⁴ En France, le premier programme doctoral de sciences cognitives est créé en 1992 entre l'Université Paris 6, l'École des hautes études en sciences sociales et l'École Polytechnique. D'autres programmes suivront ensuite dans toute la France (Varela, 1996).

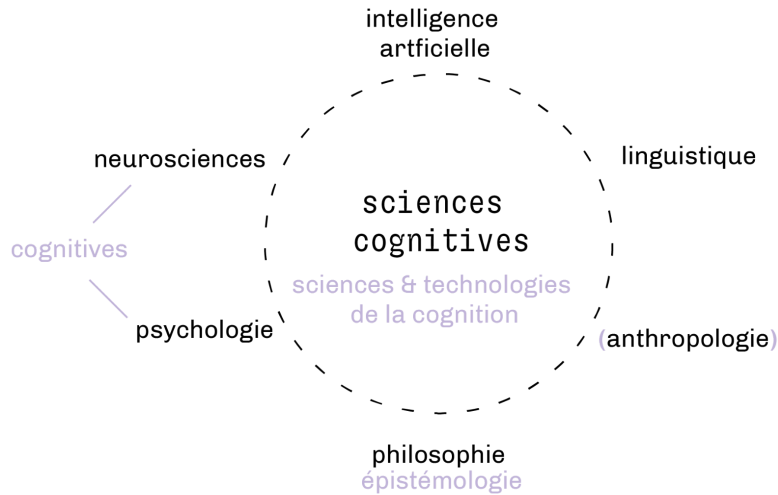


Figure 1 : Des Sciences et Technologies de la Cognition aux Sciences Cognitives

3.1.1. De la psychologie cognitive aux sciences cognitives : une pluralité de paradigmes.

Les sciences cognitives proposent une vision interdisciplinaire de l'étude de la cognition (perception, langage, inférence, action) qui ne « pourrait être séparée de notre propre expérience » (Varela, 1996). Explorant le lien entre le corps, l'esprit et l'environnement, il ne s'agit plus seulement d'étudier des mécanismes cognitifs ou développementaux, mais au contraire, de les associer aux différents éléments de contexte liée à l'expérience vécue. C'est ainsi que naît le paradigme énonciviste qui introduit la notion de « cognition incorporée » (Varela, 1993) et bouleverse les théories précédemment établies en psychologie cognitive.

La notion de paradigme est définie par Kuhn (1970) comme une « vision du monde » qui « fournit à la communauté de recherche des problèmes types et des solutions ». Le paradigme se positionne comme « un consensus adopté et accepté par une communauté scientifique à une époque donnée » (Versace et. al, 2018). Il est intéressant d'observer les modifications, parfois radicales, engendrées par un nouveau paradigme, puisqu'il s'agit de percevoir le monde de manière complètement différente.

Ainsi, il ne s'agit pas seulement de tenter d'adapter des travaux de recherche existants à ce nouveau paradigme, mais de façonner différemment les travaux de recherches (scientifiques) en y intégrant de nouvelles normes. Certaines l'associent alors à un phénomène de « révolution » qui bouscule la vie scientifique, remettant complètement en cause le paradigme existant - à l'image du paradigme

énactiviste, comme nous l'expliciterons tout au long de cette partie. En effet, dans les prochains paragraphes, nous proposons de retracer l'histoire des sciences cognitives, en parcourant les différents paradigmes qui ont traversé les disciplines de la psychologie, de la psychologie cognitive et enfin, des sciences cognitives [Figure 2].

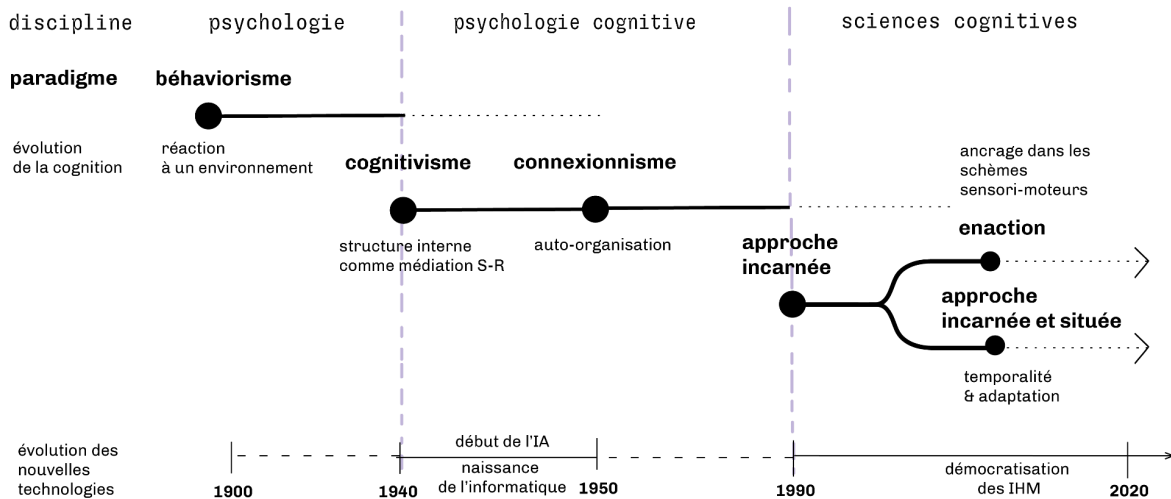


Figure 2 : De la psychologie aux sciences cognitives - une évolution dynamique de la cognition, en lien avec les nouvelles technologies.

- **La rupture béhavioriste.**

La psychologie cognitive naît de de la remise en question du béhaviorisme - anglicisme qui vient du terme « *behaviour* » en anglais qui signifie « comportement ». Le behaviorisme (défini par Watson en 1913) est considéré comme une science naturelle : la science du comportement. Dans l'approche béhavioriste, tout événement naturel, y compris un comportement, doit pouvoir s'expliquer par d'autres événements, afin d'être contrôlé et prédit. Apparaît alors la notion de S-R pour *Stimulus-Response* : la psychologie comportementale doit pouvoir prédire la réponse (comportement de l'être humain) connaissant le stimulus (produit par l'environnement). Skinner détourne cette pensée en affirmant que « le comportement n'est pas déclenché par l'environnement mais sélectionné par lui » (Versace et. al, 2018).

Pour le comportementaliste, les pensées et les sentiments sont des comportements, ils ne peuvent en être à l'origine - on parle alors de « béhaviorisme

radical » (1945). Cette approche est peu à peu remise en cause, et ce pour de nombreuses raisons telles que la non prise en compte des données sensorielles ou encore la comparaison de l'homme à l'animal, mais la plus intéressante est formulée par Chomsky (1957). En effet, le linguiste critique le fait que l'approche behavioriste ne prend pas en compte le traitement interne des informations externes, soit le produit des interactions complexes entre les caractéristiques innées et l'expérience acquise au cours du temps. Par exemple, le langage, s'il s'appuie sur des règles syntaxiques universelles (structure interne, innée), est source infinie de créativité pour l'être humain qui le fait évoluer au cours du temps (expérience acquise).

Nous retiendrons de l'approche behavioriste, l'influence de l'environnement sur nos comportements. Cependant, cette approche ne laisse nulle place à l'expérience sensible puisque l'environnement façonne (induit et sélectionne) nos comportements (dont les pensées et les sentiments) et les explique tout à fait.

- **Du cognitivisme...**

La critique du behavioriste basée sur le refus de prendre en compte la structure interne de l'être humain, ajouté à l'avènement de l'intelligence artificielle (McCulloch & Pitt, 1943), laisse place au paradigme cognitiviste aussi qualifié de « computationnalisme » (par Jerry Fodor). Les avancées informatiques d'alors (théorie de l'information, cybernétique et machine de Turing) influencent certainement la mise en œuvre de ce nouveau paradigme associant cognition et computation. La cognition fonctionnerait donc comme le traitement computationnel, soit « une opération qui est effectuée sur des symboles, c'est-à-dire sur des éléments qui *représentent* ce à quoi ils correspondent. » (Varela, 1996)

En effet, ce paradigme considère que le fonctionnement de l'esprit humain est similaire à celui de l'ordinateur : si la machine est capable de produire de nouvelles informations à partir de données, la cognition humaine fait de même et l'on penche même à la construction d'un « cerveau électronique »... Comme le précise Varela (1996), il est important de noter que l'approche cognitiviste implique « une forte présupposition quant aux relations entre syntaxe et sémantique [...] dans un programme informatique la syntaxe du code symbolique reflète sa sémantique. »

L'approche cognitiviste considère donc la cognition comme à la fois comme un système de représentation de la pensée par des symboles, et un système modulaire

- deux caractéristiques fortement critiquées par la communauté scientifique et qui ont conduit au paradigme connexionniste, dit de l'« émergence ».

- **...au connexionnisme.**

Démocratisée par Karl S. Lashely et Donald Hebb (1949) dans les années 1950, le paradigme considère la cognition comme « un système de traitement des informations auto-apprenant où la force des connexions (i.e. ce qui est appris) est inséparable de leur histoire, y compris la tâche, et les symboles le reflet du système». (Versace et. al, 2018). L'approche connexionniste reconnaît la capacité d'auto-organisation du cerveau soit sa capacité à modifier par lui-même les connexions neuronales - ce dont est bien incapable une machine dont le fonctionnement ne s'organise qu'à travers la mise en oeuvre d'algorithmes qui ne peuvent pas être traités de manière parallèle, comme l'illustre cette citation :

« il devenait clair que l'intelligence la plus profonde et la plus fondamentale est celle du bébé qui acquiert le langage à partir d'un flot quotidien de bribes dispersées, ou encore qui reconstitue des objets signifiants à partir d'un flux informe de lumière » (Varela, 1996 - p. 56).

Si l'approche connexionniste marque les limites de la comparaison systématique de l'être humain à la machine, les questions du rapport au monde (référence) et de l'apport de sens (signification) restent en suspens.

Cognitivism et connexionnisme partagent donc l'idée que « la vocation première du système cognitif est d'extraire les informations d'un monde préexistant indépendant du sujet qui le perçoit (ie. du système cognitif). Ensuite est générée une commande motrice pour qu'un comportement soit exécuté. » (Versace et. al, 2018) Assimilant l'être humain à la machine, ces approches ont donc en commun de considérer la pensée comme émanant seulement de notre cerveau, préservant ainsi la pensée cartésienne de la division corps-esprit (*body & mind*). Pourtant et comme le précise Fabienne Martin-Juchat, professeure des Universités et spécialiste du lien entre corps et média :

« Le corps n'est pas assimilable à une machine qui serait coupée de son environnement, mais il est, au contraire, activement en quête de la recherche de son propre équilibre dans un environnement impermanent. » (Martin-Juchat, 2020)

C'est ainsi qu'un basculement important dans l'histoire des sciences cognitives apparaît autour du paradigme énonciviste, dont nous allons maintenant explorer les fondements.

3.1.2. Le paradigme énaïctiviste.

La notion d'Énaïction provient de l'anglais « *to enact* » qui signifie « susciter, faire advenir, émerger ». Au centre du paradigme énaïctiviste, introduit par Varela, on retrouve l'idée qu'un organisme s'auto-organise en interaction avec l'environnement qui l'entoure, puisant ainsi dans les racines historiques de cette approche et ses éléments fondamentaux : la prise en compte de l'environnement (béhaviorisme), dans la réponse d'un organisme complexe (cognitivism) grâce à ces capacités d'auto-organisation (connexionnisme). Cependant l'approche énaïctiviste se distingue des paradigmes antécédents par la prise en compte du corps, et de l'interdépendance de ce corps avec son environnement. En effet, dans son ouvrage *L'inscription corporelle de l'esprit* (1993), le neurobiologiste et philosophe Francisco J. Varela, préfère parler d'énaïction plutôt que de cognition puisque :

« la cognition, loin d'être la représentation d'un monde prédonné, est l'avènement conjoint d'un monde et d'un esprit à partir de l'histoire des diverses actions qu'accomplit un être dans le monde. » (Varela, 1993, p.41).

L'énaïction propose donc une vision « vivante » de la cognition, qui pose des questions énaïctées, c'est-à-dire émergeant à chaque moment de notre vie dont « les critères de pertinence sont dictés par notre sens commun, d'une manière contextuelle » (Varela, 1996). On peut alors parler d'action et de cognition incorporées pour illustrer le lien corps/esprit/environnement.

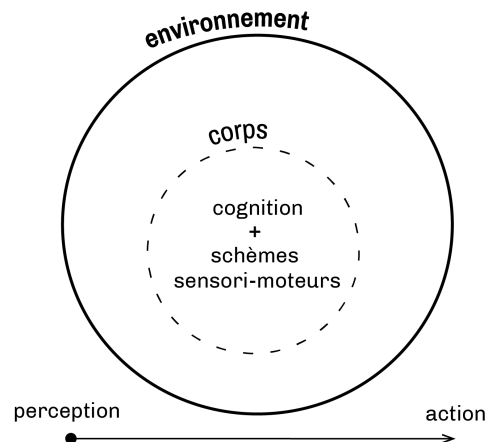


Figure 3 : Le concept d'Énaïction, selon la pensée de Francisco J. Varela.

- **De l'action à la cognition incarnée / incorporée.**

Le paradigme énonciviste introduit la notion de « corporéité » cher à Maurice Merleau-Ponty qu'il présente dans son ouvrage majeur intitulé *La phénoménologie de la perception* (1945). Le philosophe y définit le corps comme « notre moyen général d'avoir un monde », qu'il soit biologique ou significatif - c'est-à-dire que le corps nous permet à la fois de réaliser des gestes (« nécessaires à la conservation de la vie »), et de leur donner une signification (« passant de leur sens propre à un sens figuré »).

Reprenant les travaux de Merleau-Ponty, Varela explique que la corporéité possède un double sens selon lui puisqu'elle désigne le corps à la fois comme « structure vécue » (biologique) et comme « contexte où ont lieu des mécanismes cognitifs » (significatif). Le corps n'est plus seulement considéré comme un « outil » exécutant les commandes du cerveau mais bel et bien comme l'objet et le sujet des interactions avec son environnement :

«Tout d'abord, la cognition dépend des types d'expérience qui découlent du fait d'avoir un corps doté de diverses capacités sensori-motrices ; en second lieu, ces capacités individuelles sensori-motrices s'inscrivent elles-mêmes dans un contexte biologique, psychologique et culturel plus large. [...] (1) la perception consiste en une action guidée par la perception ; (2) les structures cognitives émergent des schèmes sensori-moteurs récurrents qui permettent à l'action d'être guidée par la perception.»
(Varela, 1993, p.285)

On parle alors d' « action incorporée » (*embodied action* en anglais) puisque l'action est « ancrée dans les processus sensori-moteurs et dans la morphologie et les états internes de notre corps » (Ionesco & Vasc, 2013). Non seulement l'action est guidée par la perception d'un environnement, et alors dépendante des schèmes sensori-moteurs, mais en plus ces schèmes sensori-moteurs dépendent de l'environnement dans lesquels ils naissent.

Autrement dit, on peut résumer la notion de corporéité (*embodiment*) par deux caractéristiques intrinsèques de la cognition incorporée (*embodied cognition*) (Ionesco & Vasc, 2013) :

- (1) La cognition n'est ni abstraite ni amodal (« *cognition is not abstract and amodal* »), ie. les représentations que nous construisons sont ancrées dans nos schèmes sensori-moteurs et sont donc par essence, multimodales.

(2) La cognition ne se résume pas à la pensée (« *cognition is not just about thinking* »), c'est-à-dire que la perception est à l'origine de toute action (« *perceiving and acting* »). De plus, les émotions ainsi que les processus liés à l'affect occupent une place importante dans le développement cognitif comme nous le verrons dans la suite de ce chapitre.

Il existe donc une interdépendance existante entre les schèmes sensori-moteurs et le développement cognitif, entre perception et action - soulignant le rôle fondamental du « corps » comme vecteur de l'expérience, à l'origine même du paradigme énoncé.

Quelques années plus tard, Lawrence Shapiro (2010) théorise le concept d'« embodied cognition » dans un ouvrage en démontrant toute la complexité. Selon le philosophe, la notion de « cognition incorporée » révolutionne les standards en sciences cognitives par la mobilisation de trois concepts forts, inspirés des travaux des pionniers en sciences cognitives :

- La « conceptualisation » (*conceptualization*) associe la compréhension du monde par un organisme à ses propriétés corporelles et ses organes sensoriels (Varela et al, 1993).
- Le « remplacement » (*replacement*) prône un renouvellement des outils informatiques au profit de nouvelles approches à l'image de la théorie des systèmes dynamiques introduite par le roboticien Rodney Brook.
- La « constitution » (*constitution*) insiste sur le fait que la cognition prend en compte le cerveau, le corps et l'environnement, ainsi que toutes les interactions entre (Clark, 1997).

Bien que nous survolons ici, la pensée complexe énoncée par Shapiro, nous mettons en avant des principes fondamentaux que nous retrouverons tout au long de ce chapitre : (i) le corps comme vecteur de nos expériences, (ii) l'évolution conjointe des technologies et des avancées en sciences cognitives ainsi que (iii) la prise de conscience de l'interdépendance existant entre le corps, l'esprit et l'environnement.

Tout ceci vient évidemment « bouleverser les modes de pensée traditionnels sur un certain nombre de sujets étudiés depuis longtemps, tels que l'acquisition du langage, l'interaction sociale, la mémoire et le raisonnement (Shapiro & Stolz, 2020), et ouvre ainsi la voie à de réels défis de recherche, notamment dans le domaine de l'éducation (Glenberg, 2008) comme nous le verrons dans la suite de ce chapitre.

- **L'approche incarnée et située de la cognition.**

Dans un ouvrage relativement récent, les auteurs français Rémy Versace, Denis Brouillet, et Guillaume Vallet (2018), tous trois chercheurs en psychologie, introduisent le concept d' « approche incarnée et située de la cognition » - préférant ainsi le terme d'approche à celui de paradigme. En effet, les auteurs empruntent le caractère sensori-moteur de la connaissance au paradigme énonciviste, ainsi que le fait que les connaissances puissent être distribuées sur l'ensemble du cerveau au paradigme connexionniste. Il s'agit donc plus d'une nouvelle approche qu'un véritable changement de paradigme puisqu'ils affirment également que « les connaissances émergent des interactions entre les composants sensoriels et moteurs des expériences passées et de l'expérience présente » (p. 20).

S'opposant à la radicalité du paradigme énonciviste qui propose que l'expérience de « réalité » se co-construit par l'organisme et son environnement, les auteurs s'accordent tout de même sur l'idée que la cognition humaine « plonge ses racines dans nos interactions sensori-motrices avec le monde » (caractère incarné) et ce sont de nos interactions avec l'environnement qu'émerge le sens du monde et des choses (caractère situé) :

« Considérer que le sens du monde et des choses, et plus largement la cognition, émergent (et se différencient) de nos interactions permanentes avec l'environnement explique aussi l'importance de l'action (interaction), que ce soit avec et sur l'environnement physique, mais aussi avec les autres (environnement social), et ceci que ce soit une action réelle ou "simulée". » (Versace et. al, 2018)

L'approche incarnée et située de la cognition, remet également en cause la modularité de la cognition et la nature strictement symbolique des représentations, propres au connexionnisme. Bien que des divergences puissent être observées chez les penseurs de l'approche incarnée et située de la cognition, leur originalité repose sur les dimensions temporelle et adaptative de la cognition, c'est-à-dire que les expériences passées sont ancrées dans notre esprit et permettent d'adapter notre comportement à la situation présente ou prédire les futures.

_L'approche incarnée et située de la cognition accordent une place essentielle à la notion d' « expérience », phénomène illustrant le lien d'interdépendance entre corps/ esprit/ environnement. Ce lien repose, rappelons-le sur deux notions fondamentales :

- Le fait que la pensée émerge au sein d'un contexte, permettant ainsi à l'individu de donner sens aux choses et au monde qui l'entoure.

- Et, la prise de conscience de l'importance des interactions avec l'environnement, qu'il soit physique ou social.

Ces deux notions réunies posent les bases de l'expérience comme nous le verrons dans la partie suivante.

3.2. L'expérience, un phénomène de corporéité.

Les racines étymologiques de l'expérience sont les suivantes : du latin, *experientia*, qui signifie « essai, épreuve, tentative », la notion d'expérience se réfère à une « connaissance acquise par la pratique » (Larousse, cnrtl). Le phénomène fait quant à lui directement référence à l'expérience dans sa définition suivante : « fait naturel complexe pouvant faire l'objet d'expériences » (Dictionnaire Le Robert).

Pour Géraldine Hatchuel, designer d'expérience, le terme d'expérience se rapporte à « un moment de vie pendant lequel on découvre une création humaine, un détail de la nature ou une connexion spirituelle » (Hatchuel, 2018). La designer crée un lien entre « expérience » et pratiques artistiques, qu'il s'agisse d'arts visuels ou d'arts vivants. Hatchuel fait pour cela référence aux travaux de Jean-Marie Schaeffer sur l'expérience dite « esthétique », c'est-à-dire découlant de l'activité elle-même de contemplation d'une œuvre, qu'elle soit théâtrale, picturale ou encore musicale. Pour le philosophe, il faut distinguer deux aspects de l'expérience : « ce que l'on vit » (*erfahrung*) de « ce que l'on a retenu » (*erlebnis*). Ainsi dans l'expérience, il y a le moment présent, et ce que l'on retient de ce moment - une forme de mémorisation, voire d'interprétation).

Pour John Dewey, pédagogue et philosophe, auteur de *L'art comme expérience*, elle est « un produit dérivé, d'interactions continues et cumulées entre un individu organique et le monde.» (Dewey, 1934/2005). Ainsi l'expérience peut être perçue comme un phénomène incorporé puisqu'elle est au cœur de la relation entre le corps, l'esprit et l'environnement, tel qu'évoqué au sein du paradigme énonciviste, inspiré de la phénoménologie.

Dans cette deuxième partie, nous aborderons dans un premier temps, les concepts fondateurs de la phénoménologie considérée comme une « science de l'expérience », puis nous reviendrons sur la place du corps au cœur des phénomènes expérientiels. Enfin, nous présenterons les fondements de la discipline émergente du « design d'expérience ».

3.2.1. L'expérience, une science de la pratique.

Dans un ouvrage intitulé *À l'épreuve de l'expérience: pour une pratique phénoménologique* (2011), les auteurs, Nathalie Depraz, Pierre Vermersch et Francisco J. Varela définissent ainsi l'expérience :

« Il s'agit de la connaissance familière que nous avons de notre esprit et de notre action, à savoir le témoignage vécu et de première main dont nous disposons à son propos. À cet égard, l'accent ne porte pas sur le contenu mais sur la modalité immédiate et incarnée d'accès à ladite expérience, de sorte qu'on a là quelque chose d'irréductiblement personnel. Bref, l'expérience, c'est toujours ce dont un sujet singulier fait l'épreuve à un instant donné et en un lieu précis : ce à quoi il accède en "première personne" ».

Cet ouvrage souligne deux notions importantes pour la construction de notre pensée de recherche : l'importance d'exprimer, d'écouter et de partager des expériences vécues (le propre de la phénoménologie), et le fait que l'expérience soit intimement liée à la pratique (le faire). Les paragraphes suivants s'appuient principalement sur ces deux éléments.

- **La phénoménologie, une « science » de l'expérience**

La phénoménologie est un courant philosophique qui naît au début du 20^e siècle grâce aux travaux du philosophe allemand, Edmund Husserl (1859-1938). Avec pour principal *leitmotiv*, l'idée de « revenir aux choses elles-mêmes », la phénoménologie selon Husserl, relie l'expérience vécue à son intentionnalité. Il s'agit de décrire les choses telles qu'elles sont - de « convertir notre vision en regard » nous dit le philosophe Bruce Bégout, en acceptant nos manières plurielles d'être au monde. Bégout décrit aussi la phénoménologie comme « une théorie au plus proche de l'expérience » et comme son nom l'indique, « un discours des phénomènes ».

Ces phénomènes sont justement décrits comme des expériences perceptives vécues grâce au corps - on observe donc, grâce à la phénoménologie, un glissement de la conscience vers le corps. Merleau-Ponty définit ainsi la phénoménologie comme une « philosophie qui replace les essences [de la perception et de la conscience] dans l'existence. » À la fois « science exacte », elle est aussi définie comme un « compte-rendu de l'espace, du temps, du monde "vécus". » (Merleau-Ponty, 1945).

Reprenant les fondamentaux de la phénoménologie, la philosophe Camille Froidevaux-Metterie affirme que « la phénoménologie postule que toute

connaissance s'enracine dans l'expérience incarnée de la vie humaine.» (2021) En effet, le corps, selon Husserl, est défini à la fois comme sujet (*lieb* en allemand) et objet (*kerper*), c'est-à-dire chair vivante et matière animée, sensible et conscient. Il est surtout un corps « situé » c'est-à-dire qu'il est notre rapport premier au monde, le point de vue duquel nous partons pour vivre chacune de nos expériences.

Le philosophe Bruce Bégout introduit deux concepts intéressants en phénoménologie : le premier concerne l'« affectivité » et le second, le concept d'« ambiance ».

Le concept d'affectivité rassemble trois notions : les sensations organiques (le bien-être par exemple), les sentiments (liés à des objets, à des personnes, etc.) ainsi que les ambiances (« ce qui flotte autour de nous »). Ces notions peuvent évidemment être prises indépendamment les unes des autres mais c'est en les combinant que des variations de plaisir ou de peine peuvent se faire ressentir. Le concept d'affectivité introduit celui d'ambiance.

En effet, l'ambiance est décrite par Bégout (2020) comme un « dôme invisible sous lequel se déroulent toutes nos expériences ». C'est un phénomène immédiat, à la fois global et affectif. Il est intéressant, selon le philosophe, d'observer que les souvenirs d'enfance sont souvent liés à des « ambiances » réunissant lieux, odeurs, personnes, objets etc. en leur sein. Le concept d'ambiance introduit également la notion d'« éco-phénoménologie » qui a émergé ces dernières années et permet de dépasser les dualismes multiples auxquels notre interprétation du monde doit faire face tels que les dualismes individu/environnement, moi/monde, sujet/objet.

La phénoménologie insuffle donc un nouveau souffle dans l'histoire de la philosophie moderne, car elle place le corps au cœur même de l'expérience et de la pensée, et accorde ainsi une importance à la pratique.

- **La pratique au cœur de l'expérience**

L'expérience peut-être définie comme « une connaissance acquise par la pratique » (Larousse) ou *praxis* en latin. Bien que trop longtemps délaissée par les philosophes et les scientifiques, l'expérience retrouve toute sa place dans leurs travaux grâce aux sciences cognitives et à la phénoménologie. La pratique est ce qui nous met en action, elle est donc associée au *savoir-faire* qui occupe une place centrale dans le concept d'énaction (en-action) introduit par Varela (1993) et que nous avons évoqué en première partie de ce chapitre.

En effet, selon Depraz, Varela et Vermersch (2011), tous les êtres vivants doués de cognition ont en commun une connaissance associée à un « savoir-faire formé sur la base du concret », ainsi « ce que nous appelons le général et l'abstrait, ce sont des agrégats de notre capacité à agir. » Et justement cette action s'effectue bel et bien par le corps en mouvement, qui transforme l'action en expérience. Les auteur-trices décrivent ainsi le lien entre expérience et pratique :

« Accéder à l'expérience humaine, c'est d'abord aller chercher la vérité de son incarnation, de sa nature et de son mode d'être dans l'agir, le faire, dans la pratique, plus que dans le discours ou la pensée. En effet, la pratique est le lieu d'une interaction du sujet et du monde et du sujet lui-même. C'est donc à travers ses pratiques qu'il est le plus à même de refléter spontanément le monde. » (Depraz et. al, 2011).

Toujours selon Depraz, Varela et Vermersch (2011), la notion de « pratique » est ancrée dans deux racines philosophiques. La première se retrouve dans l'histoire du marxisme comme « une activité humaine, matérielle et sociale de transformation de la nature et de la société ». Ainsi, la connaissance n'est pas purement contemplative ou représentative, mais bel et bien dynamique, et ressort d'une pratique « d'appropriation du monde et de soi ».

La seconde considère la pratique comme « un lieu privilégié de la saisie de l'expérience subjective » dans la tradition pragmatiste. Il est donc intéressant d'observer ici que la pratique, au coeur même de l'expérience, associe l'interdépendance du corps à la fois comme objet (marxisme) et sujet (pragmatisme), pour reprendre les termes d'Husserl - « la substraction de l'idéalité husserlienne est à l'expérience pratique et sensible ce que l'idéologie marxiste est à la réalité matérielle concrète ». (Depraz, Varela & Vermersch, 2011)

Impossible d'évoquer la question de la pratique, sans écrire quelques lignes à propos du pragmatisme. Tout comme la phénoménologie, le pragmatisme s'oppose radicalement à la philosophie cartésienne ou rationaliste, et affirme que la vérité émerge de l'expérience. Du grec *pragma*, qui veut dire « analyse de l'action », le pragmatisme est défini comme une démarche profondément empiriste, c'est-à-dire que « la notion d'effet pratique est étroitement liée à la question de savoir quels effets d'une théorie sont attendus dans l'expérience. » (Wikipédia)

Ce courant philosophique américain, est d'abord introduit par Charles S. Peirce, à la fin 19e siècle, puis par William James (1907) et John W. Dewey durant l'entre-deux guerres. Ce dernier, également pédagogue, a, rappelons-le, appliqué

les principes pragmatiques au sein de la *Laboratory School* de Chicago qu'il a fondé (cf. **Chapitre 1**). Ainsi, la vision de l'éducation de Dewey est l'illustration même de sa pensée pragmatique :

« "Apprendre par expérience", c'est établir un lien rétrospectif et prospectif entre ce que nous faisons aux choses et le plaisir ou la douleur que les choses provoquent en nous en retour en conséquence de nos actions. Dans ces conditions, faire devient une mise à l'épreuve, une expérimentation avec le monde pour découvrir à quoi il ressemble, subir devient enseignement - découverte des liaisons entre les choses. » (Dewey, 2018)

Ainsi pour Dewey, apprendre est une expérience qui se vit par la pratique, associant action et ressenti par l'expérimentation. La pensée de Dewey offre également une distinction claire entre savoir (*know what*) et savoir-faire (*know how*), comme le précisent Depraz, Varela et Vermersch (2011). C'est-à-dire que la pratique joue un rôle central en s'immisçant dans les moindres détails de notre vie quotidienne, aux premiers desquels les *habitus*, c'est-à-dire ces « traces des pratiques humaines qui constituent notre horizon immédiat ».

Enfin, avec la considération grandissant de la notion de « pratiques », émerge la théorisation du terme de « particien-nes », défini comme des personnes qui :

« exercent des techniques, ils diagnostiquent des problèmes et tentent de les résoudre sur des bases pragmatiques, à savoir, ni théoriques, ni scientifiques, dans la mesure où la science dont ils auraient besoin pour fonder leurs pratiques n'existe pas encore. »

Ces professionnel-les sont les détenteur-trices de nouvelles techniques issus de la combinaison de savoirs et savoir-faire, et les créateur-trices d'une transformation radicale du système qui « travaillent en prise directe avec l'expérience humaine subjective ». Le domaine de la pédagogie en est l'illustration parfaite, comme j'espère l'exprimer au sein de cette thèse. Mais pour l'heure, revenons justement au « corps sensible », qui constitue selon moi un fondement théorique essentiel au design d'expérience que nous aborderons juste après.

Les courants philosophiques de la phénoménologie et du pragmatisme ont tous deux donné une place centrale à l'expérience vécue. Or, comme nous l'avons évoqué précédemment, l'expérience vécue est essentiellement perceptive et donc passe par notre corps, qui se retrouve alors en moyen d'agir sur le monde (énaction). Si nous avons décrit le corps à la fois comme sujet et objet tel que décrit par la

phénoménologie husserlienne et la phénoménologie merleau-pontienne, nous nous intéresserons dans les prochains paragraphes au corps sujet, c'est-à-dire au « corps sensible ».

- **Le corps sensible, vecteur de l'expérience**

Dans son ouvrage intitulé *L'art comme expérience* (2005), Dewey écrit que l'expérience se veut à la fois *esthétique* - c'est-à-dire ancrée dans une interprétation individuelle qui nous touche personnellement (le beau), et *sensible* car faisant appel à nos sens, provoquant à la fois sensations et émotions. Le corps joue donc le rôle de « vecteur » de l'expérience.

Dewey considère ainsi l'expérience comme un « médiateur, l'intermédiaire entre l'artiste et celui qui perçoit. » (p.331) L'expérience serait ce « médium » entre moi et le monde, entre l'être humain et son environnement. Et tout laisse à penser que l'expérience serait éminemment corporelle puisque le corps se positionne selon lui, comme « un matériau sensible externe » aussi qualifié de « véhicule » de la perception :

« Même si l'âme n'était pas emprisonnée dans le corps, les peintures existeraient sans la couleur, la musique sans les sons, et la littérature sans les mots. » (Dewey, 1915/2005)

Dans cette citation, on comprend que le corps « interprète » et « qualifie », donne sens au monde qui l'entoure, se traduisant sous la forme d'un langage universel. Quelque soit la langue parlée, nous ressentons sensations et émotions qui nous permettent de rentrer en communication avec notre environnement - on parle alors de corps sensible voire de « vie sensible » pour reprendre le titre d'un ouvrage récemment écrit par Emmanuel Coccia.

Le philosophe d'origine italienne, attribue la notion de sensibilité au vécu de l'expérience corporelle puisque selon lui « tout dans le vivant est destiné à produire du sensible », à « produire des sensations, éveiller les sens, pour modifier le monde ». Le monde n'est pas seulement vécu, il est perçu par l'humain qui, par son corps, interprète les signes de son environnement. Le corps est donc « ce poumon métaphysique qui inspire lumière et images pour être appropriées, transformées, pour leur donner un monde ». Coccia (2021) souligne également que « la vie sensible » a de tout temps été imprégnée d'images - ainsi le sens de la vue a été prédominé dans notre interprétation du monde en tant qu'être humain.

- **L'expérience sensible - à l'ère numérique**

Ce phénomène - à savoir la domination du sens de la vue sur les autres sens⁵ - s'est évidemment exacerbé avec l'utilisation des outils numériques, et notamment des interfaces à écran, comme l'explique Stéphane Vial, dans son ouvrage intitulé *L'être et l'écran* (2013). Selon le philosophe et théoricien du design nos expériences du/au monde se modifient de manière ontophanique c'est-à-dire que « chaque génération réapprend le monde et renégocie son rapport au réel à l'aide de dispositifs techniques dont elle dispose dans le contexte socioculturel qui est le sien ». Vial constate qu'il existe un « détachement du corps » liées à l'utilisation de nos interfaces numériques qui modifient également la manière dont le corps apparaît :

« Nous avons appris à voir les choses sous l'angle des interfaces, c'est-à-dire à considérer comme des choses, les choses qui apparaissent sur nos écrans » (Vial, 2013).

C'est donc l'ensemble de notre perception qui se trouve transformée, mais pas complètement dé-corporéisé. En effet, Fabienne Martin-Juchat, possède un discours plus nuancé sur le sujet qu'elle présente dans son ouvrage intitulé *L'aventure du corps*, puisqu'elle écrit :

« Le numérique permet de ressentir des émotions fortes interdites dans la relation sociale, même s'il n'offre pas le moyen de se mettre à l'épreuve par l'expérience de la confrontation charnelle. » (Martin-Juchat, 2020)

En effet, la chercheuse insiste sur la multiplicité des mouvements corporels - qu'ils soient « à la fois physiologiques, physiques et sensibles (les sensations et les émotions), [ils] engendrent une activité intense. » Ainsi notre corps est également en mouvement face aux écrans, et s'il n'est pas toujours physique, ce mouvement peut être « sensible » :

« Par l'interactivité sensorielle et affective intense devant un écran, une expérience corporelle peut être vécue. Et même si cette expérience comporte des limites par absence de confrontation directe et physique entre corps vivants, elle représente une forme même dégradée d'éducation à la communication corporelle. » (Martin-Juchat, 2020)

Martin-Juchat crée ainsi des ponts entre corps et numérique, éducation et communication, en qualifiant notre relation aux outils numériques d'expérience « corporelle ». Il ne s'agit donc pas de remettre en question nos expériences pratiques et sensibles à l'ère du numérique puisqu'elles existent bel et bien, mais

⁵ Ce que certain-es qualifient d'ailleurs de « surexposition » (on parle de « surexposition aux écrans ») - ce qui fait l'objet de nombreuses controverses, notamment chez les enfants. Cf. Chapitre 2.

d'en définir les nouveaux contours - autant d'enjeux dont les designers se sont emparés avec l'apparition des outils numériques.

Le rôle du design, selon Vial, serait même de proposer de nouvelles expériences à vivre, de les « réenchanter » via de nouvelles manières d'apparaître « faire être » en vue de nouvelles expériences du monde « faire-faire ». C'est justement le sujet du design d'expérience, que la designer Anne Asensio définit comme un « design holistique et systémique de l'expérience. » (Préface, Hatchuel, 2018).

3.2.2. Design de l'expérience.

Pour la designer Géraldine Hatchuel, autrice de l'ouvrage intitulé *Le design d'expérience - Scénariser pour innover* (2018) « le design est un raisonnement de conception qui part d'une vision désirable et qui doit être fondé sur l'expérience ». Ainsi, selon Hatchuel, le-la designer peut être qualifié-e de concepteur-trice d'expérience, puisque le processus de conception qu'il-elle engage aboutit à une forme d'expérience.

Tout comme le domaine des sciences cognitives, les avancées technologiques et plus particulièrement la révolution numérique, ont largement contribué à faire évoluer nos expériences, et donc le rôle du design dans la société, comme l'écrit Asensio :

« Le numérique a bouleversé la définition du design : "designer" une expérience virtuellement de bout en bout, de l'émergence de l'idée à sa diffusion numérique est possible. » (Asensio, 2018)

Au-delà de se limiter à un design pour les technologies numériques, ce sont les technologies qui transforment notre conception du design - on ne parle pas seulement ici de *UX Design* (UX pour User Experience que l'on peut traduire par conception de l'expérience utilisateur-trice en français) mais bel et bien de *Design de l'expérience*.

Dans les prochains paragraphes, nous reviendrons sur trois principes fondamentaux du design d'expérience tel que théorisé par Hatchuel (2018) :

- (1) la double-empathie entre designer et *expérienceur*,
- (2) l'aire intermédiaire d'expérience, et
- (3) le scénario d'expérience.

Ces principes ont largement contribué au développement théorique de cette thèse ainsi qu'à la proposition de nouveau paradigme que nous introduirons en deuxième partie.

- **La double-empathie.**

Avant d'expliquer en détails le principe de « double-empathie », revenons sur le terme d'empathie lui-même. L'empathie repose sur deux composantes majeures : « une disposition innée et non consciente à ressentir que les autres personnes sont comme nous » et une capacité consciente à nous « mettre mentalement à la place d'autrui. » (Simon, 2009) En résumé, l'empathie est la fois notre capacité à ressentir (rapport au corps sensible) et à se mettre à la place de l'autre (rapport au monde) - le terme résume ainsi la capacité de notre corps sensible à entrer en relation avec le monde et les individus qui le composent.

Pour Hatchuel, l'empathie est clé « à la fois dans la conception et dans la réception d'une expérience » c'est pourquoi il faut penser en « double-responsabilité » entre l'émetteur·trice de l'expérience, c'est-à-dire le·la designer (celui ou celle qui conçoit l'expérience) et son récepteur aussi appelé « expérienceur·se » (celui ou celle à qui s'adresse l'expérience). Cette responsabilité embrasse toute la subjectivité des individus engagés dans le processus de l'expérience, de sa conception à son vécu.

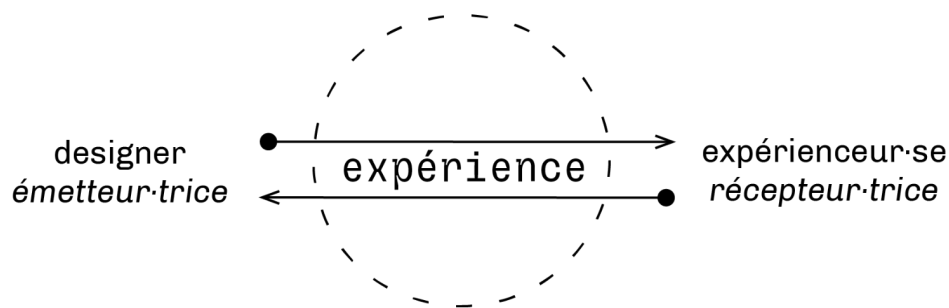


Figure 4 : Le concept de « double-empathie » dans le design d'expérience, selon Hatchuel (2018).

L'empathie est une des qualités requises du·de la designer, notamment envers les personnes pour lesquelles les expériences sont conçues. C'est d'ailleurs l'une des raisons de la démocratisation du terme de « conception centrée utilisateur » (*user centered design*) (Hi Chun & al., 2015) que l'on retrouve essentiellement dans le

domaine de recherche portant sur les interactions humain-machine (sur lequel nous reviendrons dans le chapitre suivant). La conception « centrée utilisateur » se définit d'abord comme un processus de conception influencé par les futur-es utilisateur-trices. Il s'agit alors d'un mode de pensée lié à des méthodes permettant d'impliquer de différente manière les utilisateur-trices au sein du processus de conception (Abrás et. al, 2004).

Plus original, dans le concept de *double-empathie* propre au design d'expérience, l'utilisateur-trice (ou expérienceur-se) doit aussi faire preuve d'empathie à l'égard du designer (émetteur-trice), c'est-à-dire qu'il-elle doit réfléchir à la manière dont l'expérience a été conçue et comment faire pour s'y engager, l'améliorer, « mettre plus ou moins de notre "soi" ». Aussi appelé « retour utilisateur », l'engagement de l'expérienceur-se ne peut se faire qu'au travers de la création d'une « aire intermédiaire d'expérience » [Figure 4].

- **L'aire intermédiaire d'expérience.**

La notion d'aire intermédiaire d'expérience s'appuie librement sur les travaux du pédiatre et psychanalyste américain, Donald W. Winnicott (1896-1971). En effet, Winnicott a théorisé le développement du tout-petit autour de la notion de « phénomènes transitionnels » propres à la petite enfance que sont les « objets transitionnels » et l'« aire transitionnelle ». La notion d'*objet transitionnel* fait référence à cet objet auquel l'enfant s'attache avec passion aussi défini comme la « première possession du non-moi ». Considéré ni comme interne, ni comme externe, il permet à l'enfant de réaliser sa propre existence au monde (émancipée de sa mère) par un acte symbolique (Winnicott, 2010).

Quant à l'« aire transitionnelle », elle est synonyme du « jeu », autre acte symbolique par excellence puisque entre le réel et l'imagination, comme l'explique en ces mots Winnicott dans son ouvrage intitulé *Jeu et Réalité* (1975) :

« Dans la vie de tout être humain, il existe une troisième partie que nous ne pouvons ignorer, c'est l'aire transitionnelle d'expérience à laquelle contribuent simultanément la réalité intérieure et la vie extérieure. [...] Cette aire intermédiaire d'expérience, qui n'est pas mise en question quant à son appartenance à la réalité intérieure ou extérieure (partagée), constitue la plus grande partie du vécu du petit enfant. Elle subsistera tout au long de la vie, dans le mode d'expérimentation interne qui caractérise les arts, la religion, la vie imaginaire et le travail scientifique créatif »

(Winnicott, 1975, p. 9).

Il s'agit donc d'un moment où l'enfant peut agir dans le monde réel tout en étant transporté dans un monde imaginaire - c'est l'alliance vivante du corps et de l'esprit, de l'individuel au sein du collectif, du rapport entre moi et le monde.

Inspiré par les travaux de Winnicott autour des phénomènes transitionnels, Hatchuel définit « l'aire intermédiaire d'expérience » comme « l'ensemble des éléments de réalités dans lesquels se déroule le jeu ». Par cette définition, la designer offre ainsi à l'expérienceur-se de l'espace à travers la création d'une « une zone autonome d'attention et de liberté. ». Cet espace permet ainsi à l'expérienceur-se d'acquérir et de s'approprier l'expérience proposée par l'émetteur-trice, vers « une expérience de découverte et de distinction de soi. » Tout comme l'expérience du jeu, l'aire intermédiaire d'expérience possède des conditions et des règles qui formatent l'expérience :

« L'aire intermédiaire d'expérience installe donc les conditions spatiales et temporelles d'immersion, de narration et d'écoute qui permet la mise en oeuvre des règles de fonctionnement de l'expérience dans ces différents parcours. » (p.84)

Le design agit tel un chef qui chercherait les « ingrédients » essentiels à la conception même de cette expérience :

« On sait que ces ingrédients peuvent être de différentes natures. Mais ils visent à modeler le ressenti de l'expérienceur de façon non à l'embrigader dans un parcours routinier, mais à éveiller sa curiosité, à susciter des émotions inattendues, qui engendrent une réflexion autonome et in fine une capacité d'improvisation. » (pp.84-85)

Ici, Hatchuel met également en avant un des objectifs majeurs au design d'expérience, c'est-à-dire l'émergence des émotions qui transforment bel et bien une simple action en expérience vécue via la mise en œuvre d'un scénario d'expérience.

- **Le scénario d'expérience.**

Un scénario peut être simplement défini comme « une histoire sur des gens et leurs activités. » (Carroll, 2003). Pour Hatchuel, le scénario d'expérience est au design d'expérience ce qu'est l'écriture à l'alphabet, ou la chorégraphie à la danse. Comme au cinéma, le scénario raconte une histoire, et lorsqu'il se réfère à un usage, le scénario en raconte l'usage : « il met en scène les dimensions fonctionnelles, d'utilité et d'utilisabilité, en adoptant le point de vue de l'utilisateur. » (Hatchuel, 2018). Le design d'expérience s'appuie donc sur des dimensions narratives pour raconter et faire vivre une expérience.

Le scénario d'expérience, tout comme le scénario d'usage dans la conception d'un produit ou d'un service, est utilisé tout au long du processus de conception d'une expérience. Au-delà des fonctionnalités du scénario d'usage soient les « actions à valoriser ou à éviter » entre l'utilisateur et le produit/service, le scénario d'expérience met en valeur les dimensions sensibles de l'expérience. Il cherche à provoquer « des interactions physiologiques, conceptuelles, sentimentales, imaginaires, qui suscitent à leur tour des émotions, viscérales, réflexives, humorales et projectives » - autant de notions reprises à Donald N. Norman, psychologue cognitiviste américain et pionnier de la recherche en design, et notamment du design « émotionnel (Norman, 2013).

Le concept de design émotionnel ou *Emotional design* prône une vision holistique de la conception d'un produit qui inclut à la fois « leur attractivité, leur comportement et l'image qu'ils donnent à l'utilisateur - et au propriétaire. » (Hatchuel, 2018) Ainsi, il existe selon lui, trois niveaux de perception émotionnelle (Norman 2004) :

1. *Viscéral* : l'impact initial provoqué par l'apparence physique ;
2. *Comportemental* : alliant perception et ressenti pour une « expérience totale de son utilisation » ;
3. *Réflexif* : pensées qui viennent après, le message que cet objet peut transmettre sur son propriétaire, ou la capacité à transformer un comportement, une attitude.

À ces trois niveaux, Hatchuel y ajoute le niveau *humoral* associé aux sentiments à l'affect provoquant alors bien-être ou mal-être (on se souvient également de la notion d'« affectivité » mise en avant par Bégout que nous avons évoqué un peu plus haut).

Si on applique la vision holistique de Norman au design, celui-ci est porteur d'émotions et nous pouvons tout à fait jouer sur ses différents paramètres pour moduler les émotions que l'on souhaite faire ressentir à l'expérienceur·se. En effet, selon Hatchuel, les émotions sont un premier moteur de l'expérience : « elles agissent sur les sensations et ressentis immédiats de l'individu et par ailleurs, exercent une véritable influence sur le reste des processus cognitifs » au titre desquels l'attention, la prise de décision et la mémorisation, respectivement à court, moyen et long termes (Hatchuel, 2018).

Au design émotionnel, on peut également ajouter quelques mots autour du design de comportement auquel le design d'expérience emprunte la notion d' « agentivité » ou *agency*, en anglais. Le concept d'agentivité passe par les qualités narratives de l'expérience conçue par le designer, qui laisse place à la fois à l'autonomie, à l'imagination et à l'improvisation de l'expérienceur·se. Au sein du scénario d'expérience, on retrouve donc l'intention (du designer) qui provoque l'agentivité (de l'objet de l'expérience) permettant à l'utilisateur·trice de créer sa propre histoire, son interprétation (Grimaldi, 2014).

Pour justement pouvoir créer les qualités immersives propres à l'expérience, Hatchuel crée le « modèle des 5 parcours » comme un repère pour concevoir un scénario d'expérience. Se référant à la fois aux fondamentaux de la construction d'un récit narratif et au travail de mise en scène d'une pièce de théâtre, le modèle des 5 parcours est composé des éléments suivants [Figure 5] :

1. Parcours temporel - *Déroulé de l'expérience* : avant/pendant/après ;
2. Parcours narratif - *Intention stratégique* : succession d'événements qui suivent une quête ou un schéma narratif ;
3. Parcours émotionnel - *Moteurs de l'expérience* : impacts émotionnels provoqués par ces événements ;
4. Parcours scénaristique - *Intention tactique (empathie)* : héros d'une « mise en vie » qui le transforme ;
5. Parcours concret - *Matérialisation corporelle et physique* : rencontres, objets/symboles.

Hatchuel (2018) précise que ce sont seulement les parcours émotionnel et concret qui créent un lien immédiat au réel pour l'expérience - et ce, grâce au vécu de l'expérience. Le premier en mettant en exergue les sens, et le second, en créant sensations et émotions. De plus, la designer précise que pour aboutir à un scénario

d'expérience le plus riche et surprenant, la co-conception ou l'approche centrée utilisateur est à privilégier.

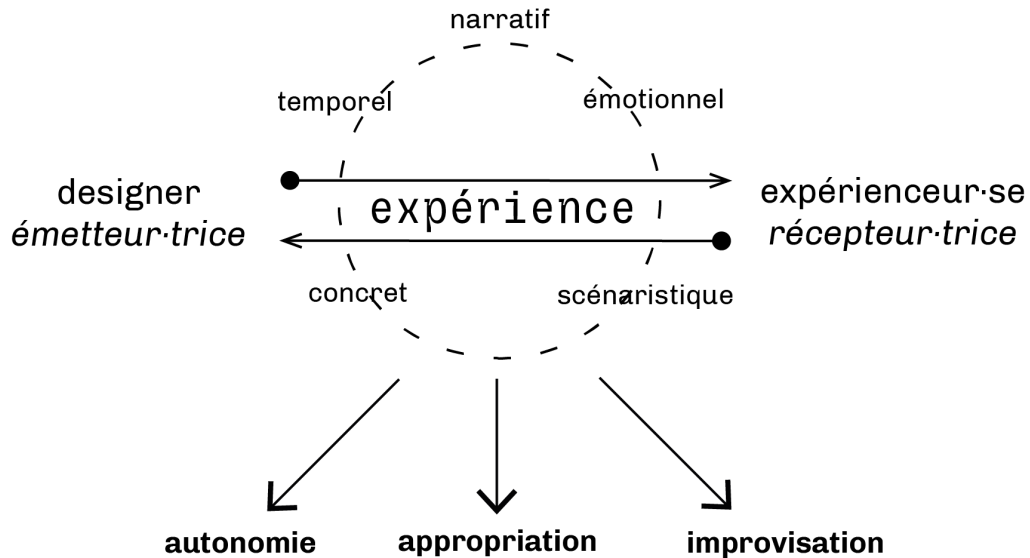


Figure 5 : Les caractéristiques intrinsèques au design d'expérience, selon Hatchuel (2018).

_Grâce au design d'expérience, il ne s'agit plus seulement de concevoir un objet d'interaction, mais bel et bien de provoquer des interactions entre moi, les autres et le monde via la scénarisation d'une expérience. De plus, en plaçant au centre de sa théorisation, le concept même de « corps sensible », le design d'expérience pose des repères théoriques pour concevoir des expériences d'apprentissages incorporées, qui constituent l'objet de la troisième et dernière partie de ce chapitre.

3.3. Vers des expériences d'apprentissages incorporées.

Lorsque le philosophe René Descartes (1596-1650) introduit le dualisme entre corps et esprit, il écarte instantanément la place du corps dans l'apprentissage (1641). En psychologie cognitive, discipline que nous venons d'explorer en première partie de ce chapitre, on perçoit très clairement l'influence du dualisme cartésien dans la construction des différents paradigmes. Le béhaviorisme a d'abord tenté de donner une place au corps à travers l'introduction de la notion de « comportement », s'opposant alors au « mentalisme » qui ne considérait que la « conscience ». Puis, les approches cognitiviste et connexionniste qui ont suivi n'ont cessé d'assimiler le corps à un « outil » exécutant les commandes du « cerveau » alors comparé à une « machine ». C'est seulement avec l'approche énaïviste que le corps reprend place,

non plus comme *outil* mais bel et bien comme *médium* d'interaction avec le monde. Une vision partagée par l'approche incarnée et située de la cognition.

Ce nouveau paradigme offre alors une nouvelle conception de l'apprentissage dans laquelle le corps s'allie à la cognition pour « prendre, apprendre et comprendre » comme l'illustre Michel Serres (2017). Si la mémoire s'ancre dans nos actions, les émotions qui en sont à l'origine offrent une vision dynamique du processus d'apprentissage dans lequel le corps en mouvement joue un rôle fondamental.

Dans cette deuxième partie, nous explorerons dans un premier temps le rôle essentiel du corps, en mouvement au cœur du processus d'apprentissage puis nous introduirons le concept d'« apprentissage incorporé », une notion essentielle pour la suite de la thèse.

3.3.1. Le corps (en mouvement) au cœur de l'apprentissage.

Depuis quelques années, de nombreux penseur·ses et théoricien·nes se sont attachés à déconstruire le dualisme cartésien au premier rang desquels Alain Berthoz (1997), Michel Serres (1999) et Alain Damasio (2006). Alain Berthoz considère le mouvement comme un « sens » à l'image de son ouvrage intitulé *Le sens du mouvement* (1997) Tout comme le paradigme énonciviste, il introduit le geste comme moyen d'action au monde. Une pensée partagée par Michel Serres qui dans son ouvrage tout simplement intitulé *Corps* (2006) valorise la place même du corps dans le processus d'apprentissage au sein de son fameux triptyque « prendre, apprendre, comprendre ». Enfin pour Damasio, il est essentiel d'insister sur le lien entre raison et émotions, un concept qu'il appuie dans son ouvrage intitulé *L'erreur de Descartes - La raison des émotions* (2006).

Ces trois ouvrages constituent le point de départ de cette deuxième partie. Inspiré par Berthoz, nous reviendront dans un premier temps, sur le sens du mouvement. Puis, nous verrons dans quelle mesure le corps en mouvement est un précieux support d'apprentissage, au même titre que les émotions qui elles-mêmes nous mettent en mouvement comme le démontre l'étymologie du mot « émotion », et tels que le décrivent respectivement Serres et Damasio.

- **Le sens du mouvement.**

Alain Berthoz, ingénieur et neurophysiologiste français, introduit le mouvement en comme un « sens » dans son ouvrage intitulé *Le sens du mouvement* (1996). Au-delà des cinq sens traditionnels que sont la vue, l'ouïe, l'odorat, le goût et le toucher, le sens du mouvement ou kinesthésique, associe selon lui la proprioception musculaire (alliant position, vitesse, toucher et effort) au système vestibulaire (permettant la stabilisation posturale ou du regard). Le professeur au Collège de France propose même une nouvelle classification des sens, qui va au-delà même de l'introduction du sens du mouvement, en ces termes :

« Je propose qu'on revienne à une classification des sens qui corresponde à des fonctions perceptives. Ainsi, aux sens du goût et de l'odorat, du toucher, de la vision, de l'audition, il faut ajouter, comme d'ailleurs le fait la langue commune, celui du mouvement, de l'espace, de l'équilibre de l'effort, du soi, de la décision, de la responsabilité, de l'initiative, etc. Le sens est ainsi restitué comme une direction qui accompagne le sujet vers un but et qui est déterminé par lui. Chacun de ces sens utilise, à des degrés divers et de façon dynamique, les capteurs dont il a besoin et encore, certaines des propriétés de chaque capteur. Le cerveau filtre les informations données par les sens en fonction de ses projets propres. » (Berthoz, 1996 - p.287)

Aussi, la perception du monde est définie par Berthoz comme « une exploration active » soit une « action simulée et projetée sur le monde. Elle se ferait au travers de référentiels corporels multiples que sont les capteurs sensoriels, ainsi que la mémoire (à la fois topographique et spatiale) alors considérée essentiellement comme « un outil de prédiction du futur. »

Le lien corps-esprit s'illustre aussi dans l'explication que donne Berthoz du schéma corporel qu'il définit comme « un modèle interne de grandeurs relatives des segments corporels, de leurs relations, de leurs positions » permettant ainsi un « schème des actions possibles ». Il existe, selon lui, une représentation mentale du corps - qui nous permet d'agir en conséquence, et d'adapter nos actions au contexte. C'est alors qu'il associe les termes de « synergie » et de « stratégie ».

Introduit par Bernstein, le concept de « synergie » provient étymologiquement du grec *syn* pour « ensemble » et *ergos* pour « travail ». Ainsi l'évolution (de l'être humain) aurait sélectionné un répertoire de mouvements naturels, simples ou complexes, qui font travailler un ensemble de muscles

(synergie) afin de s'adapter à une situation (stratégie). Pour Berthoz, la sélection de ces mouvements naturels est source d'émotions, de plaisir :

« C'est que le plaisir est un élément essentiel de la perception et de la cognition. Or il trouve aussi sa source dans le mouvement. La preuve en est la joie que donne un beau pas de danse, une lettre formée, une balle adroitement placée, ou l'allégresse que procurent certains mouvements possibles dans des situations particulières. » (Berthoz, 1996 - p.150)

À la lecture de Berthoz, plusieurs éléments ont aidé à construire la suite de notre pensée. Premièrement, la considération du mouvement en tant que « sens » permet de redonner toute sa place aux gestes dans nos inter-actions avec le monde. Ainsi, le geste, défini comme une « action » ou « mouvement du corps [...] révélant un état d'esprit ou visant à exprimer, à exécuter quelque chose » (Dictionnaire Le Robert) effectué par le corps et ses mécanismes (sensoriels et moteurs) peut nous permettre de jouer un rôle dans l'élaboration d'une pensée.

Ensuite, en théorisant la notion de « schéma corporel », Berthoz incarne l'interdépendance entre corps/esprit/environnement qui se construit lors de la petite enfance. En effet, comme nous l'avons vu au chapitre 1, c'est au cours de la petite enfance que se développe la construction de l'espace chez l'enfant via la formation de son schéma corporel.

Enfin, en associant le mouvement au « plaisir », la pensée de Berthoz reflète la nécessité de susciter le fameux « plaisir d'apprendre » dont on connaît aujourd'hui les bénéfices dans le milieu de l'éducation, à tout âge (Dehaene, 2018). Nous verrons ainsi comment les émotions, surtout lorsqu'elles sont considérées comme « positives », sont de véritables ressources pour les apprentissages (Denervaud, 2017). Ces trois principes associés nous incitent à considérer le corps comme un précieux *médium* d'apprentissage, et à étudier tout particulièrement le mouvement.

- **Le corps en mouvement, un support pour l'apprentissage.**

Dans *La phénoménologie de la perception*, Merleau-Ponty associe déjà les notions de corporéité et d'apprentissage, en reliant la conscience à la motricité, le corps à la connaissance, en ces mots :

« Un mouvement est appris lorsque le corps l'a incorporé à son mode, et mouvoir son corps c'est visé à travers lui les choses c'est le laisser répondre à leur sollicitation qui s'exerce sur lui sans aucune représentation. La motricité n'est donc pas comme une servante de la conscience, qui transporte le corps au point de l'espace que nous nous sommes d'abord représenté. Pour que nous puissions mouvoir notre corps, il faut d'abord que l'objet existe pour lui, il faut donc que notre corps n'appartienne pas à la région de l'"en soi". » (Merleau-Ponty, 1976 - pp.173-174)

Ici, la distinction est claire entre motricité et conscience. Si les deux notions sont bel et bien liées et reliées afin de laisser place à la représentation, voire même à l'interprétation, le mouvement existe par lui-même. C'est-à-dire qu'il est le sujet de ces propres interactions avec l'environnement, et n'est pas seulement asservi par la conscience. Il est important de préciser également la différence entre cognition et conscience. Alors que la conscience est la qualification même de l'en-soi, la cognition fait elle, référence aux mécanismes cérébraux - c'est pour cela qu'elle peut-être incorporée comme l'écrit Merleau-Ponty contrairement à la conscience qui existe par elle-même.

Suite à l'émergence du paradigme énaviviste, inspiré de la pensée phénoménologique de Merleau-Ponty, les travaux portant sur le lien entre cognition incarnée/incorporée, corporéité et apprentissage se sont multipliés. Le corps en mouvement, est alors considéré comme l'organisme « créateur » de gestes qui boucle le lien perception-action afin de s'adapter aux environnements, y compris lorsqu'il s'agit d'apprentissage (*synergie*). Il devient ainsi un *médium* pour l'éducation - par la traduction, la transmission, ou l'assimilation de connaissance (*stratégie*). Pour reprendre les termes de Berthoz, on pourrait presque qualifier la place du corps dans l'apprentissage comme la mise en œuvre de *stratégies pédagogiques* issue de synergies incorporées.

Le professeur en psychologie Arthur M. Glenberg, définit ainsi le lien entre corporéité (*embodiment*) et éducation :

« *The essence of embodied theories of cognition is that the body, particularly bodily systems that have evolved for perception, action, and emotion, contribute to "higher" cognitive processes. Many of these cognitive processes are important to education, such as language comprehension, reading, mathematics, and scientific thinking. Thus, the classroom offers a fertile ground for observing effects of embodiment and testing theories.*»⁶ (Glenberg, 2008)

Au travers de ces expérimentations, Glenberg explique comment le lien entre perception et action influence la compréhension du langage littéraire ou mathématique. Pour cela, il met en avant l'importance de la manipulation physique d'objets tangibles pour encourager la compréhension du raisonnement mathématique, relativement abstrait au premier abord. Concernant l'apprentissage de la lecture, l'auteur souligne l'importance de fournir des informations visuels ou physiques qui agissent comme des guides dans la construction des images mentales - alors support de l'apprentissage de la lecture (Glenberg, 2008).

Il est en de même pour l'apprentissage de l'écriture manuscrite dans laquelle l'expérience sensori-motrice joue un rôle majeur (en comparaison de la dactylographie). Ainsi, le geste manuel (*handwriting*) s'inscrit de manière plus efficiente dans la mémorisation d'un texte, que le geste saisi de manière informatique (*typewriting*) (Kieffer & Trumpp, 2012).

D'autres travaux portant sur le lien entre le geste et l'apprentissage ont été menés par Susan Goldin-Meadow, également professeure en psychologie. Ces recherches ont démontré l'importance des gestes (*human hands play*) dans les processus de communication (Iverson & Goldin-Meadow, 2005), de mémorisation (Cook, Mitchell & Goldin-Meadow, 2008) ou encore le développement de la pensée (Goldin-Meadow, 2005) et du langage (Goldin-Meadow & Alibali, 2013) qu'elle explique ainsi :

⁶ « L'essence des théories autour de la cognition incarnée est que le corps, en particulier les systèmes corporels qui ont évolué selon la perception, l'action et l'émotion, contribuent aux processus cognitifs "supérieurs". Nombre de ces processus cognitifs sont importants pour l'éducation, comme la compréhension du langage, la lecture, les mathématiques et la pensée scientifique. Ainsi, la salle de classe offre un terrain fertile pour observer les effets de l'incorporéité et tester ces théories. »

« *First, gesture reflects what speakers know and can therefore serve as a window onto our thoughts [...] Second, gesture can change what speakers know. [...] Finally, gesture provides building blocks that can be used to construct language. Our hands are with us at all times, and we routinely use them for communication. They thus provide both researchers and learners with an ever present tool for understanding how we talk and think.*»⁷ (Goldin-Meadow & Alibali, 2013)

Le geste accompagne ainsi le processus de communication entre l'enseignant-e vers l'apprenant-e, et inversement. L'enseignant-e peut s'appuyer sur un geste pour transmettre une connaissance à l'élève, qui appuie alors ses propos verbaux ; et en retour l'élève peut montrer à l'enseignant-e qu'il a compris ou non via le geste qui traduit alors l'évolution de son apprentissage.

Justement, Lawrence Shapiro et Steven A. Stolz, tous deux connus pour leurs travaux de recherche portant respectivement sur la cognition incorporée (*embodied cognition*) (Shapiro, 2010) et l'apprentissage incorporé (*embodied learning*) (Stolz, 2015) mettent en évidence l'importance du geste dans le processus d'apprentissage (Shapiro et Stolz, 2019). Ainsi, ils expliquent pourquoi le geste est un précieux support de transmission et d'échange entre l'élève et l'enseignant-e, ce que nous avons résumé dans les quatre points suivants **[Figure 6]** :

1. *Illustration*. Les enseignant-es peuvent utiliser les correspondances entre geste et parole pour transmettre un savoir de manière plus complète et éviter les incompréhensions, ou en tous cas mieux les percevoir ;
2. *Imitation*. L'utilisation de gestes par les enseignant-es peut encourager les élèves à s'exprimer également par des gestes, voire à imiter ces gestes (l'imitation étant un réel support d'apprentissage dès le plus jeune âge, comme l'explique Montessori au travers de la notion d'« esprit absorbant ») ;
3. *Catégorisation*. Les gestes peuvent être classés en différentes catégories correspondant chacune à une fonction précise. On

⁷ « Premièrement, le geste reflète ce que les locuteurs savent et peut donc servir de fenêtre sur nos pensées [...] Deuxièmement, le geste peut modifier ce que les locuteurs savent. [...] Enfin, le geste fournit des éléments de construction qui peuvent être utilisés pour structurer le langage. Nos mains sont avec nous à tout moment, et nous les utilisons couramment pour communiquer. Elles fournissent donc aux chercheurs et aux apprenants un outil toujours présent pour comprendre comment nous parlons et pensons. »

distingue par exemple le geste de « pointage » permettant de cibler l'attention de l'élève vers un objet, un individu ou un lieu, du geste « métaphorique » qui permet de préciser un propos, voire de lui donner une extension de signification (Alibali & Nathan, 2012) ;

4. *Offres de corporéité*. Enfin, les gestes aussi qualifiés d'« offres d'incorporéité » (*embodied offers*) permettent une meilleure efficacité d'apprentissage au quotidien, ainsi qu'un outil de mesure de la compréhension des élèves.

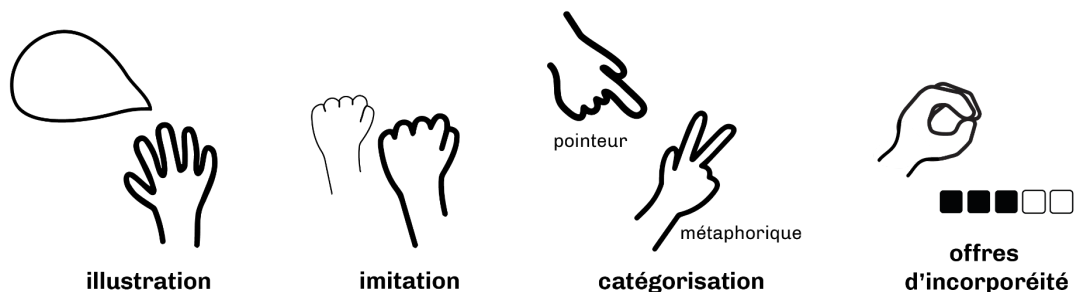


Figure 6 : La place du geste dans l'apprentissage en quatre points selon Shapiro et Stolz (2019).

Les auteurs encouragent ainsi les enseignant-es à se tourner vers des pratiques incorporées pour l'apprentissage puisque les récentes recherches sur l'implication du corps en mouvement, ou de la gestuelle qui accompagne la parole, offrent des résultats très encourageants. Bien que le sujet soit toujours en cours d'exploration, nous pouvons également rappeler que le corps en mouvement comme support d'apprentissage a été largement abordé dans les pédagogies alternatives que nous avons explicitées dans le **Chapitre 1**, tout comme les émotions.

- **Le rôle des émotions dans l'apprentissage.**

D'un point de vue étymologique, le mot émotion vient de l'association latine des termes « ex » et « movere » qui signifient respectivement « hors de » et « mouvoir ». Dans le « *Traité de Psychologie des émotions* » (Sander & Scherer, 2009), la définition donnée de l'émotion inspirée des travaux du psychologue et philosophe, William James (1884) est la suivante :

« l'idée selon laquelle les changements corporels suivent directement la perception d'un fait excitant que le sentiment de ces changements quand ils se produisent est l'émotion. » (Sander & Scherer, 2009)

Ainsi l'émotion est bien l'expression de ce qui nous met en mouvement. Pas étonnant, au vu de ce que nous venons d'expliquer, que les émotions jouent donc un rôle essentiel dans le processus d'apprentissage.

Bien que les émotions occupent une place importante dans notre vie quotidienne, la psychologie, dont les théories ont inspiré la recherche en éducation, a souvent réduit l'apprentissage à sa dimension purement cognitive négligeant la question des émotions (Govaerts & Grégoire, 2006). Le développement des théories de la cognition incorporée a progressivement laissé place à l'étude des émotions dans l'apprentissage démontrant qu'il existe un lien entre les variables motivationnelles et affectives provoquées par des émotions.

Dans une situation d'apprentissage, on qualifie certaines émotions d'« académiques », tels que le plaisir, l'espoir, la fierté, le soulagement, l'anxiété, la colère, l'ennui, la honte et le désespoir (Pekrun et. al, 2002). Il existe deux facteurs pouvant influencer ce type d'émotions : (1) la perception de l'apprenant-e sur son efficacité et (2) la valeur qu'il ou elle associe à l'activité d'apprentissage qu'il est en train d'effectuer. C'est ainsi que les premières peuvent être qualifiées comme des émotions « épistémiques » et les secondes d'émotions dites « d'accomplissement ». On peut y ajouter un troisième facteur : les objectifs que se fixent l'apprenant-es, c'est-à-dire les raisons pour lesquelles il ou elle s'engage (Denervaud et. al, 2017).

Ces trois facteurs liés aux émotions - perception, valeur et objectifs - agissent sur la motivation de l'élève. Également étymologiquement issu du latin « movere », la motivation met l'élève en mouvement dans son processus d'apprentissages en associant des valeurs cognitives et affectives :

« Il ne suffit pas, pour un étudiant, d'être cognitivement convaincu de l'intérêt d'une matière scolaire ou d'une tâche pour s'y engager. Encore faut-il qu'il le ressente également affectivement. Ce n'est que lorsque cette double condition est remplie que le succès est à la clef. » (Govaerts & Grégoire, 2002).

Enfin, les émotions agissent aussi sur la mémorisation, élément essentiel du développement cognitif en lien avec l'apprentissage (cf. **Chapitre 1**). Nous ne nous souvenons pas « objectivement » des événements passés mais bel et des émotions

suscitées, qu'elles soient positives ou négatives (Rimé, 2009). Ainsi, les émotions s'inscrivent dans les souvenirs, et donc au sein du processus d'apprentissage (Iani, 2019).

Intrinsèquement incorporées, les recherches actuelles sont relativement unanimes sur le rôle essentiel des émotions au sein du processus d'apprentissage. Elles peuvent certes, parfois interférer avec, mais elles facilitent bien plus souvent les processus cognitifs qui encouragent l'apprentissage tels que l'attention, la motivation ou la mémorisation. C'est ainsi que l'école doit permettre aux enfants d'apprendre à ressentir, caractériser, réguler leurs émotions pour les utiliser en et en dehors du contexte scolaire (Haag & Cognard, 2020).

_ Maintenant que nous avons démontré la considération essentielle du corps dans l'apprentissage en tant que *réceptacle* du cerveau et des capteurs sensoriels, *vecteur* du mouvement et des gestes, ainsi que *support* des émotions, intéressons-nous au lien entre corporéité et apprentissage.

3.3.2. L'apprentissage incorporé.

Le concept d' « apprentissage incorporé » (*embodied learning*) est apparu dans le paysage des travaux de recherche portant sur la corporéité (*embodiment*) que nous avons introduit en première partie de ce chapitre comme l'inscription de notre cognition au sein de nos interactions sensori-motrices couplée au lien entre perception et action à l'origine - démontrant ainsi la relation d'interdépendance entre corps/esprit/ environnement.

- **Le concept d'apprentissage incorporé (*Embodied Learning*).**

Dans un article intitulé *Embodied Learning*, Steven A. Stolz (2015) remet en question les approches comportementalistes (*behaviorism*) et cognitivistes (*cognitivism*) au profit de l'approche phénoménologique telle que décrite par Merleau-Ponty (1945) pour re-définir les phénomènes d'apprentissages - à la fois divers et varié, selon chercheur en philosophie.

Selon Stolz, les comportementalistes ne mesurent et vérifient un apprentissage que par la simple observation d'une personne en train de faire (ainsi on estime que quelqu'un sait lire en l'observant lire), excluant alors les autres paramètres permettant de réellement évaluer l'apprentissage (telles que la compréhension, l'interprétation et l'analyse d'un récit pour poursuivre notre exemple). Les cognitivistes quant à eux, basent la construction de l'apprentissage

sur des *a priori* - l'apprentissage est donc perçu comme relativement linéaire à l'image des stades piagétien.

Ainsi, toujours selon Stolz, les approches behavioriste et cognitive ne remettent pas en question le dualisme cartésien corps/esprit puisque dans ces approches, la connaissance est toujours associée à la cognition (*mind*). Le corps (*body*) n'est perçu que comme un « objet sensoriel » qui agit de manière empirique (en faisant) et objective (sans prise en compte des dimensions affectives ou émotionnelles). L'approche phénoménologique merleau-pontienne apparaît alors comme une réelle rupture au dualisme cartésien (sujet/objet) puisqu'elle permet à la fois de percevoir le corps (objet) et la cognition (sujet) comme relevant d'une seule et même personne, dont les expériences lui permettent d'agir et de donner sens au monde. À l'image de la « cognition incorporée », on parle alors d'« apprentissage incorporé ».

Stolz définit le concept d'apprentissage incorporé, dans le contexte de l'éducation, en ces termes :

« The idea of embodied learning within the educational sense involves coming to know ourselves and the world around us better neither as an abstract object nor as an instrument, but as 'lived body' subject that senses and does the sensing in a meaningful way. »⁸ (Stolz, 2015)

Par ces mots Stolz insiste sur le rôle significatif que joue le corps vivant (*lived body*) dans la compréhension du monde. Le corps n'est plus seulement perçu comme un instrument ou un objet mais bel et bien comme le vecteur de l'expérience vécue (*lived experience*). On reconnecte ainsi le fait d'avoir un corps (*having a body*), du fait d'être incorporé-e (*being embodied*) - c'est-à-dire que nos actions sont le fruit du lien corps/esprit/environnement que met en avant le principe de l'expérience.

En effet, en mobilisant la pensée de Merleau-Ponty, Stolz associe donc la notion d'« apprentissage » à celle d'« expérience ». L'apprentissage est perçu comme une « exploration du monde » permettant la compréhension des liens entre les choses que nous tissons à travers nos propres expériences, c'est-à-dire que nous apprenons sans cesse de nos erreurs. Nous créons ainsi une relation permanente entre l'intersubjectif, soit le « monde extérieur » et le subjectif qui désigne notre « monde intérieur » que l'on traduit sous le terme d'« expérience vécue » (*lived experience*).

⁸ « L'idée de l'apprentissage par l'expérience au sens éducatif implique d'apprendre à mieux se connaître et à mieux connaître le monde qui nous entoure, non pas en tant qu'objet abstrait ou instrument, mais en tant que sujet du "corps vécu" qui perçoit et perçoit d'une manière significative. »

Stolz s'inspire alors des travaux de Max van Manen (1997) qui part du postulat que nos expériences quotidiennes sont partie prenante de notre éducation. Pour expliquer cela, van Manen introduit les quatre piliers fondamentaux de l'existence : la spatialité (*lived space*), la corporalité (*lived body*), la temporalité (*lived time*) et enfin le relationnel (*lived other*). C'est seulement la prise en compte de ces quatre dimensions qui rendent possible la description et l'interprétation d'une expérience vécue. En reprenant les mots de van Manen, Stolz conclut ainsi son article :

« The key concept being that we "come to" an understanding of something from our point of view as a result of experiencing it. Since our engagement with the world is not just cognitive or theoretical, but involves the emotional, practical, aesthetic and so on, we need to recognise that these various meanings are united by an "act" of intellectual synthesis in which I am engaged and their interrelated meanings give coherence to my world. »⁹ (Stolz, 2015)

À travers cette citation, on peut percevoir les notions essentielles de l'apprentissage incorporé que nous avons précédemment introduit, à savoir que notre engagement au monde n'est pas seulement cognitif et théorique, mais bel et bien émotionnel, pratique, esthétique etc. Et ce n'est qu'en considérant justement cet engagement multiple, dans lequel le corps est l'interface privilégiée, que l'on peut donner sens au monde.

Si l'on reprend la pensée de van Manen (1997), les apprentissages s'immiscent dans les actes les plus ordinaires de notre vie, dont le jeu fait partie. Analysons maintenant en quoi le jeu constitue-t-il une expérience d'apprentissage incorporée par excellence.

- **Retours sur les fondements théoriques du jeu.**

Nous avons déjà évoqué le jeu dans ce manuscrit à travers les travaux de Vygotsky et Piaget, qui considèrent tous deux le jeu comme un élément essentiel au développement de l'enfant - une qualité également remise en avant par l'utilisation des outils numériques comme évoqué au chapitre 2. Selon Piaget, le jeu est «

⁹ « Le concept clé étant que nous "arrivons" à comprendre quelque chose de notre point de vue après en avoir fait l'expérience. Puisque notre engagement avec le monde n'est pas seulement cognitif ou théorique, mais implique l'émotionnel, le pratique, l'esthétique et ainsi de suite, nous devons reconnaître que ces diverses significations sont unies par un "acte" de synthèse intellectuelle dans lequel je suis engagé et que leurs significations interreliées donnent une cohérence à mon monde. »

symbolique », c'est-à-dire qu'il permet à l'enfant de construire une pensée, de développer son intelligence en donnant une signification au monde qui l'entoure (du signifiant au signifié). Vygotsky évoque également la nature « transitionnelle » du jeu qui permet, selon lui, à l'enfant de construire sa pensée dans le monde réelle, via le développement de son imagination :

« Au cours du jeu, l'enfant opère à partir de significations séparées de leurs objets et d'actions habituelles ; cependant, apparaît une intéressante contradiction sur laquelle il fonde les actions réelles et les objets réels. Cela caractérise la nature transitionnelle du jeu ; c'est un état entre d'une part les limites qu'impose la situation, caractéristiques de la première enfance, et d'autre part la pensée adulte, qui peut s'affranchir complètement des situations réelles. »
(Vygotsky, 1978)

La qualité « transitionnelle » du jeu est largement évoquée par Winnicott qui qualifié le jeu de « phénomène transitionnel » propre à l'enfance. Selon Winnicott, le jeu est qualifié d'« aire intermédiaire d'expérience » permettant à l'enfant de distinguer progressivement son moi (intérieur) de l'autre (extérieur). Le jeu constitue une quête de soi, comme il l'explique ainsi :

« c'est en jouant, et seulement quand il joue, que l'enfant ou l'adulte est libre de se montrer créatif et d'utiliser sa personnalité entière, et c'est seulement en étant créatif que l'individu découvre le "self" » (Winnicott, 1971)

Enfin, beaucoup plus récemment, Ken Robinson, expert britannique en éducation insiste sur les multiples facettes du jeu sur le développement de l'enfant, et puis tout au long de la vie, en ces termes :

« Sous ses multiples formes, le jeu remplit un rôle fondamental à toutes les périodes de la vie, et notamment dans le développement physique, social, émotionnel et intellectuel de l'enfant » (Ken Robinson, p.129)

Plus généralement le jeu peut être défini comme un « système de règles » desquelles on ne peut s'abstraire selon Jacques Henriot, auteur de l'ouvrage intitulé *Le jeu* (1969). Le jeu fait à la fois référence à « une forme de comportement » c'est-à-dire « une suite organisée d'éléments ou d'actes qui doivent être exécutés selon un ordre ». Mais le jeu est également défini comme une « chose », ou un « fait social » au sens

durkheimien. C'est-à-dire qu'un « jeu existe et se transmet en dehors des joueurs et de l'action par lesquels ils s'engagent dans le jeu ». (Henriot, 1969)

Reprenant les termes de Chanvier (2007), selon lesquels les jeux sont des « dispositifs pratiques artificiels », Manouk Barzouka (2012), définit le jeu selon trois caractéristiques essentielles : (1) la présence d'un objectif interne, bien réel, (2) un ensemble de contraintes acceptées par les protagonistes qui permettant d'atteindre l'objectif fixé et de donner du sens au jeu - on appelle aussi cela les « règles du jeu » comme nous venons de l'évoquer, ainsi que (3) un résultat mesurable, que l'on peut résumer simplement sous la forme d'une victoire ou d'une défaite, mais qui peut être complexifié.

Considéré comme une pratique ancestrale dans l'histoire de l'humanité (Hinzinga, 1955), le jeu vient du latin *ludus* (qui donne en français l'adjectif ludique) qui désignait à la fois le jeu (tel que nous le définissons actuellement) et l'école. Le lien entre le jeu et les apprentissages est donc ancré historiquement. Pourtant le jeu a longtemps été considéré, dans le système d'éducation français, comme relevant du loisir ou du sport mais non des apprentissages scolaires - démontrant encore une fois le pouvoir du dualisme cartésien au sein de notre système éducatif.

L'école maternelle semble pourtant échapper à ce paradigme puisque Gilles Brougère (1997), spécialiste du lien entre jeu et apprentissages affirme que le jeu entretient une « relation étroite avec les objectifs de l'éducation préscolaire et apparaît même comme « l'outil évident d'une mise en œuvre culturellement déterminée d'une éducation de la petite enfance ». Pourtant, selon le chercheur en sciences de l'éducation, le jeu ne doit pas devenir le seul support des apprentissages spécifiques, mais bel et bien rester dans son rôle actuel, c'est-à-dire un support aux apprentissages transversaux que sont **[Figure 7]** :

- La maîtrise de la communication - en tant qu'activité collective ;
- Le développement de compétences en matière de prise de décision ;
- La culture de la négociations - autour des règles du jeu ;
- La maîtrise de l'aléatoire - car le jeu est incertain ;
- Et enfin, l'entretien de la « frivolité » qui permet de « construire un espace d'expérience ».

Si Brougère évoque ici la notion d'expérience, cela n'est pas anodin. En effet, comme évoqué précédemment, le jeu constitue selon moi, une expérience d'apprentissage incorporée que je vais maintenant tenter d'expliquer.

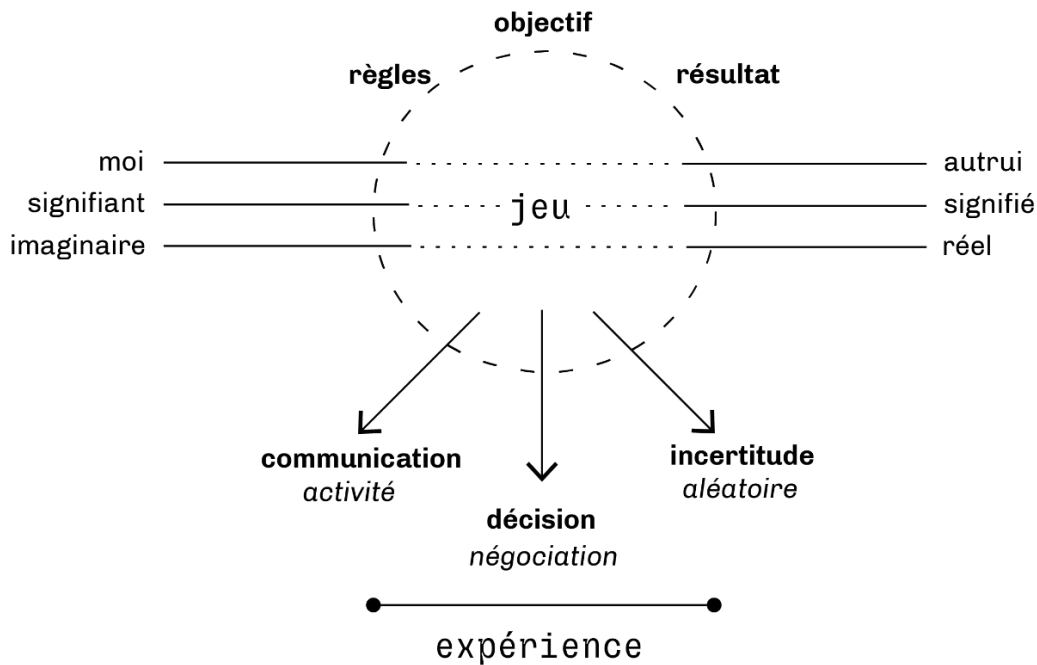


Figure 7: Le jeu, un dispositif expérientiel.

- **Le jeu, une expérience d'apprentissage incorporée - dès la petite enfance.**

Pour revenir en quelques mots sur la notion d'expérience, celle-ci se caractérise principalement par le lien d'interdépendance entre corps/esprit/environnement. Il s'agit donc d'une mise en action du corps, lié à la cognition et connecté au monde qui l'entoure. Quant à la notion d'apprentissage fait-elle référence à trois pré-requis : la motivation, se traduisant par l'engagement de l'élève, l'attention induite grâce à l'intérêt suscité par l'activité pédagogique, ainsi que l'aspect affectif au travers du ressenti d'émotions (Dehaene, 2018).

Maintenant que nous sommes revenus sur les fondements théoriques et historiques du jeu, ainsi que sur les termes d'expérience et d'apprentissage, expliquons en quoi le jeu constitue un dispositif propre à l'expérience d'apprentissage incorporée :

- Premièrement, le jeu est une activité qui nous met en mouvement. Il se qualifie par une succession d'actes (Henriot, 1969). Ayant pour synonymes les termes de manifestation, d'intervention, d'action humaine, la notion même d'acte fait référence à la mise en mouvement du corps dans un objectif (Dictionnaire Larousse). Le jeu nous met également en mouvement par le ressenti d'émotions, qui peuvent fluctuer tout au long de l'expérience ludique.

- Deuxièmement, si le jeu est le produit d'un environnement socio-culturel déterminé. Chaque société possède ses propres jeux avec des objectifs, règles et résultats intrinsèques. Si le jeu est un outil de découverte de soi (Winnicott, 1975), il s'effectue en relation avec autrui : il est vecteur d'interaction avec l'environnement qu'il soit physique ou social (Huizinga, 1955).
- Enfin le jeu permet le développement de nombreuses compétences transversales, dès la petite enfance et tout au long de la vie. Le jeu est donc par essence un dispositif d'apprentissage avant même que des objectifs pédagogiques en lien avec des disciplines soient fixés (Brougère, 1997).

Le jeu met donc fin aux nombreux dualismes qui s'opposent à la notion même d'expérience : corps/esprit, moi/autrui, plaisir/apprentissage - et c'est en cela qu'il constitue une expérience d'apprentissage incorporée.

_Grâce à la multiplication des outils numériques, la notion de jeu réapparaît progressivement dans le paysage de l'éducation pour ses vertus pédagogiques, ces dernières décennies. On parle alors de « ludo-éducatif » (*edutainment*) ou de « jeu sérieux » (*serious game*) pour désigner ces jeux qui associent le plaisir de jouer à celui d'apprendre (Szilas & Sutter Widmer, 2009). D'un point de vue linguistique, il est intéressant d'observer qu'en anglais, on distingue la notion de jeu (*game*), du verbe jouer (*play*). Ainsi le support de jeu (*game*) se différencie de l'acte même de jouer (*play*). En jeu vidéo, on parle même de *gameplay* car l'on associe le média, support de jeu au scénario ludique (règles, personnages, histoire etc.) (Alvarez, 2007).

Dans le chapitre suivant, nous verrons comment le domaine de l'interaction humain-machine, et notamment lorsqu'il est lié à l'enfance et/ou à l'éducation, accorde une place centrale à la dimension ludique, comme vecteur de développement et d'apprentissage, surtout chez le jeune enfant.

Bibliographie.

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-centered design. Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445-456.
- Alibali, M. W., & Nathan, M. J. (2012). Embodiment in mathematics teaching and learning: Evidence from learners' and teachers' gestures. *Journal of the learning sciences*, 21(2), 247-286
- Alvarez, Julian. Du jeu vidéo au serious game: approches culturelle, pragmatique et formelle. Diss. Toulouse 2, 2007.
- Barthassat, J., & Gentaz, E. (2013). Le développement de l'empathie au cours de l'enfance: le point de vue psychologique. *Médecine et enfance*, (décembre), 356-359.
- Brougère, G. (1997). Jeu et objectifs pédagogiques: une approche comparative de l'éducation préscolaire. *Revue française de pédagogie*, 47-56.
- Cook, S. W., Mitchell, Z., & Goldin-Meadow, S. (2008). Gesturing makes learning last. *Cognition*, 106(2), 1047-1058.
- Carroll, J. M. (2003). Making use: scenario-based design of human-computer interactions. MIT press.
- Chamak, B. (2004). Les sciences cognitives en France. *La revue pour l'histoire du cnrs*, (10).
- Damasio, A. R. (2006). L'erreur de Descartes: la raison des émotions. Odile Jacob.
- Dehaene, S. (2018). Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines. Odile Jacob.
- Denervaud, S., Franchini, M., Gentaz, E., & Sander, D. (2017). Les émotions au cœur des processus d'apprentissage. *Revue suisse de pédagogie spécialisée*, 4, 20-25.
- Descartes, R. (1641). Les méditations métaphysiques.
- Dewey, J. (2005). L'art comme expérience. Paris: Gallimard.
- Dewey, J. (2018). Démocratie et éducation: suivi de *Expérience et Éducation*. Armand Colin.
- Glenberg, A. M. (2008). Embodiment for education. In *Handbook of cognitive science* (pp. 355-372). Elsevier
- Goldin-Meadow, S. (2005). *Hearing gesture: How our hands help us think*. Harvard University Press.
- Goldin-Meadow, S., & Alibali, M. W. (2013). Gesture's role in speaking, learning, and creating language. *Annual review of psychology*, 64, 257-283.
- Govaerts, S., & Grégoire, J. (2006). Motivation et émotions dans l'apprentissage scolaire. B. Galand & É. Bourgeois (dir.), 97-108
- Grimaldi, S. (2014). Narrativity of object interaction experiences: A framework for designing products as narrative experiences.
- Haag, P., & Cognard, L. (2020). À l'école de leurs émotions: Aider les élèves à mieux les connaître et les vivre. Éditions l'Instant présent
- Hatchuel, G. (2018). Le design d'expérience : scénariser pour innover. FYP Éditions
- Henriot, J. (1976). Le jeu. FeniXX.
- Husserl, E. (1931). Méditations cartésiennes: introduction à la phénoménologie.
- Hi Chun, M. I., Harty, C., & Schweber, L. (2015, September). Comparative study of user-centred design approaches. In *Procs 31st Annual ARCOM Conference* (pp. 7-9).

- Iani, F. (2019). Embodied memories: Reviewing the role of the body in memory processes. *Psychonomic bulletin & review*, 26(6), 1747-1766
- Ionescu, T., & Vasc, D. (2014). Embodied cognition: challenges for psychology and education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 128, 275-280
- Iverson, J. M., & Goldin-Meadow, S. (2005). Gesture paves the way for language development. *Psychological science*, 16(5), 367-371
- James, W. (1884). Qu'est-ce qu'une émotion?. *Revue Philosophique de la France Et de l*, 18(a).
- Kiefer, M., & Trumpp, N. M. (2012). Embodiment theory and education: The foundations of cognition in perception and action. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 15-20. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 128, p. 275-280
- Kuhn, T. S. (1970). *Criticism and the growth of knowledge: Volume 4: Proceedings of the International Colloquium in the Philosophy of Science, London, 1965 (Vol. 4)*. Cambridge University Press.
- Martin-Juchat, F. (2008). *Le corps et les médias, La chair éprouvée par les médias et les espaces sociaux*. De Boeck.
- Martin-Juchat, F. (2020). *L'aventure du corps: la communication corporelle, une voie vers l'émancipation*. PUG.
- Merleau-Ponty, M. (1945). *La phénoménologie de la perception*. Paris: Gallimard.
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *science*, 316(5827), 1002-1005.
- Piaget, J. (1978). *La formation du symbole chez l'enfant: imitation, jeu et rêve, image et représentation*. FeniXX.
- Rimé, B. (2009). *Le partage social des émotions*. Presses universitaires de France
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2005). Game design and meaningful play. *Handbook of computer game studies*, 59, 79
- Sander, D., & Scherer, K. (2009). *Traité de psychologie des émotions*. Dunod.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic books.
- Norman, D. (2004). *Affordances and design*. Unpublished article, available online at: <http://www.jnd.org/dn.mss/affordances-and-design.html>.
- Renier, S. (2020). Traduction inédite du texte *Le corps et l'esprit* de John Dewey. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'ère nouvelle*, 53(4), 103-119.
- Serres, M. (1999). *Variations sur le corps*. Le Pommier.
- Serres, M. (2015). *Petite poucette*. Le pommier.
- Serres, M. (2017). *Corps*. Le Pommier.
- Shapiro, L. (2010). *Embodied cognition*. Routledge.
- Shapiro, L., & Stolz, S. A. (2019). Embodied cognition and its significance for education. *Theory and Research in Education*, 17(1), 19-39
- Simon, E. (2009). Processus de conceptualisation d'« empathie ». *Recherche en soins infirmiers*, 98, 28-31. <https://doi.org/10.3917/rsi.098.0028>
- Szilas, N., & Sutter Widmer, D. (2009). Mieux comprendre la notion d'intégration entre apprentissage et jeu. In *Actes de l'atelier de la 4ème conférence francophone sur les environnements informatiques pour l'Apprentissage humain* (pp. 27-39).
- Tisseron, S. (2015). *Le jour où mon robot m'aimera: Vers l'empathie artificielle*. Albin Michel
- Van Manen, M. (1997/2016). *Researching lived experience: Human science for an action sensitive pedagogy*. Routledge
- Varela, F. J., Thompson, E., & Rosch, E. (2017). *L'inscription corporelle de l'esprit: sciences cognitives et expérience humaine*. Éditions Points

- Varela, F. J., & Lavoie, P. (1996). Invitation aux sciences cognitives. Éd. du Seuil.
- Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. (2018). Cognition incarnée: Une cognition située et projetée. Mardaga.
- Vial, S. (2013). L'être et l'écran: comment le numérique change la perception. Presses universitaires de France.
- Watson, J. B. (1913). Psychology as the behaviorist views it. *Psychological review*, 20(2), 158.
- Winnicott, D. W. (1975). Jeu et réalité. Éditions Gallimard. Paris.
- Winnicott, D. W. (2010). Les objets transitionnels. Éditions Payot & Rivage.



Chapitre 4

Vers

des expériences

d'apprentissage

incorporées

par le numérique

– dès la petite enfance.

« As new forms of interactive technologies emerge, designers and researchers who give consideration to the ways in which cognition is rooted in embodied action will contribute to children's successful development into active, thinking adults.¹»

Antle, 2013

¹ *Alors que de nouvelles formes de technologies interactives voient le jour, les concepteur-trices et les chercheur-es qui prennent en considération la manière dont la cognition est ancrée dans l'action incorporée contribueront à faire des enfants des adultes actif-ves et réfléchi-es.*

Préambule • En deuxième année de thèse, j'ai eu l'opportunité d'intégrer un groupe de travail (GTNum) au sein de la Direction du Numérique pour l'Éducation (DNE) du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. Le groupe de travail s'intitulait « Hybride » (que nous raccourcirons ici sous le terme de GT#hybrid) et nos recherches s'orientaient autour :

« des différentes formes et interactions que sous-tend le terme "hybride" en s'orientant sur les éléments issus de la recherche, des terrains professionnels d'enseignement et de formation pour (1) définir les contours de l'hybridation scolaire ; (2) appréhender les impacts et les enjeux autour des apprentissages conduits en condition(s) hybridée(s); (3) proposer de nouvelles formes d'interaction entre acteurs, acteurs et dispositifs.» GTNum#hybrid

Si j'introduis ici le travail effectué au sein de ce groupe, c'est qu'il m'a permis d'appréhender les fondamentaux de l'interaction humain-machine (IHM), une discipline que j'ai entièrement découverte en thèse, et sur laquelle je me suis largement appuyée pour développer les dispositifs que nous décrivons en deuxième partie de thèse.

•

Née au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle aux États-Unis², la discipline des IHM (en anglais, *HCI* pour *Human-Computer Interaction*) peut être définie dans les termes suivants :

« *Human-computer interaction is a discipline concerned with the design, evaluation and implementation of interactive computing systems for human use and with the study of major phenomena surrounding them.*»³(Hewett et. al, 1992)

La discipline des IHM s'intéresse au processus de conception de dispositifs interactifs⁴ pensés pour l'humain - de leur création à leur évaluation, puis à leur implémentation sur le terrain. Ainsi, il ne s'agit pas seulement de concevoir des

² En France, ce n'est qu'en 1996 que l'Association Française en Interaction Humain-Machine (AFIHM) est créée avec l'organisation de journées dédiées à ce « nouveau » domaine de recherche à Grenoble et intitulées IHM'96# : <https://afihm.org/historique.shtml>

³ « *L'Interaction Humain-Machine (IHM) est la discipline qui se consacre à la conception, l'évaluation et la mise en œuvre de systèmes informatiques interactifs pour l'usage humain ainsi qu'à l'étude des phénomènes majeurs qui les entourent.* »

⁴ Le terme de machine dans la discipline des IHM considère l'ordinateur sous toutes ses formes (portable, smartphones, tablettes, robots, etc.), mais cette appellation a été étendue à tout dispositif intégrant des technologies de l'information et de la communication. C'est pour cela que nous parlerons ici de « dispositif interactif » au lieu de « machine ».

nouvelles technologies mais d'étudier leur impact dans la société, c'est-à-dire l'ensemble des usages et phénomènes associés à leur utilisation.

De plus, et comme l'explique Wendy MacKay, directrice de recherche au centre Inria⁵, dans la leçon inaugurale de son cours donné au printemps 2022 au Collège de France⁶, le domaine de recherche associé aux IHM est interdisciplinaire (MacKay & Fayard, 1997). En effet, il prend en compte à la fois les enjeux humains et les enjeux informatiques en mobilisant de nombreuses disciplines issues des sciences humaines et sociales (psychologie, sociologie et anthropologie), et de l'ingénierie, du design et des arts (design industriel, design graphique et typographie) - comme l'illustre la **Figure 1**.

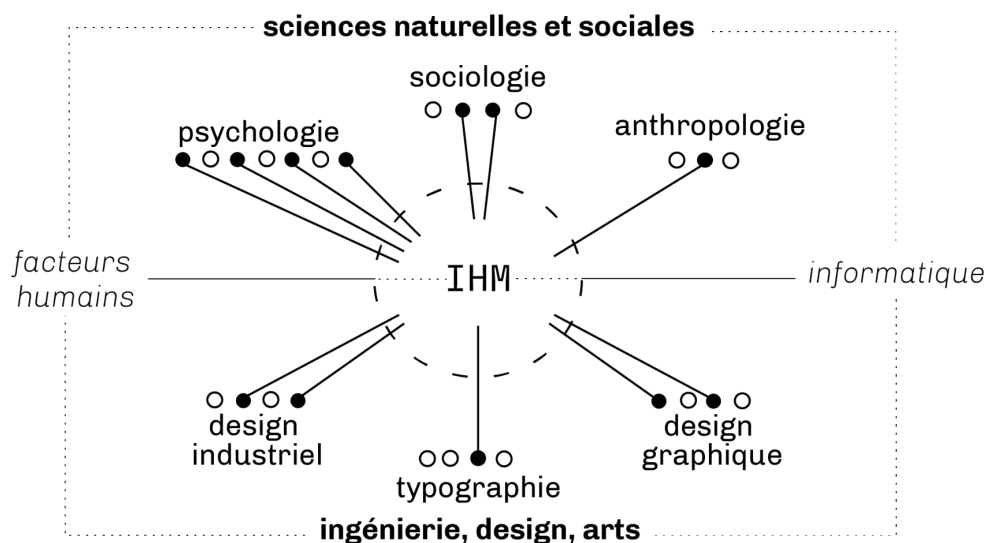


Figure 1 : L'interaction humain-machine, selon MacKay & Fayard (1997) est un domaine de recherche interdisciplinaire, prenant en compte à la fois les enjeux humains et informatiques - à la frontière entre science et dessin.

Le domaine de recherche des IHM est particulièrement dynamique et a connu, depuis ses débuts plusieurs « vagues » marquées par les avancées technologiques. Alors que la première vague introduisait la notion d'interaction comme le produit du couplage human-machine (« *interaction as a form of man-machine coupling* »), inspiré de l'ingénierie et de l'ergonomie, la deuxième vague mettait en avant la relation entre le cerveau et la machine (« *mind and computer as coupled information processors* ») (Harrison et. al, 2007).

Notre travail de recherche s'inscrit dans ladite « troisième vague » (« *Third wave of HCI* ») des IHM qui inclut la notion de « corporéité » (*embodiment*) de

⁵ Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique.

⁶ <https://www.college-de-france.fr/site/wendy-mackay/index.htm>

manière centrale. Inspirée des travaux des recherches de l'informaticien Paul Dourish (2001), cette troisième vague est définie ainsi :

« *The goal for interaction is to support situated action and meaning-making in specific contexts, and the questions that arise revolve around how to complement, formalized, computational representations and actions with the rich, complex and messy situations at hand around them. Because of its emphasis on multiple meanings made in the context, we term the third paradigm situated perspectives.* »
(Harrison et al., 2007)

La troisième vague introduit donc le corps au sein de l'interaction dans une approche phénoménologique. Il s'agit de « situer » l'interaction, c'est-à-dire de l'envisager de manière holistique en prenant en compte à la fois des facteurs interactionnels, écologiques et culturels (Béguin & Clot, 2004).

Les principes posés par cette troisième vague ont également inspiré les chercheur·es spécialisées en interaction enfant-machine (traduit de l'anglais *Child Computer Interaction*) faisant apparaître le concept d'« *embodied child-computer interaction* » (Antle 2013). Les interactions enfant-machines, sont considérées comme un sous-domaine des IHM (Read et. al, 2008). En effet, depuis le début de la discipline, les chercheur·es en IHM se sont intéressés à l'éducation des enfants, en créant des dispositifs adaptés à ce jeune public, comme l'illustre la **Figure 2**.

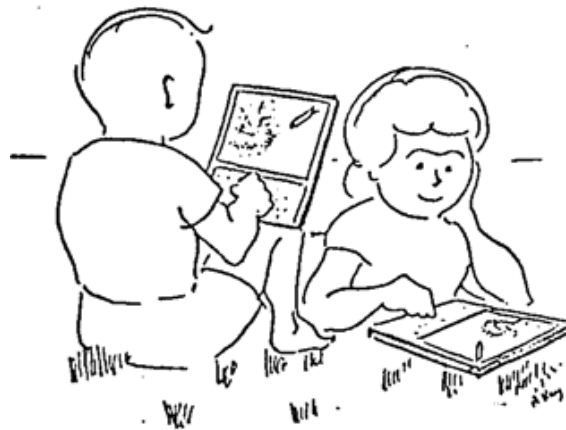


Figure 2 : Illustration by Alan Kay of children learning outdoors on wirelessly connected tablet computers through shared simulation games (Kay, 1972)⁷

⁷ Illustration d'Alan Kay d'enfants apprenant en plein air sur des tablettes électroniques connectées sans fil par le biais de jeux de simulation partagés.

Alors que dans le chapitre précédent (**Chapitre 3**) nous avons démontré l'importance de la prise en considération du corps comme vecteur d'apprentissage. Dans ce chapitre, nous verrons comment cette implication du corps peut être modifiée, adaptée, transformée par les technologies du numérique. En effet, face à la multiplication des interfaces à écran, et des objets connectés dans nos vies, il convient de questionner la place du corps dans nos relations aux outils numériques, un phénomène amplifié quand il est associé à la petite enfance (**Chapitre 2**).

Inspiré par le courant des pédagogies alternatives et soutenu par la littérature sur le développement du jeune enfant (**Chapitre 1**), le domaine de recherche (et développement) issus des IHM portant sur les interactions et interfaces tangibles, physiques et manipulables, s'est largement déployé ces dernières années. Il offre ainsi de nouvelles perspectives d'interactions incorporées grâce au numérique - et ce dès la petite enfance. Grâce à la manipulation d'objets physiques associés à des programmes numériques, les interactions sont qualifiées de multimodales, c'est-à-dire associant plusieurs modes de communication (haptique, visuel, sonore, ou vibratoire par exemple).

Ainsi, ce chapitre se décompose en trois parties. Dans un premier temps nous aborderons le domaine de recherche en IHM lié à l'éducation dès la petite enfance. Puis, nous présenterons notre état de l'art des dispositifs existants qui forment à la fois des repères et des sources d'inspiration dans notre travail de conception (présenté en **Partie 2**). Enfin, nous verrons ensuite comment le champ de recherche portant sur les interactions tangibles constitue une piste intéressante pour créer des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique et adaptées aux jeunes enfants.

4.1. Les interactions humain (enfant) - machine pour l'éducation - dès la petite enfance.

Le domaine de recherche des interactions humain (enfant)-machine pour l'éducation s'intéresse aux relations des enfants aux technologies du numérique dans un contexte d'apprentissage (Read et. al, 2008). Puisque nous nous intéressons plus particulièrement à la petite enfance, nous pouvons considérer que le design des IHM pour la petite enfance se situe aux croisements des sciences du développement, des sciences du numérique et des sciences de l'éducation. Il prend ainsi appui sur certains domaines de recherche spécifiques que sont les IHM pour l'apprentissage, les IHM pour l'éducation et les interactions enfants-machine - comme l'illustre la **Figure 3**.

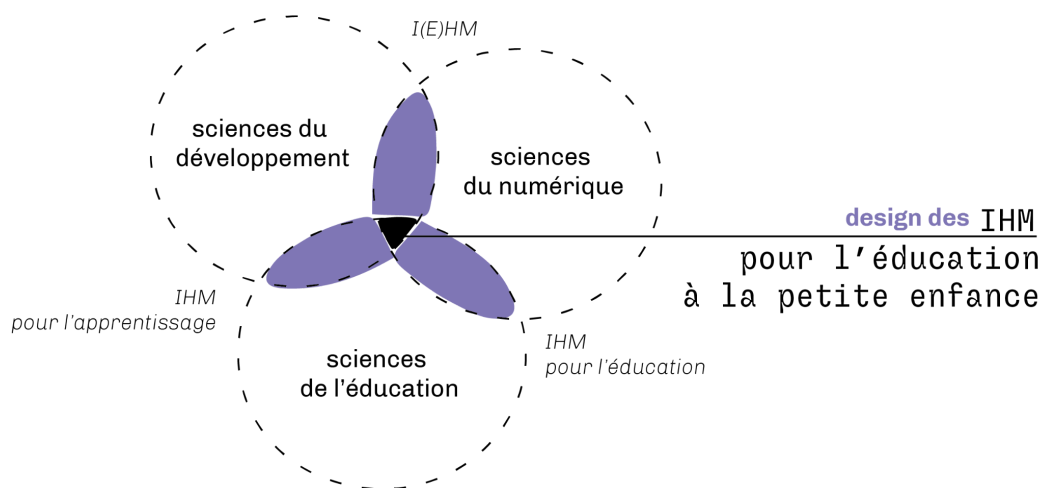


Figure 3 : Le design des IHM pour l'éducation à la petite enfance.

Dans cette première partie, nous introduirons dans un premier temps les fondements de l'IHM : historique, enjeux et préoccupations, terminologies à l'appui. Puis, nous nous intéresserons aux IHM pour l'éducation, et aux interactions enfants-machine ou IH(E)M, remplaçant alors le terme d' « humain » par celui d'« enfant » pour spécifier le sous-domaine de recherche (Labrune, 2007).

4.1.1. Les fondamentaux des interactions humain-machine (ou IHM).

Comme l'explique Wendy MacKay (2022), le domaine des IHM consiste à étudier à la fois les capacités de l'être humain face à l'ordinateur (perception - cognition - action) et les capacités propres à l'ordinateur (stockage - calcul - entrée/sortie). Il s'agit également et surtout d'étudier les interactions entre les deux (capacités de l'être humain et de l'ordinateur) et les phénomènes qui y sont associés, au sein d'un environnement socio-culturel identifié [Figure 4].

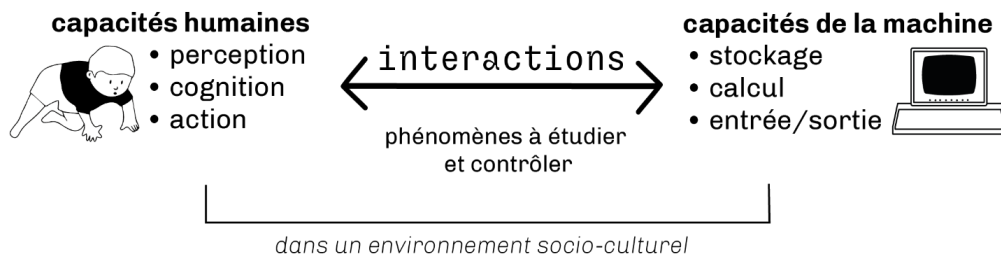


Figure 4 : Les interactions humain-machine selon Wendy MacKay (2022).

Afin de comprendre les enjeux et problématiques abordés au sein du domaine de recherche en IHM, nous étudierons dans un premier temps les fondements de la discipline puis ses évolutions - en donnant quelques définitions essentielles qui offrent de précieux repères dans sa compréhension.

- **Les fondements des IHM.**

Le domaine des IHM puise ses racines dans la conception et l'utilisation des premières interfaces graphiques (*Graphical User Interfaces* en anglais), aussi qualifiées d'interfaces « *WIMP* » pour « *Windows, Icons, Menus & Pointing devices* »⁸. L'enjeu principal de ce type d'interfaces était de produire des environnements de travail virtuels, permettant une prise en main facile et rapide des utilisateurs-trices non-spécialistes de l'informatique. Ainsi les codes du bureau de travail (fenêtre, corbeille, courrier, etc.) furent reproduits graphiquement sur les premiers écrans d'ordinateur - à l'image du *XEROX Parc*, commercialisé en 1981 en tant que premier ordinateur destiné aux non-expert-es, ou de l'*Apple Macintosh* commercialisé en 1985 [Figure 5].

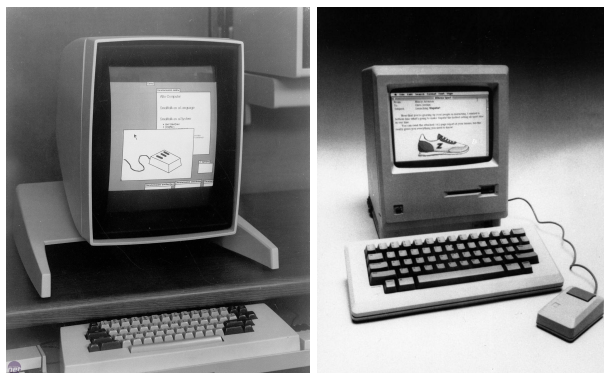


Figure 5 et 5bis : Xerox-Parc, 1981 (à gauche) et Apple MacIntosh, 1984 (à droite)

Comme nous le rappelle MacKay & Fayard (1997), le domaine des IHM se situe à la croisée de l'ingénierie, des sciences humaines et sociales, et des domaines de la

⁸ « Fenêtres, Icônes, Menus et Pointeurs »

création que sont l'art et le design. Ainsi ladite discipline s'intéresse autant à la conception des interfaces qu'aux interactions qu'elles suscitent, on parle alors de l'étude des environnements liés aux systèmes « interactifs ».

Grâce aux travaux effectués au sein de l'Axe 2 du GTNum#hybrid (cf. Introduction), revenons ensemble sur deux notions fondamentales des IHM et leurs définitions :

- **Interface :**

L'interface est l'ensemble des dispositifs matériels et logiciels qui permettent à un utilisateur ou utilisatrice de commander, contrôler, superviser (c'est-à-dire interagir) avec un système informatique interactif.

- **Interaction :**

L'interaction représente la séquence d'action - captation - réaction - perception permettant de manipuler l'état d'un système informatique interactif.

Bien que l'on ait encore tendance à simplifier la question des interfaces numériques aux traditionnels « écrans », la communauté IHM s'intéresse depuis toujours à s'en émanciper. Il s'agit alors de créer de nouveaux dispositifs qui utilisent le monde qui nous entoure comme le support de nouvelles interactions. On parle alors d'interfaces *post-WIMP* [Figure 6], à l'origine même de la troisième vague des IHM que nous avons évoqué en introduction.

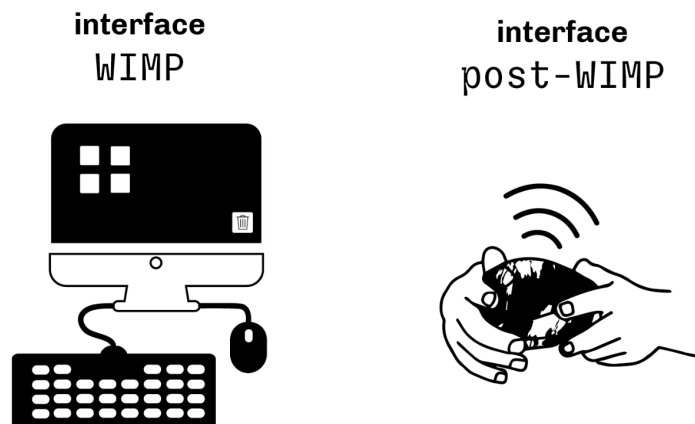


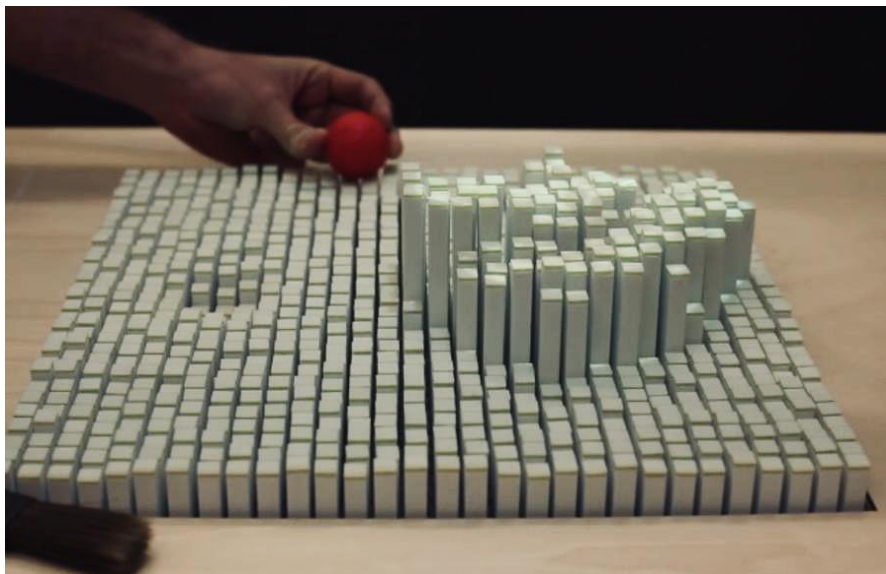
Figure 6 : Interfaces WIMP /post-WIMP - à droite, une interface WIMP avec ordinateur classique (fenêtre et menu sur écran, clavier et souris), et à gauche, une interface sonore composée d'un capteur de mouvement traduisant les gestes en sons (inspirée du projet OVAOM).

- **Les interactions tangibles.**

Le concept d'interaction tangible apparaît avec la création d'interfaces *post-WIMP* qui s'émancipent des traditionnels dispositifs d'interaction (interfaces *WIMP*) que sont l'écran, la souris et le clavier. Brygg Ullmer et Hiroshi Ishii, co-fondateurs du groupe de recherche nommé « *Tangible Media Group* » au sein du *Media Lab* du Massachusetts Institute of Technology (MIT) proposent ainsi le concept de *Tangible Bits* qu'ils définissent ainsi :

*« Tangible Bits allows users to "grasp & manipulate" bits in the center of users' attention by coupling the bits with everyday physical objects and architectural surfaces. Tangible Bits also enables users to be aware of background bits at the periphery of human perception using ambient display media such as light, sound, airflow, and water movement in an augmented space. The goal of Tangible Bits is to bridge the gaps between both cyberspace and the physical environment, as well as the foreground and background of human activities.»*⁹ (Ullmer & Ishii, 2007)

À travers ce concept, Ullmer & Ishii introduisent le lien possible entre le monde et les objets physiques (correspondant au terme de *Tangible*) et les environnements virtuels (associé aux *Bits* - unités de mesure de base de l'informatique). De nombreux projets qui naissent au sein de leur groupe de recherche du *Media Lab*, proposent d'interagir directement via le corps avec des interfaces numériques par des gestes simples et intuitifs, à l'image du projet *inFORM* illustré en **Figure 7**.



⁹ « *Tangible Bits* permet aux utilisateurs de "saisir et manipuler" des données au centre de leur attention en les couplant à des objets physiques quotidiens et à des surfaces architecturales. *Tangible Bits* permet également aux utilisateurs d'être conscients des données en arrière-plan, à la périphérie de la perception humaine, en utilisant des moyens d'affichage ambiants tels que la lumière, le son, le flux d'air et le mouvement de l'eau dans un espace augmenté. L'objectif de *Tangible Bits* est de combler le fossé entre le cyberspace et l'environnement physique, ainsi qu'entre le premier plan et l'arrière-plan des activités humaines.»

Figure 7 : « inFORM est un écran à forme dynamique capable de restituer physiquement du contenu 3D, de sorte que les utilisateurs puissent interagir avec les informations numériques de manière tangible. » : <https://tangible.media.mit.edu/project/inform>

Le concept de *Tangible Bits* pose les prémisses d'un autre concept intitulé *Tangible Computing*¹⁰ introduit par Paul Dourish, autre figure importante des IHM, dans son ouvrage de référence *Where the Action Is. The Foundation of Embodied Interactions* (2001). Le chercheur en informatique y présente ainsi les trois caractéristiques fondamentales du *Tangible Computing* :

- Permettre l'interaction coordonnée de différents dispositifs entre eux ;
- Encourager la multimodalité, c'est-à-dire l'action couplée de plusieurs modes d'interaction (voix, geste, son etc.) ;
- Et enfin, concevoir des dispositifs « affordants », (notion introduite au chapitre 2) c'est-à-dire guidant les usages et les interactions des utilisateur-trices.

Chez Dourish (2001), le concept du *Tangible Computing* est couplé à celui *Social Computing*, qu'il définit comme le fait d'intégrer la compréhension du monde social dans les systèmes interactifs. Il s'agit donc de concevoir des dispositifs qui prennent en compte les interactions sociales des individus entre eux et avec le monde qui les entoure. Selon Dourish, c'est en intégrant les technologies au sein de nos environnements existants (*embedding computing*) que l'on crée des interactions incorporées (*embodied interaction*) :

« *Tangible computing draws on embodiment by recognizing the physical embedding action in the world, while social computing draws upon embodiment by recognizing its social embedding in systems of meaning. These two forms of embedding are both forms of embodiment. They both reflect the participative status that is constitutive of the embodied approach. They are both founded on the same preontological apprehension of the world, one that identifies the physical social world - and most particularly, the interface at which we encounter it - as the site of meaning.*¹¹ » (Dourish, 2001)

Par ces mots, Dourish reprend le lien avec le monde physique via nos interactions numériques porté par Ullmer & Ishii et propose d'ajouter à cette dimension, la prise en compte de l'environnement social (« *physical social world* »), afin de donner sens à ces interactions (« *site of meaning* »).

¹⁰ Que l'on peut traduire en français par « informatique tangi(s)ble. »

¹¹ « *L'informatique tangible s'appuie sur l'incorporation en reconnaissant l'action d'encastrement physique dans le monde, tandis que l'informatique sociale s'appuie sur l'incorporation en reconnaissant son encastrement social dans des systèmes de signification. Ces deux formes d'intégration sont toutes deux des formes d'incarnation. Elles reflètent toutes deux le statut participatif qui est constitutif de l'approche incarnée. Elles sont toutes deux fondées sur la même appréhension préontologique du monde, qui identifie le monde social physique - et plus particulièrement, l'interface à laquelle nous le rencontrons - comme le site du sens.* »

Les concepts de *Tangible Bits*, introduits par Ulmer & Ishii (2000) et de *Tangible Computing* par Paul Dourish (2001), posent les bases du concept de *Tangible Interaction*. On parle alors d'« interaction tangible » pour qualifier les interactions qui vont au-delà des seules interfaces tangibles, ie. physiques et manipulables. Le concept d'interaction tangible ne se contente pas de promouvoir la création de « manipulateurs tangibles » (*digital handlers*) de type « pointeurs », mais au contraire d'encourager la manipulation de données numériques via des systèmes basés sur l'interaction corporelle (*bodily interaction*) (Orit & Hornecker, 2010). Ainsi, la notion d'interaction tangible peut être définie en ces termes :

« *Tangible interaction [...] emphasizes tangibility and materiality, physical embodiment of data -, bodily interaction, and the embedding of systems in real space or context.* »¹²

Le concept d'interaction tangible prend appui sur le monde réel par l'incarnation de données numériques dans des environnements existants, encourageant alors les interactions physiques avec ce dernier. De plus, le concept de *Tangible Interaction* est préféré des designers (au terme de *Tangible Computing*) puisqu'il prend en compte l'expérience de l'utilisateur lors de son interaction avec un dispositif numérique (on parle alors d'UX design pour *User Experience Design*). Au-delà du processus de conception, dans le concept d'interaction tangible, il s'agit de comprendre l'impact d'un dispositif sur son utilisateur-trice au sein d'environnements définis (Van Den Hoven et. al, 2007).

- **Les interfaces tangibles.**

En 2010, Orit Shaer et Eva Hornecker, dont les recherches en IHM portent sur la création d'interfaces « transparentes » entre les êtres humaines, les ordinateurs et le monde physique publient une revue de la littérature sur les interfaces tangibles (*Tangible User Interfaces ou TUIs*). Selon les deux scientifiques, les travaux de recherche sur les interfaces tangibles trouvent leurs fondements autour des concepts de *Tangible Bits* (Ulmer & Ishii, 2000) que nous venons d'explicitier, ainsi que dans des recherches antérieures portant sur les *Graspable User Interfaces* (que l'on pourrait traduire en français sous le terme d'interfaces « saisissables » - Fitzmaurice et. al, 1995).

Apparues au milieu des années 1990, les *Graspable User Interfaces* sont définies ainsi par leurs concepteurs :

¹² « *L'interaction tangible met l'accent sur la tangibilité et la matérialité, l'incarnation physique des données, l'interaction corporelle et l'intégration des systèmes dans des espaces et des contextes réels.* »

« The Graspable UIs allow direct control of electronic or virtual objects through physical artifacts which act as handles for control. These physical artifacts are essentially new input devices which can be tightly coupled or "attached" to virtual objects for manipulation or for expressing action (e.g., to set parameters or to initiate a process). In essence, Graspable UIs are a blend of virtual and physical artifacts, each offering affordances in their respective instantiation. In many cases, we wish to offer a seamless blend between the physical and virtual worlds.»¹³
(Fitzmaurice et. al, 1995)

On y retrouve une notion fondamentale qui guidera la théorisation des interfaces tangibles qui est la suivante : le contrôle d'interfaces électroniques ou virtuelles par le biais d'objets physiques, permettant ainsi de lier les mondes physiques et virtuels. Le concept de *GUIs* a progressivement laissé place à celui de *TUIs* ou interfaces tangibles en français, que Orit & Hornecker (2010) définissent ainsi :

« Interfaces that are concerned with providing tangible representations to digital information and controls, allowing users to quite literally grasp data with their hands' and thus physically manipulate associated representations. »¹⁴ Orit & Hornecker (2010)

Les interfaces tangibles prennent donc la forme d'objets physiques, créés ou déjà présents de notre vie quotidienne permettant de représenter ou de manipuler des données numériques¹⁵. Elles sont physiquement ou virtuellement connectées à un programme numérique, permettant de capter une action réalisée, de l'analyser et de la traduire afin de la retranscrire en retour (on parle de retour haptique, visuel, auditif etc.) - c'est ce que l'on peut qualifier de « multimodalité » (Turk, 2014).

Les interfaces tangibles prennent différentes formes : des kits d'assemblage à construire ; des systèmes de jetons et de contraintes (*token and constraints*) et des surfaces interactives. De plus, les interactions provoquées sont liées à la manipulation d'objets physiques et/ou de formes d'action physiques. Qu'il s'agisse de l'un et/ou de l'autre les interfaces tangibles ont le don de mobiliser les sens ainsi que le mouvement physique afin de repenser nos interactions quotidiennes et notre expérience au monde (Price, 2013).

¹³ « Les Graspable UIs permettent de contrôler directement des objets électroniques ou virtuels par le biais d'artefacts physiques qui servent de poignées de contrôle. Ces artefacts physiques sont essentiellement de nouveaux dispositifs d'entrée qui peuvent être étroitement couplés ou "attachés" à des objets virtuels pour les manipuler ou pour exprimer une action (par exemple, pour définir des paramètres ou lancer un processus). Par essence, les interfaces utilisateur saisissables sont un mélange d'artefacts virtuels et physiques, chacun offrant des possibilités dans leur instantiation respective. Dans de nombreux cas, nous souhaitons offrir une fusion harmonieuse entre les mondes physique et virtuel.»

¹⁴ « Interfaces qui visent à fournir des représentations tangibles aux informations et commandes numériques, permettant aux utilisateurs de saisir littéralement les données avec leurs "mains" et donc de manipuler physiquement les représentations associées. »

¹⁵ « using physical objects to represent and manipulate digital data » soit « l'utilisation d'objets physiques pour représenter et manipuler des données numériques. »

En mobilisant les notions de « transparence » (*seamless*), c'est-à-dire que la technologie est dissimulée, intégrée au sein de notre environnement, et d' « affordance », soit l'intuitivité des usages, les interfaces tangibles se révèlent accessibles au plus grand nombre, tout comme les premières interfaces graphiques (*WIMP*). Il s'agit également pour leurs concepteur-trices de favoriser des interactions intuitives et incorporées, qui ne demandent pas d'apprentissage en amont afin d'offrir de nouvelles expériences interactives (Orit & Hornecker, 2010) .

_Les récentes évolutions en IHM favorisent de nouvelles formes d'interaction avec le monde réel qui étendent les possibilités d'usage des nouvelles technologies aux utilisateur-trices non-experts, de manière plus inclusive. Les recherches en IHM s'ouvrent ainsi au domaine de l'enfance, on parle alors d'interaction enfant (humain)-machine.

4.1.2. L'Interaction Enfant-Machine (ou *Child Computer Interaction*).

Puisque notre travail de recherche concerne l'éducation à la petite enfance, il est essentiel de revenir sur un domaine de recherche spécifique en IHM spécialisé sur les interactions enfant-machine, plus connu sous sa terminologie anglo-saxonne de *Child-Computer Interaction*. Reprenant les principes fondateurs du domaine des IHM en les adaptant au contexte de l'enfance - c'est-à-dire à la conception, l'évaluation et l'implémentation de dispositifs interactifs, le domaine des interactions enfant-machine (ou IE(H)M) peut être défini comme suit :

« Child computer Interaction is a discipline concerned with the design, evaluation and implementation of interactive computing systems for children's use and with the study of major phenomena surrounding them. »¹⁶(Read & Bekker, 2011)

Nous reviendrons dans un premier temps sur l'histoire des I(E)HM, de leur création aux récentes évolutions des interactions et des préoccupations, puis sur les enjeux et les principes fondamentaux de ce sous-domaine.

- **Histoire des interactions enfant-machine (IE(H)M).**

S'il n'est pas évident de dater exactement la création de la discipline des IE(H)M, on peut considérer la naissance de ce domaine de recherche au cours des années 1980/1990 avec des influences provenant de disciplines multiples que sont l'éducation, la psychologie, ou encore le design graphique et les sciences de la communication (Read et. al, 2008 ; Hourcade et. al, 2016). En effet, des recherches exploratoires sur l'utilisation des ordinateurs par les enfants sont menées dès les

¹⁶ « *L'interaction enfant-machine est une discipline qui s'intéresse à la conception, à l'évaluation et à la mise en œuvre de systèmes informatiques interactifs destinés aux enfants, ainsi qu'à l'étude des principaux phénomènes qui les entourent.* »

années 1960/1970 par les pionniers des CCI que sont Seymour Papert, Marvin Minsky et Alan Kay (Hourcade, 2015) [Figure 8].

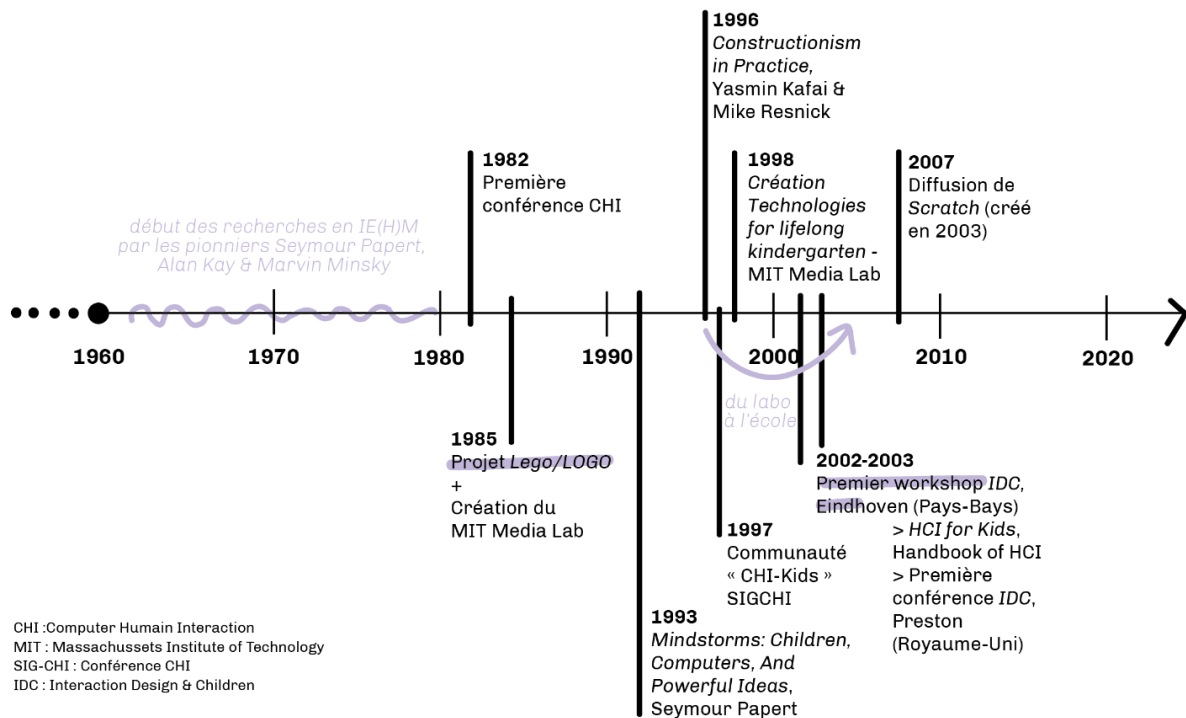


Figure 8 : Bref historique des interactions enfant-machine (IE(H)M)
- de 1980 à nos jours

On peut considérer que c'est la publication du célèbre ouvrage de Papert intitulé *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (1980) qui pose les bases théoriques des futures recherches en IE(H)M. Pour Papert, l'ordinateur personnel, dont les ventes ne cessent de grimper dans les années 1980, constitue un outil prometteur pour stimuler les apprentissages. Il s'agit alors d'étudier ce phénomène de société à l'aube de l'éducation au/ par/ sur le numérique comme l'illustre la citation ci-contre. Dans cet ouvrage, Papert introduit également les prémices du langage de programmation Logo associé à l'utilisation du robot *TurtleGraphics* [figure 9] qui inspirera la création du projet LEGO/Logo.



Figure 9 : Le projet Turtle Graphics dédié à l'éducation des enfants, est créé par Seymour Papert dans les années 1970.



Figure 10 : Le projet LEGO/Logo - des enfants manipulent des robots programmables construits à partir briques de LEGO.

It has become commonplace to say that today's culture is marked by a ubiquitous computer technology. This has been true for some time. But in recent years, there is something new. In the past two years, over 200,000 personal computers have entered the lives of Americans, some of them originally bought for business rather than recreational or educational purposes. What is important to the educator-as-anthropologist, however, is that they exist as objects that people see, and start to accept, as part of the reality of everyday life. And at the same time that this massive penetration of the technology is taking place, there is a social movement afoot with great relevance for the politics of education. There is an increasing disillusion with traditional education. Some people express this by extreme action, actually withdrawing their children from schools and choosing to educate them at home. For most, there is simply the gnawing sense that schools simply aren't doing the job anymore. I believe that these two trends can come together in a way that would be good for children, for parents, and for learning. This is through the construction of educationally powerful computational environments that will provide alternatives to traditional classrooms and traditional instruction. I do not present LOGO environments as my proposal for this. They are too primitive, too limited by the technology of the 1970s. The role I hope they fill is that of a model. By now the reader must anticipate that I shall say an object-to-think-with, that will contribute to the essentially social process of constructing the education of the future¹⁷.

Seymour Papert, *Mindstorms*, 1980

¹⁷ Il est devenu courant de dire que la culture actuelle est marquée par l'omniprésence de la technologie informatique. Cela est vrai depuis un certain temps. Mais depuis quelques années, il y a du nouveau. Au cours des deux dernières années, plus de 200 000 ordinateurs personnels sont entrés dans la vie des Américains, certains d'entre eux ayant été achetés à l'origine à des fins professionnelles plutôt que récréatives ou éducatives. Ce qui est important pour l'éducateur-anthropologue, cependant, c'est qu'ils existent en tant qu'objets que les gens voient, et commencent à accepter, comme faisant partie de la réalité de la vie quotidienne. Parallèlement à cette pénétration massive de la technologie, on assiste à un mouvement social d'une grande importance pour la politique de l'éducation. L'éducation traditionnelle suscite une désillusion croissante. Certaines personnes l'expriment par des actions extrêmes, en retirant leurs enfants des écoles et en choisissant de les éduquer à la maison. Pour la plupart, il y a simplement le sentiment tenace que les écoles ne font plus le travail. Je crois que ces deux tendances peuvent se rejoindre d'une manière qui serait bonne pour les enfants, pour les parents et pour l'apprentissage. Cela passe par la construction d'environnements informatiques puissants sur le plan éducatif qui fourniront des alternatives aux salles de classe traditionnelles et à l'enseignement traditionnel. Je ne présente pas les environnements LOGO comme ma proposition à cet égard. Ils sont trop primitifs, trop limités par la technologie des années 1970. Le rôle que j'espère qu'ils rempliront est celui d'un modèle. Le lecteur doit maintenant s'attendre à ce que je parle d'un objet à penser, qui contribuera au processus essentiellement social de construction de l'éducation du futur.

Le projet *LEGO/Logo* initié en 1985 par Papert, Mitchel Resnick et Stephen Ocko au sein du *MIT Media Lab* (alors tout juste créé) propose une approche constructiviste de l'apprentissage de la programmation, inspiré des travaux de Jean Piaget et d'Edith Ackerman (Ackerman, 1996, Kafai & Resnick, 1996). L'enfant s'initie à la programmation par la manipulation d'objets physiques que sont les LEGO, célèbres briques d'assemblage d'origine danoise (Resnick, 1990). Il s'agit alors de créer des objets tels que des robots qui seront ensuite programmés par les enfants afin de se déplacer dans l'espace ou d'interagir avec d'autres objets **[Figure 10]**.

Quelques années plus tard, le langage de programmation *Logo* donnera également naissance à *Scratch*, « un langage de codage doté d'une interface visuelle simple qui permet aux enfants de créer des histoires, des jeux et des animations numériques » et se définit aujourd'hui comme « la plus grande communauté de codage pour enfants au monde ». Ces projets aux multiples facettes permettent la création du groupe de recherche intitulé *Lifelong Kindergarten* au sein du MIT Media Lab (actuellement toujours en fonctionnement et sous la direction de Resnick) (Resnick, 1998).

On peut considérer que c'est à la fin des années 1990 que les recherches sur les CCI connaissent un réel engouement, et cela se traduit par la sortie progressive de ces travaux de recherche en dehors du contexte de l'école (Read, 2011). C'est à ce moment-là que se crée la communauté intitulée *Chi-Kids* au sein de l'association SigCHI (*Special Interest Group on Computer–Human Interaction*)¹⁸ en 1997 (Hanna, REF). En 2002, le workshop intitulé *Interaction Design for Children* (IDC) donne naissance l'année suivante à la première conférence dédiée aux IE(H)M **[Figure 8]**. Depuis IDC'03 les publications dans le domaine des interactions enfant-machine ne cessent de croître (Read, 2011). Les travaux de recherche en IE(H)M concernent aussi bien la création de dispositifs conçus pour les enfants, à des fins pédagogiques, créatives ou ludiques que les méthodes de recherche elles-mêmes (Markopoulos et. al, 2008) - de la petite enfance à l'adolescence (Price, 2013).

- **Les nouveaux enjeux des IE(H)M.**

Si les travaux de recherche en IE(H)M se multiplient, les enjeux se démultiplient. Ainsi il ne s'agit plus seulement de concevoir des dispositifs d'interaction pour les enfants, mais bel et bien de penser leur implémentation à plus grande échelle et d'impliquer les enfants au sein même des processus de conception (Druin, 2005).

¹⁸ SigCHI est l'une des associations du réseau ACM (Association for Computing Machinery lui-même créé en 1947).

Les dimensions éthiques occupent également une place de plus importante dans les recherches en IE(H)M (Van Mechelen, 2020).

Si les recherches portant sur l'utilisation des ordinateurs par les enfants sont à l'origine de la discipline, la nature de ces interfaces a beaucoup évolué avec la multiplication des interfaces tangibles (Xu, 2005), l'utilisation de la tablette tactile à l'école (Palaiologou & Gray, 2019) ou encore l'usage de la robotique dès la maternelle (Grugier & Villemonteix, 2017). Le domaine s'intéresse aussi aux nouvelles interfaces que sont les dispositifs de réalité mixte ou augmentée (Keifert et. al, 2017), les interfaces conversationnelles (Xu & Warschauer, 2020) ou encore les interfaces haptiques (Beheshti et. al, 2019) ou le textile connecté (Berzowska, 2019). Les définitions précises de ces interfaces seront données dans la dernière partie de ce chapitre.

Lorsque cela concerne le milieu de l'enfance, il est vrai que les interfaces sont majoritairement pensées comme des supports au développement de diverses compétences chez l'enfant liés à la programmation (Girouard, 2007) mais également au compétences narratives (Catala et.al, 2017) ou encore à la compréhension des concepts mathématiques (Beşevli, et. al, 2019) - autant de potentialités pédagogiques sur lesquelles nous reviendrons dans la sous-partie portant spécifiquement sur sur les IHM pour l'apprentissage.

- **Les fondamentaux des IE(H)M, des repères pour la conception.**

Depuis les débuts des IE(H)M, les chercheur-es s'appuient sur les théories développementales pour concevoir des IHM adaptées aux enjeux du monde de l'enfance (Wyeth & Purchase 2003). Ainsi, la théorie de l'apprentissage autour du « constructivisme » introduite par Piaget et que l'on peut résumer comme « l'interaction permanente entre l'individu et l'environnement qui permet de construire les connaissances » a inspiré la rédaction des ouvrages iconiques de la discipline. Le livre de Papert (1980) que nous venons d'évoquer en est le premier exemple. On pense également au célèbre ouvrage de Yasmin Kafai et Mitchel Resnick (1996) *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*, tous deux co-concepteurs du projet *Scratch*.

Les travaux de Lev Vygotsky constituent également des repères pour aider à la conception, en prenant alors en compte l'importance de l'environnement social afin d'encourager l'appropriation des dispositifs par le jeune enfant (Iversen & Brodersen, 2008). Ainsi, le ou la chercheur-se en IE(H)M ne doit pas se contenter de faire appel aux souvenirs de son enfance passée, mais bel et bien convoquer théories et expert-es de la petite enfance lorsqu'ils-elles souhaite concevoir pour les jeunes enfants (Gelderblom & Kotzé, 2008).

S'appuyant également sur ces théories développementales, le chercheur en informatique et pionnier de la communauté scientifique d'IDC, Juan Pablo Hourcade, définit les 10 piliers de l'interaction enfant-machine dans un ouvrage tout simplement intitulé *Child-Computer Interaction*. Revenons en détails sur chacun d'entre eux :

1. *Work in interdisciplinary team.* Travailler en équipe interdisciplinaire incluant aussi bien des experts de la technologie que de l'enfance, ainsi que des designers, ou toute autre personne susceptible d'aider à la conception, l'implémentation et l'évaluation du projet.
2. *Deeply engage with stakeholders.* Engager les usagers tout au long du processus de recherche, y compris les enfants afin d'engager une véritable approche centrée usager (*user-centred design*).
3. *Evaluate impact over time.* Évaluer l'impact dans le temps c'est-à-dire à plus long terme afin de pouvoir réellement mesurer les évolutions en termes de compétences mobilisées ou développées grâce à l'utilisation du dispositif.
4. *Design the ecology, not just the technology.* Concevoir l'environnement et non seulement la technologie afin d'élargir le contexte d'usage. Cela peut passer aussi bien par la conception de l'espace physique dans lequel sera utilisé le dispositif, que les activités proposées autour, c'est-à-dire l'ensemble de la scénarisation.
5. *Make it practical for children's reality.* Rendre pratique l'usage des dispositifs dans la vie quotidienne des enfants, en répondant à la fois à leurs besoins et à leurs attentes.
6. *Personalize.* Personnaliser afin d'offrir aux enfants la possibilité de s'approprier le dispositif en fonction de leurs personnalités respectives.
7. *Be mindful of skill hierarchies.* Être attentif-ve au développement hiérarchique des compétences c'est-à-dire prendre en compte de la nécessité d'acquérir certaines compétences afin d'en développer de nouvelles, permettant alors l'utilisation optimale du dispositif en question.
8. *Support creativity.* Encourager la créativité en posant un propos qui ait du sens pour l'enfant autour d'activités de construction ou de création. Pour cela, la manipulation d'objets physiques est un précieux atout.
9. *Augment human connections.* Favoriser les interactions humaines afin d'encourager un environnement attachant aussi bien pour l'enfant que pour ses donneur-ses de soin.
10. *Enable open-ended, physical play.* Proposer des usages à la fois ouverts et ludiques d'un dispositif peut favoriser le développement de compétences essentielles telles que la résolution de problèmes, la résilience, la collaboration ou encore l'entraide. Le jeu est pour cela un formidable outil.

Si ces piliers forment des repères pour la conception d'IE(H)M, ils sont aussi des repères pour la conception d'IHM pour l'éducation. Car, comme nous le verrons dans les paragraphes suivants, la conception d'I(E)HM, ces dispositifs étant souvent conçus pour supporter l'acquisition de différentes connaissances et compétences chez l'enfant (Antle & Wise, 2013).

4.1.3. IHM pour l'éducation.¹⁹

Alors que les recherches portant sur les apports du numérique dans les apprentissages se multiplient, les recherches dans le domaine des IHM pour l'éducation se démocratisent. Avec les membres de l'Axe 2 du GT #hybrid, nous avons défini ainsi la notion d'IHM pour l'éducation :

Un ensemble de chercheur·es issus de l'IHM, mais aussi des domaines de la psychologie, de l'ergonomie, des sciences de l'éducation et même plus, visent à traiter les questions de la conception et de l'évaluation de nouveaux dispositifs ou nouvelles modalités d'interaction (ex. dispositifs mobiles, interfaces tactiles ou tangibles, dispositifs immersifs et jeux numériques...) pour l'Éducation et la Formation.

Ces nouvelles modalités d'interaction constituent autant d'opportunités susceptibles de renouveler les manières d'enseigner et d'apprendre. Elles soulèvent également des défis du point de vue de la conception des dispositifs dédiés et des analyses à conduire pour en mesurer les effets.

Axe 2 _ GTNum #hybrid

Ainsi, le domaine des IHM pour l'éducation s'intéresse à la fois à la conception des dispositifs et à leur implémentation sur le terrain, prenant appui sur une approche globale de l'éducation issue de plusieurs disciplines (incluant le traditionnel trio : ingénierie, sciences humaines et sociales, et design).

Dans les prochains paragraphes, nous explorerons les fondamentaux des IHM pour l'éducation (laissant ici de côté la notion de formation à laquelle ce terme est souvent associé), puis nous reviendrons sur les enjeux de ce sous-domaine. Enfin, nous aborderons plus en détails, les recherches autour des interfaces tangibles pour l'éducation.

- **Les fondamentaux de l'IHM pour l'éducation.**

Le groupe Edu-IHM²⁰, un groupe de chercheur·es français·es interdisciplinaire s'intéressant aux IHM pour l'éducation et la formation, propose une démarche de recherche basée sur les principes fondamentaux suivants :

¹⁹ Cette partie s'appuie en partie sur les travaux réalisés au sein de l'Axe 2 du GT#hybrid, introduit en début de chapitre.

²⁰ <https://eduihm.afihm.org/index.php/objectifs/>

- L'interdisciplinarité de la communauté de chercheur-es impliqués-es (tout comme pour le domaine des IHM en général) - c'est aussi la collaboration entre ces chercheur-es, l'apport de connaissances, théoriques et pratiques, complémentaires qui nourrissent les projets de recherche en IHM pour l'éducation ;
- Une vision d'ensemble du projet, c'est-à-dire que le projet de recherche comprend généralement l'ensemble des étapes du processus de conception - de l'idéation à l'implémentation du dispositif d'interaction au sein de l'environnement quotidien fréquenté par l'enfant ;
- Justement, l'approche écologique est aussi privilégiée par le fait que l'ensemble des dispositifs soient testés et évalués au sein des environnements d'apprentissage (à l'école ou à la maison). Les acteur-trices ainsi que les enjeux de l'école sont également pris en compte et intégrés au cours du processus de conception (on parle alors de co-conception) ;
- Enfin, l'évolution des technologies du numérique, c'est-à-dire que les recherches prennent en compte les avancées technologiques afin de créer ou d'évaluer des dispositifs en lien avec la société actuelle - de construire, par exemple, des environnements « hybrides » ou « tangibles » comme nous l'avons défini juste avant, c'est-à-dire sur la relation entre mondes réels et virtuels.

Ainsi, nous pouvons insister ici sur un point essentiel qui rejoint chacun de ces éléments fondamentaux et soulevé par Franck Amadiou et André Tricot dans leur ouvrage intitulé *Apprendre avec le numérique; Mythes et Réalités* (2020) : l'approche pédagogique. Celle-ci prend en considération le rôle essentiel de l'enseignant-e qui met en œuvre les outils et les méthodes de l'activité pédagogique.

Les auteurs concluent ainsi leur ouvrage en ces termes :

« On peut constater que la mise à disposition des outils ne suffit pas et que la pédagogie doit être pensée et conçue pour répondre aux exigences de la situation. Cette pédagogie doit s'appuyer sur un rôle important de l'enseignant qui conçoit les tâches pédagogiques, guide les activités, aide à la compréhension de son propre apprentissage, rassure les apprenants et contribue à un climat favorable à l'apprentissage. »

L'approche pédagogique inclut également des enjeux comme nous allons maintenant le voir.

- **Les enjeux des IHM pour l'éducation.**

Le groupe Edu_IHM a également défini les enjeux de recherche communs des IHM pour l'éducation qui correspondent à la mise en oeuvre des méthodologies suivantes :

- Une méthodologie de traçage soit la récolte de données en contexte (approche écologique) aux qualités complémentaires (méthode mixte de recherche) - il peut s'agir des données directement récoltés par le dispositif utilisé ainsi que de questionnaires (données quantitatives) ou bien de données issus de l'observation sur le terrain ou d'entretiens (données qualitatives). De par l'hétérogénéité des données récoltées, les chercheur-es d'Edu_IHM rappellent l'importance de fixer un cadre théorique clair répondant à des objectifs précis adaptés au contexte étudié ;
- Une méthodologie de co-conception qui inclut les apprenant-es et les enseignant-es tout au long du processus de recherche afin de répondre au mieux à leurs attentes et aux usages. Ainsi, le ou la chercheur-e en IHM pour l'éducation doit faire preuve de créativité (ateliers, supports, moyens de communication) afin d'inclure les différentes parties prenantes du projet tout au long du processus, de la conception à l'évaluation des dispositifs proposés ;
- Une méthodologie d'évaluation des dispositifs d'apprentissage comprenant l'utilisabilité, l'utilité ou encore l'acceptabilité des futur-es utilisateur-trices. Ces critères peuvent être mesurés grâce aux données mixtes récoltées (cf. méthodologie de traçage). Les chercheur-es d'Edu_IHM précisent bien qu'il ne s'agit pas uniquement d'évaluer la « performance en termes d'apprentissage » mais également des critères déterminants pour évaluer la pertinence d'un dispositif c'est-à-dire l'engagement et la motivation des apprenant-es.

À ces enjeux de recherche, nous pouvons ajouter des enjeux de terrain qui complètent notre réflexion. Premièrement, le respect des objectifs d'apprentissage est essentiel dans la conception d'une IHM pour l'éducation. Il s'agit ainsi de s'appuyer à la fois sur les théories développementales afin d'adapter la complexité du dispositif aux apprenant-es concerné-es, et de répondre aux programmes scolaires en vigueur sur le terrain. Deuxièmement, la scénarisation des apprentissages est indispensable. Comme le précisent Amadiou & Tricot (2020) :

« Certains outils numériques interactifs pourraient être bénéfiques à l'apprentissage, à condition que le scénario pédagogique implique un traitement profond pertinent par rapport à l'objectif d'apprentissage. »

C'est justement parce qu'elles prennent en compte (plus ou moins rigoureusement) à la fois les fondamentaux (interdisciplinarité, vision holistique et écologique, ainsi l'évolution des technologies et prise en compte de l'enseignant), ainsi que les enjeux méthodologiques propres aux IHM pour l'éducation (traçage, co-conception et évaluation ainsi que scénarisation des apprentissages) que les interfaces tangibles pour l'éducation se sont démultipliées ces dernières décennies.

- **Les interfaces tangibles pour l'éducation**

Le domaine des interfaces tangibles pour l'éducation a bénéficié ces dernières années de nombreux travaux de recherche, à la fois théoriques, c'est-à-dire expliquant alors pourquoi et comment utiliser ce types d'interfaces à vocation pédagogique, et pratiques, en détaillant le processus de conception d'une interface tangible jusqu'à son implémentation et son impact au niveau des apprentissages (O'Malley & Fraser, 2004, Xu, 2005).

Dans leur revue de la littérature autour des interfaces tangibles, Shaer et Hornecker (2010) insistent sur deux raisons principales expliquant la pertinence d'utiliser des interfaces tangibles en tant que supports des apprentissages. La première est celle d'augmenter les fonctionnalités et l'attractivité des dispositifs à destination des enfants - ce qui a toujours été une préoccupation majeure des chercheur-es en éducation ou des designers. La seconde porte sur l'intérêt à créer des environnements physiques favorisent la mobilisation des différents sens afin de promouvoir le développement holistique de l'enfant - comme nous l'avons détaillé au **Chapitre 1**²¹.

On qualifie également les interfaces tangibles pour l'éducation de « manipulables » (*digital manipulatives*, Resnick et.al, 1998), ce qui illustre alors la notion essentielle de manipulation physique associée. Ces manipulables prennent différentes formes : des objets physiques augmentés par la technologie par exemple (Zuckerman, 2006) ou des kits ou blocs de construction (Girouard, 2007) à l'image du projet initiateur des IHM pour l'éducation et l'enfance qu'est le projet *LEGO/Lego*, déjà évoqué (Resnick et. al, 1988).

De plus, les manipulables permettent de soutenir une diversité d'apprentissages tels que la transmission des concepts liés au numérique (Yu & Roque, 2018), le soutien à la compréhension ou à la création d'un récit narratif (Sylla, 2015) ou encore plus récemment la perception et l'appréhension des compétences spatiales (Baykal et. al, 2013).

²¹ Note - L'épisode 5 du MOOC #petitecultnum intitulé « Magique, ludique, cosmique » porte notamment sur ces questionnements liés à la conception de nouveaux dispositifs, support au développement du tout-petit grâce à deux facteurs essentiels : (1) la collaboration entre scientifiques et designers (2) la prise en compte du développement holistique du tout-petit.

Dans une revue de la littérature concernant spécifiquement les interfaces tangibles pour les apprentissages, Sarah Price, psychologue et chercheuse en IHM, définit ainsi les interfaces tangibles, raccourcies sous le terme de Tangibles :

*« “Tangibles” generally refer to interfaces where computational power is embedded in everyday artifacts or customized objects, which can be wireless networked or linked to various forms of digital representation »
(Price, 2013)*

Selon Price (2013), ces informations numériques, issus d'un contact physique, peuvent prendre différentes formes : sonores, narratives, textuelles, visuelles à travers des images ou des animations, etc, et se combinent facilement à des objets, un environnement ou une action. C'est ce qu'on qualifie d'interfaces multimodales (Turk, 2014). Les interfaces multimodales sont propices aux apprentissages car elles permettent de transmettre des informations permettant de saisir des concepts abstraits (lié aux mathématiques ou à l'informatique) ou bien de renforcer les éléments-clés d'une tâche (Price, 2013).

Enfin, au-delà de soutenir la compréhension de connaissances spécifiques (mathématiques, littéraires ou numériques), les interfaces tangibles pour l'éducation possèdent des qualités intrinsèques essentielles au processus d'apprentissage chez le jeune enfant (Price, 2013) **[Figure 11]** :

- La créativité et l'imagination ;
- La curiosité et l'exploration ;
- La collaboration ;
- Et enfin les interactions physiques et corporelles).

On retrouve dans les qualités ici énoncées les éléments-clés du développement du jeune enfant que nous avons évoqués au **Chapitre 1**. La création d'interfaces tangibles pour l'éducation s'appuie sur les théories développementales et/ou les pédagogies alternatives, tels que le développement de l'imagination et de la pensée créatrice (telle qu'évoquée par Vygotsky, 2004), la curiosité naturelle des enfants (Montessori, 1959) et l'importance de l'exploration active (Piaget, 1926).

De plus, la créativité et la collaboration sont également associées aux compétences dites du 21^e siècle (cf. Chapitre 2, Lamri et. al, 2018). Ainsi l'utilisation des interfaces tangibles pour l'éducation constitue également un support de diffusion de la culture numérique. Au-delà de soutenir une éducation par le numérique, certaines interfaces tangibles soutiennent une éducation au numérique et reviennent aux principes fondamentaux des IE(H)M évoqués précédemment.

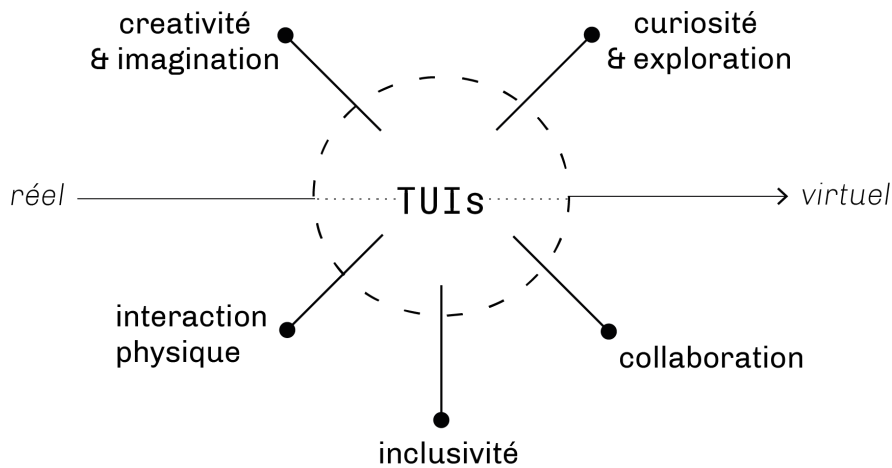


Figure 11 : Les qualités intrinsèques des interfaces tangibles pour l'éducation.

J'ajouterai à ces qualités, l'aspect ludique souvent promu par les IHM pour l'éducation, et notamment les interfaces tangibles. Nous avons souligné dans les chapitres précédents, les qualités du jeu comme support d'apprentissage, dès la petite enfance. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, le jeu en tant support au développement et à l'éducation du jeune enfant (**Chapitre 1**) est souvent mis en avant pour valoriser l'utilisation des outils numériques par les élèves (cf. épisode 2 du MOOC #petiteculnum évoqué au **Chapitre 2**).

En effet, si la ludicité de l'usage des technologies pour l'éducation est souvent mise en avant par les jeux vidéo (REF), il n'en est pas moins concernant les interfaces tangibles. En effet, les TUIs pour l'éducation reprennent les codes des jeux de construction (Girouard, 2007), de plateau (REF) ou de cartes (Giraudeau, 2013) au service des apprentissages.

Enfin, nous avons vu au **Chapitre 3** que le jeu était vecteur d'expérience incorporée, ce phénomène se retrouve renforcé par l'utilisation d'interfaces tangibles, supports de manipulation et plus généralement d'interaction physique, et multi-sensorielle (Antle, 2013).

_ Maintenant que nous avons évoqué de manière théorique le domaine de recherche portant sur les IHM et plus particulièrement sur les IHM pour l'enfance et/ou pour l'éducation, la partie suivante portera sur un état de l'art de dispositifs existants que nous avons choisi de classer suivant différents critères.

4.2. État de l'art des dispositifs d'expérience incorporée par le numérique : une proposition de classification.

Avant d'explicitier le système de classification de dispositifs d'expérience incorporée par le numérique pour la petite enfance, qui fera l'objet de cette deuxième partie du Chapitre 4, j'aimerais revenir en détail sur la notion de « dispositif ». Nous avons choisi la notion de « dispositif », à celles d'« instrument », d'« interface » ou d'« outil ». En effet, ces trois notions s'inscrivent dans des domaines qui paraissent trop éloignés de notre cadre théorique : la notion d'instrument est largement utilisée en ergonomie (Rabardel, 1995, Decortis, 2015), la deuxième en informatique (Rumsey & Watkinson, 2004), et enfin l'outil, souvent accolé au terme de « numérique » est très utilisé en sciences humaines et sociales, et particulièrement en science de l'éducation (Tessier, 2019). Le concept de dispositif offre ainsi un espace de discussion particulièrement intéressant et convoque des fondements théoriques déjà évoqués dans cette thèse, tels que le lien à la pratique ainsi que l'interdisciplinarité intrinsèque à sa conception.

—

La notion de dispositif, d'abord théorisée par Michel Foucault (1975), réunit « un ensemble hétérogène » qui s'inscrit dans une relation de pouvoir. Reprenant la définition de Foucault, le philosophe Giorgio Agamben, dans un livre intitulé *Qu'est-ce qu'un dispositif ?* (2014) définit ainsi le dispositif :

« Le dispositif nomme un ensemble de praxis, de savoirs, de mesures, d'institutions dont le but est de gérer, de gouverner, de contrôler et d'orienter, en un sens qui se veut utile, les comportements, les gestes et les pensées des hommes. Nous sommes pris dans des dispositifs : nous nous transportons, nous nous parlons, nous nous rapportons à nous-mêmes à travers des dispositifs. Nous appartenons aux dispositifs tout autant qu'ils font partie de nos vies. » (Agamben, 2014)

On retrouve ici des principes forts situés dans le concept d'« expérience » tel que défini au **Chapitre 3**, c'est-à-dire l'association de la théorie (*savoirs, mesures*) à la pratique (*praxis*), ainsi que des comportements, des gestes et des pensées des êtres humains - illustrant le lien corps/esprit/environnement aux fondements de nos travaux de recherche. Enfin la dernière partie de cette définition met en avant le caractère phénoménologique de l'expérience, celle-ci étant inscrite dans notre vie quotidienne.

Emmanuel Belin considère le dispositif comme « un espace potentiel » (Belin, 1999). Annie Gentès, directrice de recherche en design, reprend alors le texte du sociologue afin de définir le dispositif en ces termes²² :

« un milieu qui n'est ni dedans ni dehors, ni fantasmatique ni brutalement déterminé par la réalité, qui est le lieu d'articulation de notre imaginaire et du monde réel, un milieu actionnable : reconfigurable, jouable, explorable. »

Gentès associe ainsi la définition de Belin, « espace potentiel » à celle de Winnicott autour de « l'aire intermédiaire d'expérience » pour re-définir le dispositif comme ce qui relie l'imaginaire et le tangible (le virtuel au réel). Enfin pour la chercheuse en design, le dispositif possède deux qualités particulièrement intéressantes dans la construction de notre récit autour de l'expérience incorporée, le dispositif possède deux caractéristiques :

*« - d'une part réunir/composer : donner un cadre pour faire du lien entre des événements qui autrement pourrait être perçus comme totalement décousu, sans sens
- d'autre part « discrétiser » : offrir un cadre qui permette de découper ce qui dans l'expérience vécue pourrait apparaître comme indissociable et ainsi recomposer une représentation du réel. »*

Le dispositif crée ainsi un espace de « médiation sensible » pour la chercheuse en design Rose Dumesny, qui pose un regard critique sur les « boîtes noires » que sont les dispositifs technologiques qui nous entourent. Reprenant également Winnicott, Dumesny qualifie également le dispositif d'« objet transitionnel » lorsqu'il est associé à la notion de tangibilité :

« Les dispositifs de médiation, envisagés comme des objets transitionnels, sont les supports qui permettent de se saisir des questions que posent les objets technologiques. [...] Les dispositifs tangibles permettent de partir de l'intérieur des objets pour les déconstruire et les rendre intelligibles » Dumesny, 2020.

Ainsi le concept de dispositif réunit trois qualités intrinsèques :

- Le dispositif ne se limite pas à l'objet mais réunit, compose et discrédite en contexte (Gentès, 2020) ;
- Le dispositif est relié à la notion d'expérience puisqu'il en est au cœur même (Agamben, 2014) - il permet de créer du lien entre corps/esprit/environnement ;
- Et enfin, le dispositif est un « objet transitionnel » situé dans « l'aire intermédiaire d'expérience » (Winnicott, 1975) , c'est-à-dire qu'il offre un «

22

<https://anniegentesdesignblog.wp.imt.fr/2020/01/13/le-designer-nest-pas-un-pur-esprit-le-role-des-dispositifs-dans-la-conception/#more-61>

espace potentiel » (Belin, 1995) entre les mondes réels et virtuels afin de rendre intelligible ce qui ne se voit pas (Dumesny, 2020).

–

Toutes ces qualités font du dispositif un concept privilégié convoqué par les designers-chercheur-es (Gentès, 2015), qui s'illustre dans de nombreux projets à la frontière entre science et design, pensés pour l'éducation à la petite enfance. Ces dispositifs ont fait l'objet d'une classification que nous allons maintenant vous présenter en détail.

4.2.1. Méthodologie.

L'ensemble des dispositifs sélectionnés dans notre système de classification illustre le fruit de quatre années de recherche sur le sujet. Ces dispositifs ont été issus d'une sélection depuis la bibliothèque ACM (Association for Computing Machinery) à partir des associations de mots-clés suivantes : « *early childhood* », « *early childhood interface* », « *early childhood education* », « *preschool* », « *preschool interface* », ainsi que de dispositifs existants sur le marché français, ou découverts lors d'expériences personnelles au cours de la thèse.

Il ne s'agit pas ici de proposer une liste exhaustive des dispositifs d'expériences incorporées par le numérique adaptés aux jeunes enfants, mais de montrer un panel illustrant la diversité de ce type de dispositifs.

- **Critères de sélection**

Pour sélectionner les dispositifs présents dans notre système de classification, nous avons dressé les critères suivants :

- Ces dispositifs s'adressent aux **enfants d'âge préscolaire**, c'est-à-dire entre 3 et 6 ans. Bien sûr, il se peut que certains dispositifs ne s'adressent pas à la totalité de cette tranche d'âge ou la dépassent (avant ou après la période préscolaire) ;
- Il s'agit de **dispositifs interactifs**, c'est-à-dire que l'enfant est en posture active (y compris sur interface à écran) c'est-à-dire qu'il effectue ses propres interactions sur le dispositif. Nous verrons que les typologies de dispositifs influent sur les interactions proposées ;
- Ces dispositifs proposent des **ponts entre les mondes réels et virtuels** par la manipulation d'objets physiques ou l'immersion dans des environnements digitalisés ;
- Ces dispositifs ont été conçus à **visée pédagogique** c'est-à-dire qu'ils sont des médiums d'apprentissages, parfois multiples. Nous avons choisi de diviser ces apprentissages en quatre sous-catégories :

- les apprentissages fondamentaux aussi appelés 3Rs pour écriture, lecture et arithmétique (en anglais *Reading, wRiting, aRithmetic*) ;
 - les compétences artistiques (musique, dessin, création d'histoires, etc.) ;
 - la littératie numérique (électronique ou algorithmie) ;
 - et enfin l'acquisition de *soft skills* ou « compétences psychosociales (CPS) aussi définies comme « des compétences de vie, utiles au quotidien pour chacun » par Santé Publique France²³, correspondant par exemple à la capacité à s'exprimer correctement ou à gérer ses émotions.
- Enfin ces dispositifs **mobilisent le corps**, en partie ou en intégralité en proposant des interactions (multi)sensorielles, et du mouvement.

Nous avons également choisi de classer les dispositifs sélectionnés en typologies.

- **Les typologies de dispositifs**

Lorsque l'on parle de dispositifs interactifs adaptés aux jeunes enfants, les interfaces tangibles dominent le paysage de la conception en IE(H)M. Nous avons en effet évoqué précédemment, la pertinence des interfaces tangibles pour l'éducation, et plus particulièrement, pour l'éducation à la petite enfance. Cependant l'ensemble des dispositifs sélectionnés dans notre classification ne sont pas uniquement des interfaces tangibles, car nous verrons qu'il existe d'autres typologies permettant de véhiculer des expériences d'apprentissages incorporées.

Nous avons ainsi choisi de diviser les dispositifs sélectionnés en 6 catégories de typologies dont voici les définitions proposées :

- **Objet manipulable** : objet interactif aux retours sensoriels (même s'il est connecté à un programme numérique via un écran, l'interaction physique s'effectue sur l'objet et non sur l'écran) ;
- **Robot** : « appareil automatique capable d'exécuter des opérations selon un programme fixe, modifiable ou adaptable » pour reprendre la définition donnée par le dictionnaire du Larousse ;
- **Réalité augmentée** : « éléments numériques qui apparaissent sur des vues du monde réel, avec parfois une interactivité limitée entre eux » (Interaction Design Foundation) - l'interaction via un dispositif de réalité augmentée s'effectue donc à travers un écran mobile (smartphone ou tablette).

²³ Rapport intitulé « Les compétences psychosociales : un référentiel pour un déploiement auprès des enfants et des jeunes. Synthèse de l'état des connaissances scientifiques et théoriques réalisé en 2021 » et disponible sur le site de Santé Publique France : <https://www.santepubliquefrance.fr/docs/les-competences-psychosociales-un-referentiel-pour-un-deploiement-aupres-des-enfants-et-des-jeunes.-synthese-de-l-etat-des-connaissances-scientif>

- **Réalité mixte** : combine des éléments de réalité augmentée et de réalité virtuelle²⁴ afin que les objets numériques puissent interagir avec le monde réel » (Interaction Design Foundation) - l'écran est présent mais il n'est pas le seul médium d'interaction ;
- **Interface conversationnelle** : « tout système logiciel conçu pour faire interagir des utilisateurs et un programme par les moyens du dialogue » (Aegerter & Foissac, 2019). En anglais on parle de Vocal User Interface (VUIs).

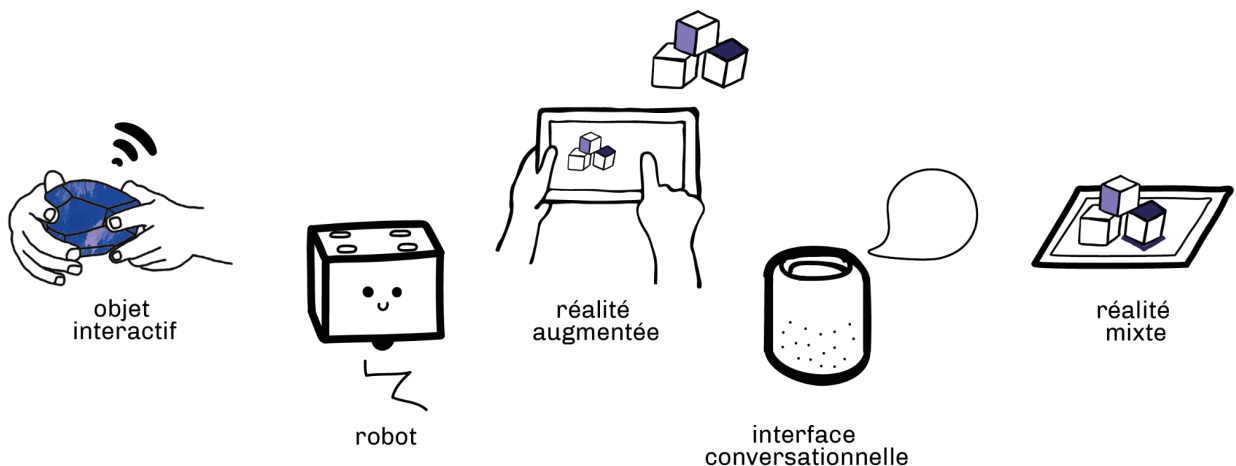


Figure 12 : Les différentes typologies de dispositifs proposant des interactions dites incorporées pour l'éducation à la petite enfance.

- **Critères de classification**

Notre système de classification est divisé en 5 catégories :

1. **Informations générales** : une courte description (apporté par l'équipe de conception), la date de création, les créateur-trices, le papier de recherche associé (lorsqu'il y en a), ainsi que le site internet associé.
2. **Système d'interaction** : la typologie du dispositif, le matériel utilisé ainsi que les retours multimodaux proposés.
3. **Éducation** : les compétences pédagogiques développées que l'on peut séparer en quatre sous-catégories comme expliquées précédemment (apprentissage fondamentaux, artistiques, numériques ou sociales), ainsi que les compétences détaillées et la tranche d'âge à laquelle s'adresse exactement le dispositif.
4. **Usage** : en individuel ou collectif (ou les deux) ainsi que le contexte privilégié d'utilisation (école, maison, lieu culturel).

²⁴ La réalité virtuelle étant fortement déconseillé pour des jeunes enfants, nous n'aborderons pas cette typologie de dispositif ici mais nous pouvons tout de même donner sa définition, soit « des expériences immersives qui isolent les utilisateurs du monde réel » (Interaction Design Foundation)

- 5. Conception** : le contexte de création (recherche ou commerciale), le pays d'origine, et le coût (lorsque le dispositif est disponible sur le marché).

4.2.2. Système de classification.

Annexe 1 : Système de classification des dispositifs d'interaction incorporée pour l'éducation à la petite enfance.

- *Les dispositifs intégrés à notre système de classification sont présentés dans des planches d'illustrations insérées dans les pages suivantes.*

4.2.3. Analyse.

À partir de notre système de classification réunissant 28 dispositifs numériques conçus pour les jeunes enfants, et des critères que nous venons de détailler, nous pouvons observer l'analyse suivante :

- Concernant les typologies [1], nous pouvons observer que la moitié des dispositifs proposent des interactions sans écran (7 objets interactifs, 5 robots et 2 interfaces conversationnelles) alors que l'autre moitié favorisent les interactions liant écrans et monde physique (8 interfaces de réalité mixte et 6 interfaces de réalité augmentée).
- Ainsi [2], il n'est pas étonnant de constater que la plupart de ces interfaces proposent des retours haptiques (pour 23 dispositifs) par manipulation d'objets physiques. Les retours sonores (16) et visuels (14) sont également plébiscités, suivis des retours de mouvement (7), lumineux (6) et vibratoires (2). Les dispositifs proposent tous plusieurs retours sensoriels possibles.
- D'un point de vue pédagogique [3], les compétences transmises sont assez variées, entre la transmission de classiques ou 3Rs (10), numériques (9), artistiques (7) et douces ou *soft skills* (8).
- S'agissant des usages [4], l'âge moyen d'utilisation est de 4,9 ans, soit des enfants plutôt scolarisés en grande section de maternelle en France. Les usages individuels sont majoritaires (20) mais certains dispositifs favorisent également ou uniquement les usages collectifs (13). L'école reste le lieu privilégié d'utilisation suivi de près par le domicile familial. Quelques dispositifs (3) ont également été spécifiquement créés pour des espaces culturels de type musée ;
- Enfin d'un point de vue de la conception [5], la majorité des dispositifs présentés étaient originaires de France et des États-Unis, et créés dans un but de recherche (pour 19 d'entre eux). Cela s'explique certainement par un

biais de sélection au départ puisque la France est le territoire privilégié de notre travail de recherche.

Ce système de classification constitue une base solide (non-exhaustive) de référencement de dispositifs d'interactions numériques qui prônent le lien entre le monde virtuel et le monde physique via l'encouragement à une posture active de la part de l'enfant. Cela nous permet également de placer la création de nos propres dispositifs (qui seront décrits en Partie 2) dans un paysage de recherche et de création. Ainsi, cette analyse nous permet d'indiquer les tendances de conception suivantes :

- Ces dispositifs proposent des interactions multimodales, c'est-à-dire différentes formes d'interactions grâce à l'association de retours sensoriels pluriels (haptique, visuel, sonore, etc.). Cela favorise la posture active de l'enfant qui peut explorer à son rythme, grâce aux retours immédiats provoqués par ses propres interactions sur le dispositif.
- Les usages sont également multiples, entre la diversité des compétences mobilisées et des contextes d'utilisation, soulignant l'intérêt des concepteur·trices à créer des ponts entre les apprentissages au sein des différents lieux d'accueil des jeunes enfants.
- Enfin, on notera l'intérêt grandissant pour les interfaces favorisant des interactions uniquement sans écran afin que l'enfant puisse interagir corporellement et en mouvement. Dans cet objectif, les interfaces en textile connecté sont particulièrement appropriées.

_Comme l'illustrent ces dispositifs, les travaux de recherche en IHM, liés à l'enfance et à l'éducation, couplés aux avancées technologiques ouvrent la voie vers de nouvelles formes d'interaction. Ces interactions placent le corps au cœur de la relation entre l'être humain et les interfaces numériques offrant alors des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique.

4.3. Concevoir des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique - dès la petite enfance.

Dès l'émergence des I(E)HM dans les années 1980, la question de l'action incorporée est centrale. En effet, l'enfant est invité à manipuler des éléments physiques (robots ou cubes de construction) pour interagir avec des programmes numériques. À l'image des projets *TurtleGraphics* ou *LOGO/Lego*, l'interaction physique de l'enfant dans son environnement est encouragée. L'objectif est ainsi de saisir la compréhension de concepts mathématiques et informatiques relativement abstraits en créant un lien physique avec le monde réel. Inspiré par la pensée

constructiviste de Piaget et l'approche socio-constructiviste de Vygotsky, ainsi que par les pédagogies alternatives, on parle alors d'interaction incorporée (*embodied interaction*) (Ale et. al, 2022).

Le concept de « corporéité » (*embodiment*), théorisée par le philosophe Maurice Merleau-Ponty (1945) puis repris dans les travaux du neuroscientifique Francisco Varela (1993), repose sur deux éléments fondamentaux : le premier porte sur le fait que nos actions sont guidées par notre perception, le second que notre cognition est ancrée dans nos actions sensori-motrices (*embodied cognition*) - ainsi le lien corps/esprit est-il l'essence même de notre existence afin de donner « sens au monde » (cf. **Chapitre 3**).

Comme nous venons de le voir, en IE(H)M, cette prise de conscience s'est traduite par la multiplication des travaux de recherche portant sur la création d'interfaces tangibles qui offrent des modes d'interaction privilégiés entre l'enfant et le monde numérique en créant des ponts avec le monde réel (Price, 2013) - dès le plus jeune âge. C'est ainsi qu'émerge le concept d'*interaction enfant-machine incorporée (Embodied Child-Computer Interaction)* introduit par Alissa Antle (2013), fondatrice du groupe de recherche *Tangible, Embodied, Child Interaction (TECI)* à l'Université Simon Fraser.

Dans cette troisième partie du Chapitre 4, nous nous intéresserons dans un premier temps aux méthodes de conception d'I(E)HM pour l'éducation promouvant des interactions incorporées pour l'apprentissage, puis nous reviendrons en détail sur le concept d'IE(H)M incorporées, sur lequel s'appuient également les dispositifs présentés dans notre système de classification.

4.3.1. Méthodologies de d'IE(H)M incorporées.

Afin de concevoir des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique, intéressons-nous aux processus de conception des I(E)HM dans le domaine de l'éducation. Nous avons ainsi sélectionné deux méthodes de conception complémentaires. La première concerne une proposition de cadre théorique de conception pour l'apprentissage tangible (*Tangible Learning Design Framework*) proposé par Antle & Wise (2012). La seconde porte sur une proposition d'approche écologique théorisée par Smith, Iversen, Hjerimitslev & Lynggaard (2013).

- **Tangible Learning Design Framework**

Alissa Antle et Alyssa Wise, toutes deux chercheuses en IHM ont proposé un cadre théorique pour la conception d'interfaces à la fois tangibles et pédagogiques (*TUIs for learning*). Pour cela, elles s'appuient sur l'apport des théories de la cognition et

de l'apprentissage - Clark (1997), Papert (1993) ou encore Montessori (1966) et Piaget (1954) - des références déjà évoquées dans ce manuscrit.

Ce cadre de conception pour l'apprentissage tangible (*Tangible Learning Design Framework*) est composé de trois éléments :

- un processus de conception,
- des éléments-clés
- ainsi que des lignes directrices (*guidelines*).

Concernant le processus de conception, il est composé d'objectifs pédagogiques qui guident les expériences d'apprentissage et permettent de concevoir les éléments de l'environnement pédagogique. Ce dernier s'incarne par la proposition d'expériences d'apprentissage, qui portent les objectifs de départ. **[Figure 13]**.



Figure 13 : Le processus de conception d'une expérience d'apprentissage, selon Antle & Wise (2013)

Les éléments-clés de cadre théorique, au nombre de cinq, sont les suivants : (1) les objets physiques et (2) les objets numériques qui composent à eux deux, le système d'interaction tangible (*TUIs system*) situé entre les mondes réels et virtuels (Ulmer & Ishii, 2000) ; (3) les actions effectuées par les apprenant-es sur les objets (*input manipulations*) ainsi que les (4) représentations associées dans le monde réel (*informational relations*) associées ; le tout s'inscrit au sein (5) d'activités pédagogiques apportant les éléments de contexte qui permettent la compréhension et l'appréhension des interfaces tangibles **[Figure 14]**.

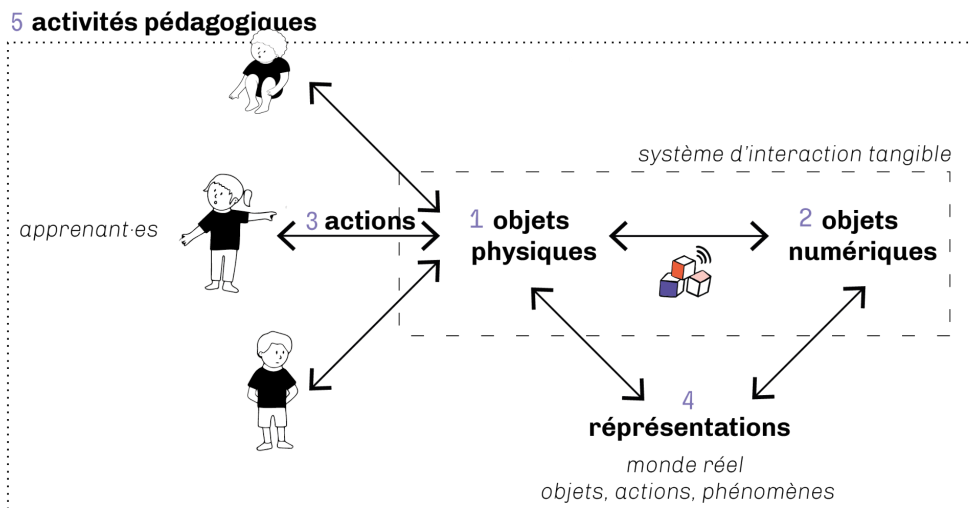


Figure 14 : Le cadre de conception pour l'apprentissage tangible (*Tangible Learning Design Framework*), théorisé par Antle & Wise (2013)

Les autrices s'adressent ainsi aux concepteur-trices d'interfaces tangibles pour l'éducation afin qu'il-elles prennent en compte ces cinq éléments et leur inter-relations de manière cohérente dans un contexte d'apprentissage. Antle & Wise, ajoutent à cela douze lignes directrices de conception, parmi lesquelles :

- Créer du lien entre la forme et le comportement des objets en lien avec le monde réel afin de favoriser la mémoire dite « de travail » (*guideline 1*) ;
- Utiliser les propriétés multiples de l'environnement, à la fois spatial, physique, temporel et relationnel afin de laisser le temps de la réflexion dans les interactions (*guideline 4*) ;
- Mobiliser des concepts métaphoriques afin de structurer les interactions et favoriser ainsi la compréhension de concepts abstraits (*guidelines 7 & 9*) ;
- Ou encore, mettre en place des configurations d'apprentissage (espace, rôle, accès à l'information, etc.) dans lesquelles les participant-es peuvent mutualiser leurs découvertes (*guidelines 10 & 11*).

Tous ces éléments réunis - processus de conception, éléments-clés ainsi que lignes directrices forment des repères à la fois théoriques et pratiques afin de concevoir des dispositifs d'interaction pertinents pour les apprentissages. On retrouve également des similitudes avec l'approche écologique portée par Smith, Iversen, Hjermitsev & Lynggaard (2013) tel que l'approche centrée utilisateur-trice (dans notre cas apprenant-e et enseignant-e) ainsi que la prise en compte de l'environnement comme vecteur d'apprentissage.

- **Ecological Inquiry in Child-Computer Interaction.**

Dans un article présenté à IDC 2013, Smith et. al, propose une approche écologique pour la conception d'IE(H)M. Cette approche s'appuie sur trois fondements théoriques : (i) la recherche coopérative (*Cooperative Inquiry*), (ii) le design participatif (*Participatory Design*) ainsi que (iii) l'immersion technologique (*Technology Immersion*). La recherche coopérative (i) est un processus itératif de conception en contexte (*Contextual Inquiry*) qui permet de comprendre les usages des technologies existantes par les enfants. Le design participatif (ii) permet d'engager les enfants dans la conception de nouvelles technologies. Enfin l'immersion technologique (iii) permet d'explorer les différentes manières dont les enfants s'approprient et créent de nouveaux usages de ces nouvelles technologies.

Cette approche s'appuie également sur les recherches en IHM et design d'interaction autour de l'informatique ubiquitaire (*Ubiquitous Computing*) qui propose une approche de conception reposant sur le lien entre le système d'interaction et son contexte d'utilisation, y compris dans les pratiques quotidiennes et les relations avec des objets déjà existants. Cette approche repose sur le fait que l'informatique est considérée comme omniprésente dans nos vies quotidiennes et qu'il est donc essentiel d'envisager la création de nouveaux dispositifs en lien avec l'environnement social existant des usagers (Weiser, 1991).

Ainsi, l'approche écologique en IE(H)M porté ici s'appuie sur un processus de conception itératif basée sur trois aspects : (1) l'émergence, (2) les environnements et, (3) l'appropriation que nous allons détailler dans les prochains points :

- **L'émergence** se situe en lien avec le fait que l'apprentissage est ancré dans un environnement socioculturel. Ainsi les pratiques de co-conception (observations, entretiens) doivent être intégrées tout au long du processus, de manière dynamique et pas seulement en amont - on parle ainsi d'un processus dialogique pour reprendre les termes de Deleuze et Guattari (1991) ;
- La notion d'**environnements** regroupe les environnements co-situés, distribués et hybrides, c'est-à-dire la prise en compte de toutes les dimensions d'un espace, qu'il intègre ou non des technologies. Cela regroupe ces différentes dimensions : physiques, sociales ou numériques. L'espace est ainsi perçu comme un lieu en éternel devenir suivant les expériences qu'il propose ou qui lui sont proposées.
- Enfin, derrière la notion d'**appropriation**, on retrouve l'ensemble des potentialités offertes par un dispositif, qu'elles aient été pensées ou non en amont par son/sa concepteur-trice. Ces potentialités ne peuvent se révéler que lors d'usages en contexte. C'est ainsi que le terme de prototypage « in

the wild » a fait son apparition dans le domaine des IHM, c'est-à-dire concevoir directement sur le terrain avec les usagers (Hagen & Robertson, 2010).

Cette approche réunit donc en son sein à la fois la pratique sociale ancrée dans la motivation à apprendre (émergence), l'espace soit l'environnement scolaire (environnements) et enfin l'aspect social apporté par les nouvelles technologies (appropriation) [Figure 15].

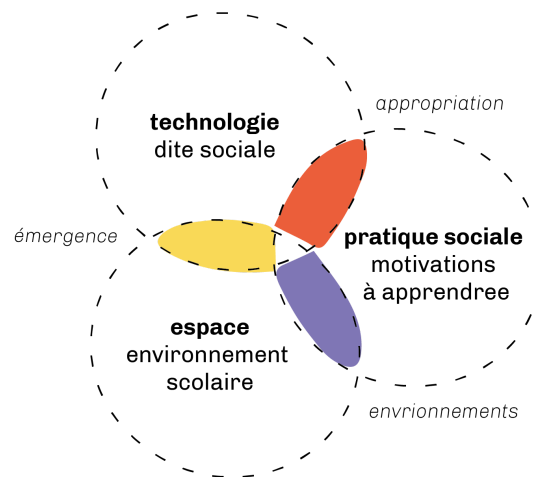


Figure 15 : L'approche écologique en interaction enfant-machine (Ecological Inquiry in Child-Computer Interaction), définie par Smith et. al, 2013

Les auteurs soulignent trois plus-values à leur approche écologique d'un processus de conception itératif afin de penser, intégrer et améliorer les nouvelles technologies au sein des environnements scolaires :

- Le premier concerne le fait de co-concevoir les dispositifs au sein de la classe, comme point de départ d'un espace collaboratif de conception (*starting point for collaborative design*) ;
- Le deuxième met en avant l'unité existante entre socialité et spatialité (*sociality and spatiality as the unit*) lors que l'on conçoit des technologies pour les enfants ;
- Enfin le troisième point réunit les deux éléments suivants en mettant en avant l'émergence de nouvelles manières d'apprendre (*the emergence and rehearsal of future learning methods*).

Ces deux méthodologies de conception d'IE(H)M pour l'éducation promeuvent le lien entre le corps, l'esprit et l'environnement pour l'apprentissage puisqu'il s'agit de concevoir des dispositifs en lien avec les attentes et les enjeux du terrain. Il s'agit alors de concevoir des expériences d'apprentissage qui prennent en compte les dimensions humaines, sociales et écologiques du milieu dans lequel s'inscrit le

dispositif d'interaction. Ces principes sont repris dans le concept d'IE(H)M incorporées comme nous le verrons dans les paragraphes suivants.

4.3.2. Introduction au concept d'Embodied-Child Computer Interaction - pour l'apprentissage.

Dans un article sur le sujet publié en 2013, la chercheuse en IHM, spécialisée dans la création d'interfaces tangibles pour l'enfance, Alissa Antle, introduit ainsi ce concept :

« The perspective of embodied cognition and its gradual acceptance in the cognitive science community is an extremely important development, one that has been underappreciated in human-computer interaction research in general, and in child-computer interaction research in particular. Yet a wealth of developmental psychology and media studies literature provides evidence for the importance of understanding the role of action and the environment in the development of children's thinking skills.²⁵ » (Antle, 2013)

Tout comme la démarche entreprise dans la présente thèse, le propos d'Antle s'appuie sur des fondements théoriques précis et interdisciplinaires. La nécessité de comprendre de manière complémentaire les enjeux liés au développement et à l'éducation de l'enfant sont essentiels dans la conception d'IE(H)M incorporées. Ainsi la chercheuse promeut, tout comme Hourcade (2015) des collaborations interdisciplinaires. Antle poursuit son propos autour de l'introduction du concept d'I(E)HM incorporées ainsi :

« A perspective on interaction that foregrounds embodied cognitive processes is called embodied interaction. Embodied interaction changes how one thinks about children's cognitive development and how one designs interactive systems to support children's learning and development.[...] All computer interfaces are physical. Embodied cognitive processes are at work during child-computer interaction whether a child is using a mouse in a science lab or a tangible object at an art gallery.²⁶ » (Antle, 2013)

²⁵ « La notion de cognition incarnée et son acceptation progressive dans la communauté des sciences cognitives a connu un développement extrêmement important, qui a été sous-estimé dans la recherche sur l'interaction humain-machine en général, et dans la recherche sur l'interaction enfant-machine en particulier. Pourtant, une abondante littérature sur la psychologie du développement et l'étude des médias prouve l'importance de comprendre le rôle de l'action et de l'environnement dans le développement des capacités de réflexion des enfants. »

²⁶ « Une perspective sur l'interaction qui met en avant les processus cognitifs incarnés est appelée interaction incorporée. L'interaction incorporée change la façon dont on pense au développement cognitif des enfants et dont on conçoit les systèmes interactifs pour soutenir l'apprentissage et le développement des enfants [...] Toutes les interfaces informatiques sont physiques. Les processus cognitifs incorporés sont à l'œuvre l'interaction enfant-machine, que l'enfant utilise une souris dans un laboratoire scientifique ou un objet tangible dans une galerie d'art. »

Antle promeut ainsi un réel changement de paradigme. Si elle démontre que toutes les interfaces numériques sont finalement « incarnées » dans des objets physiques (écran, souris, clavier ou une interface tangible), les enjeux lorsque l'on parle de « cognition incarnée » et d'incorporité s'étendent au-delà : il s'agit toujours de promouvoir la création d'interfaces qui favorisent l'apprentissage, le jeu et le développement du jeune enfant (« *learning, play and development* »). Ainsi, le processus de conception doit inclure trois éléments fondamentaux, qui dépendent de l'environnement socio-culturel dans lequel l'enfant évolue, c'est-à-dire :

- La prise en compte de l'âge de l'enfant et donc des caractéristiques physiologiques associées ;
- La qualité des aptitudes héréditaires dont bénéficie l'enfant ;
- Ainsi que les pratiques quotidiennes de l'enfant.

On retrouve ici le triangle concernant le développement sensori-moteur théorisé par Karen Adolph (2014) et que nous avons détaillé au **Chapitre 1**. Le premier point faisant référence à la notion de « mouvement incorporé » (*embodied movement*), c'est-à-dire de possibilités morphologiques du mouvement ; le deuxième élément est associé à la notion d' « action intégrée » (*embedded action*), en fonction de la situation rencontrée ; et enfin le dernier élément est à la notion d'« interaction enculturée » (*enculturated interaction*), c'est-à-dire que les actions sont influencés par l'environnement socio-culturel dans lequel l'enfant grandit et évolue - le tout illustrant le lien corps/esprit/environnement [Figure 16].

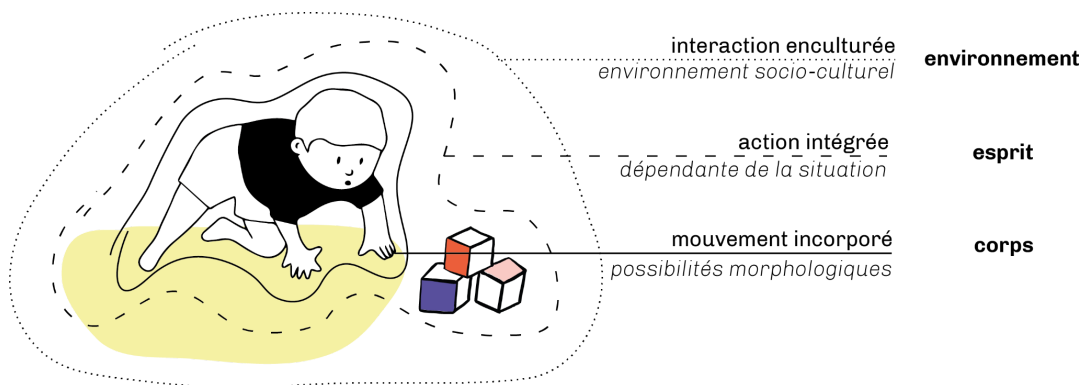


Figure 16 : Le développement moteur selon Adolph (2014) - enrichi du concept d'interaction enfant-machine incorporée de Antle (2013)

En résumé, le concept d'IE(H)M incorporée repose sur les fondements suivants :

1. La compréhension de la trajectoire dynamique du développement de l'enfant prenant en compte les caractéristiques physiques, sociales et émotionnelles et contextuelles de l'environnement ;

2. La prise en compte des spécificités de la cognition, et donc des récentes avancées sur le sujet (notamment en sciences cognitives) en prenant appui sur la représentation physique et concrète de concepts abstraits via la manipulation d'objets ou de symboles ;
3. Et enfin, la reconnaissance de l'importance du mouvement dans le développement de la pensée, en promouvant des processus d'imitation ou d'expériences sensori-motrices dans la transmission d'informations ou de connaissances.

On notera dans chacun de ces points, des éléments soulignés aux chapitres précédents. Le premier point se retrouve dans les connaissances transmises sur le développement et l'éducation du jeune enfant - à l'ère numérique, aux **Chapitres 1 et 2**. Les avancées en sciences cognitives, tout comme l'importance du mouvement ont été abordées au **Chapitre 3**, à travers le lien fondamental entre corps/esprit/environnement lors d'une expérience d'apprentissage.

_Tout au long de ce chapitre nous avons posé les bases autour du concept d'IE(H)M incorporées. Au-delà de concevoir des interfaces adaptés à l'enfance, il s'agit avant tout de promouvoir des expériences d'apprentissage incorporées à l'ère du numérique - ce que nous aborderons en détail en deuxième partie de thèse.

Bibliographie.

- Ale, M., Sturdee, M., & Rubegni, E. (2022). A systematic survey on embodied cognition: 11 years of research in child-computer interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 100478.
- Antle, A. N. (2007, April). Designing tangibles for children: what designers need to know. In *CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2243-2248).
- Antle, A. N., & Wise, A. F. (2013). Getting down to details: Using theories of cognition and learning to inform tangible user interface design. *Interacting with Computers*, 25(1), 1-20.
- Antle, A. N. (2013). Research opportunities: Embodied child-computer interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 30-36
- 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).
- Beheshti, E., Borgos-Rodriguez, K., & Piper, A. M. (2019, June). Supporting parent-child collaborative learning through haptic feedback displays. In *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 58-70).
- Beşevli, C., Salman, E., Goksun, T., Urey, H., & Özcan, O. (2019, June). MaR-T: Designing a projection-based mixed reality system for nonsymbolic math development of preschoolers: Guided by theories of cognition and learning. In *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 280-292).
- 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)
- Catala, A., Theune, M., Sylla, C., & Ribeiro, P. (2017, November). Bringing together interactive digital storytelling with tangible interaction: challenges and opportunities. In *International Conference on Interactive Digital Storytelling* (pp. 395-398). Springer, Cham.
- Druin, A. (2005). What children can teach us: Developing digital libraries for children with children. *The library quarterly*, 75(1), 20-41.
- Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. A. (1995, May). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 442-449).
- Gelderblom, H., & Kotzé, P. (2008, October). Designing technology for young children: what we can learn from theories of cognitive development. In *Proceedings of the 2008 annual research conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on IT research in developing countries: riding the wave of technology* (pp. 66-75)
- Girouard, A., Solovey, E. T., Hirshfield, L. M., Ecott, S., Shaer, O., & Jacob, R. J. (2007, February). Smart Blocks: a tangible mathematical manipulative. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. 183-186).
- Girardeau, P., Olry, A., Roo, J. S., Fleck, S., Bertolo, D., Vivian, R., & Hachet, M. (2019, November). CARDS: a mixed-reality system for collaborative learning at school. In *Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces* (pp. 55-64).
- Gourlet, P., Garcin, S., Eveillard, L., & Dervieux, F. (2016, February). DoDoc: a Composite Interface that Supports Reflection-in-Action. In *Proceedings of the TEI'16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction* (pp. 316-323).
- Gourlet, P. (2018). *Montrer le faire, construire l'agir. Une approche développementale de la conception mise en œuvre à l'école primaire* (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat, Université Paris 8).

- Grugier, O., & Villemonteix, F. (2017). Apprentissage de la programmation à l'école par l'intermédiaire de robots éducatifs. Des environnements technologiques à intégrer. Atelier Apprentissage de la pensée informatique à EIAH 2017, Strasbourg du 6 au 9 juin.
- Harrison, S., Tatar, D., & Sengers, P. (2007, April). The three paradigms of HCI. In *Alt. Chi. Session at the SIGCHI Conference on human factors in computing systems* San Jose, California, USA (pp. 1-18).
- Hourcade, J. P. (2015). *Child-computer interaction*. Self, Iowa City, Iowa.
- Hourcade, J. P., Revelle, G., Zeising, A., Iversen, O. S., Pares, N., Bekker, T., & Read, J. C. (2016, May). Child-computer interaction SIG: New challenges and opportunities. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1123-1126).
- Hewett, T. T., Baecker, R., Card, S., Carey, T., Gasen, J., Mantei, M., ... & Verplank, W. (1992). *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction*. ACM.
- 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).
- Iversen, O. S., & Brodersen, C. (2008). Building a BRIDGE between children and users: a socio-cultural approach to child-computer interaction. *Cognition, Technology & Work*, 10(2), 83-93.
- Kafai, Y., & Resnick, M. (1996). *Constructionism in Practice: Designing, Thinking, and Learning in a Digital World*. Routledge.
- Keifert, D., Lee, C., Dahn, M., Illum, R., DeLiema, D., Enyedy, N., & Danish, J. (2017, June). Agency, embodiment, & affect during play in a mixed-reality learning environment. In *Proceedings of the 2017 conference on interaction design and children* (pp. 268-277).
- Labrune, J. B. (2007). *Enfants et technologies créatives: un phénomène d'exaptation* (Doctoral dissertation, Paris 11).
- O'Malley, C., & Fraser, D. S. (2004). Literature review in learning with tangible technologies.
- Mackay, W. E., & Fayard, A. L. (1997, August). HCI, natural science and design: a framework for triangulation across disciplines. In *Proceedings of the 2nd conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques* (pp. 223-234).
- Markopoulos, P., Read, J., Hoysniemi, J., & MacFarlane, S. (2008). Child computer interaction: advances in methodological research. *Cognition, Technology & Work*, 10(2), 79-81.
- Palaiologou, I., & Gray, C. (2019). Early Learning in the digital age. *Early Learning in the Digital Age*, 1-248.
- Papert, S. A. (1980/2020). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Price, S. (2013). Tangibles: Technologies and interaction for learning. *The SAGE handbook of digital technology research*, 307-325.
- Read, J. C., Markopoulos, P., Parés, N., Hourcade, J. P., & Antle, A. N. (2008). Child computer interaction. In *CHI'08 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 2419-2422).
- Read, J. C., & Bekker, M. M. (2011, July). The nature of child computer interaction. In *Proceedings of HCI 2011 The 25th BCS Conference on Human Computer Interaction* 25 (pp. 1-9).
- Resnick, M., Ocko, S., & Papert, S. (1988). LEGO, Logo, and design. *Children's Environments Quarterly*, 14-18.
- Resnick, M. (1990). MultiLogo: A study of children and concurrent programming. *Interactive learning environments*, 1(3), 153-170.
- Resnick, M. (1998). Technologies for lifelong kindergarten. *Educational technology research and development*, 46(4), 43-55.
- Resnick, M., Martin, F., Berg, R., Borovoy, R., Colella, V., Kramer, K., & Silverman, B. (1998, January). Digital manipulatives: new toys to think with.

In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (pp. 281-287).

- Shaer, O., & Hornecker, E. (2010). Tangible user interfaces: past, present, and future directions. Now Publishers Inc.
- Turk, Matthew. "Multimodal interaction: A review." *Pattern recognition letters* 36 (2014): 189-195.
- Ullmer, B., & Ishii, H. (2000). Emerging frameworks for tangible user interfaces. *IBM systems journal*, 39(3.4), 915-931.
- Van Den Hoven, E., Frens, J., Aliakseyeu, D., Martens, J. B., Overbeeke, K., & Peters, P. (2007, February). Design research & tangible interaction. In Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction (pp. 109-115).
- Van Mechelen, M., Baykal, G. E., Dindler, C., Eriksson, E., & Iversen, O. S. (2020, June). 18 years of ethics in child-computer interaction research: A systematic literature review. In Proceedings of the interaction design and children conference (pp. 161-183).
- Wyeth, P., & Purchase, H. C. (2003, July). Using developmental theories to inform the design of technology for children. In Proceedings of the 2003 conference on Interaction design and children (pp. 93-100).
- Xu, D. (2005). Tangible user interface for children-an overview. In Proc. of the UCLAN Department of Computing Conference.
- Xu, Y., & Warschauer, M. (2020, June). Exploring young children's engagement in joint reading with a conversational agent. In Proceedings of the interaction design and children conference (pp. 216-228).
- 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).

Classification • Dispositifs interactifs pour la petite enfance

Réalité mixte

Sound Explorer • OVAOM



Smart Letters • Marbotic



DirTi • IRCAM x User Studio



Story-Mat • Cassel & Ryokai



TOK • Sylla et. al



T-circuit • Tanvas



POGO • Decortis et. al

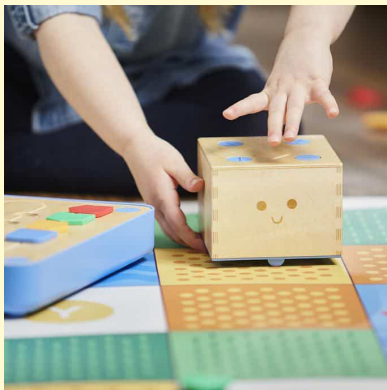


Lilémo • LilyLearn



Robot

Cubetto • Primo Toys



Thymio • Mobysa



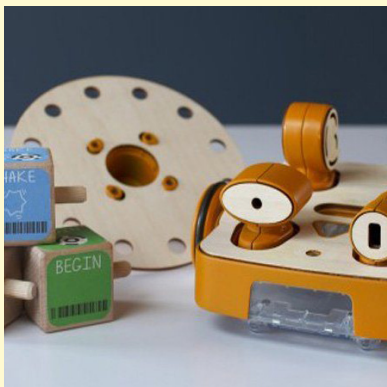
Beebot • TTS Product



Play Kit • Tinkamo



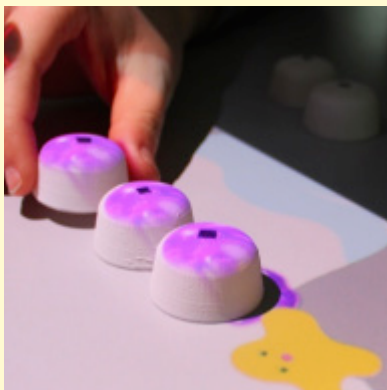
KIBO • KinderLab Robotics



Classification • Dispositifs interactifs pour la petite enfance

Réalité augmentée

MaR-T • Besevli et. al



Wakatoon



Strawbies • TIDAL Lab



Bendable Sound • Cibrian et. al PageCraft • Bud et. al



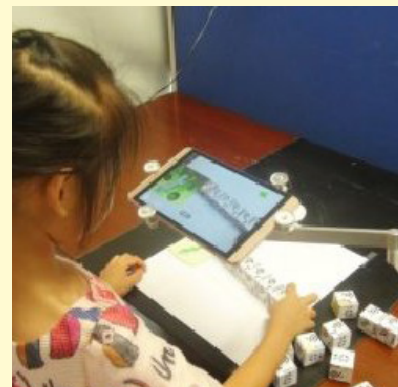
La pluie à midi • Volumique



TOK • Sylla et. al (Mobeybou)

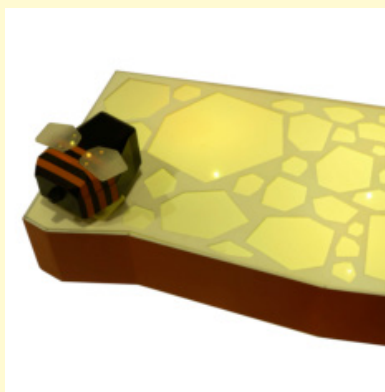


AR-Maze • Tanvas



Objet interactif

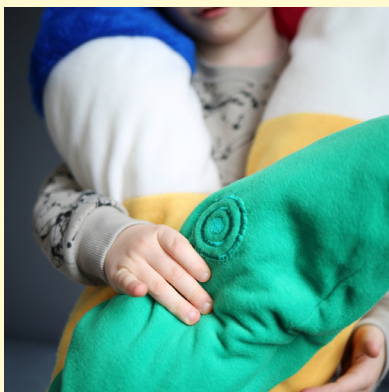
My Fabulous Storyteller • Lunii *Beelight* • Shen et. al



Spookies • Berglin



WORM-E • Honauer et. al



GÉOSONIC • P. Ménard & D. Dalcan



Baby Tango • Berzowska et. al



Les Bascules • Les causeuses



Timid Wilderness • Miranda Moss





Partie 2

Mise en pratique.



introduction

« *Design est, entre autres sens, synonyme de destin. Poser des questions, c'est tenter de prendre en main le destin, avec les autres, de le façonner en commun avec eux.* »

Flusser, 2002.

•

Alors que la première partie de cette thèse s'est intéressée à poser le cadre théorique de notre travail de recherche, la deuxième partie portera principalement sur sa mise en pratique, autour de trois dispositifs : CoMo•education, *learning matters*, et eGloo. Dans un processus de recherche en design, ces trois dispositifs ont la particularité de s'appuyer sur un cadre théorique interdisciplinaire et d'en être les « démonstrateurs ». Ils ne sont pas seulement des objets intermédiaires de conception (Bassereau et al, 2015) ie. des outils méthodologiques de design. Ce sont des dispositifs opérationnels/fonctionnels, qui ont pu être testés auprès des jeunes enfants au sein d'environnements préscolaires, dans plusieurs études expérimentales que nous détaillerons tout au long de cette partie.

Avant de revenir en détail sur chacun de ces dispositifs, j'aimerais introduire quelques notions théoriques complémentaires concernant le cadre d'une méthodologie de recherche par la pratique, autour de deux notions : l'approche de recherche par le design, et l'approche de recherche écologique. Ces deux notions mettent en avant le double enjeu méthodologique associant « recherche-action » (Stengers, 2017) et « recherche-crédation » (Manning & Massumi, 2022), issu du lien essentiel entre *Science et Design* que l'on retrouve tout au long de la lecture de notre travail de recherche (Renon, 2021).

Enfin, nous aborderons deux outils méthodologiques employés dans notre double-démarche de recherche action/crédation : le processus itératif et la scénarisation de l'expérimentation.

Des approches de recherche complémentaires.

- **Approche de recherche par le design.**

En tant que designer, je me suis appuyée sur une approche de recherche par le design (*Research through Design* en anglais) telle que décrite par Zimmerman et ses collègues (2007) comme une « approche holistique d'intégration des connaissances et des théories de nombreuses disciplines ». Cette approche de recherche interdisciplinaire s'appuie sur une démarche itérative, c'est-à-dire suivant un processus clairement défini et reproduit autant de fois que nécessaire, afin de « recadrer la situation problématique et l'état préféré comme résultat souhaité de la recherche ».

Le projet se construit ainsi sur un dialogue constant entre théorie et pratique, dans un processus de « co-création » impliquant divers acteurs et actrices aux compétences complémentaires. En effet, l'approche de la co-création fait référence à « la créativité des concepteur-trices et des personnes non formées en conception travaillant ensemble dans le processus de développement de la conception » (Sanders & Stappers, 2008). Ainsi les domaines de recherche évoqués dans les premiers chapitres (développement de l'enfant et éducation) ainsi que l'ingénierie propre au numérique, se retrouvent convoqués autour du design qui agit comme « liant » [Figure 1]. Dans une approche de « diplomatie », le design crée alors des espaces de dialogue entre les disciplines et cristallise par la création d'un dispositif l'ensemble des réflexions soulevées (à la fois par ces disciplines et par les acteurs et actrices qui les portent au quotidien, Voillot & Samain-Raimbault, 2022) dans la recherche et sur le terrain.

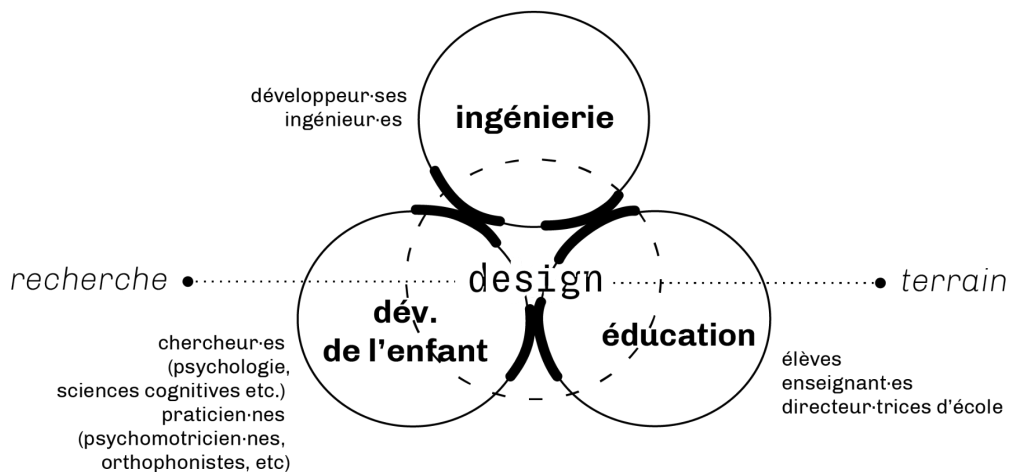


Figure 1 : « De la recherche au terrain »
- une approche interdisciplinaire de la recherche en design.

- **Approche de recherche écologique.**

Dans le domaine des interactions humain-machine, des chercheur·es qualifient cette démarche de recherche écologique (Antle & Wise, 2012) ou « in the wild » (entendons en français « sur le terrain ») qui offrent de nombreuses opportunités mais ouvrent également de nouveaux enjeux (Brown et. al, 2011). La démarche de recherche écologique connaît un intérêt certain dans le domaine des interactions enfant-machine tel que décrit dans le Chapitre 4 (Smith et. al, 2013).

Nous avons présenté l'approche écologique portée par les travaux de recherche de Eleanor J. Gibson dans le domaine de la petite enfance, dans le premier chapitre. On peut définir simplement l'approche écologique comme un processus de recherche au sein duquel « l'apprentissage et le développement perceptuels » prennent en compte la richesse de l'environnement de l'enfant (Gibson & Pick, 2000). Cette approche est également promue par les pédagogues du courant de l'*Éducation Nouvelle* dont les observations de terrain ont nourri les réflexions.

En menant nos expérimentations de manière écologique, c'est-à-dire directement au sein de la classe, nous pouvons ainsi créer un espace d'échange entre nos questions de recherche et les problématiques du terrain, en impliquant les acteur·trices concerné·es et les milieux dont ils·elles sont issus : les élèves et les enseignant·es¹ de l'établissement scolaire,² les chercheur·es au sein des laboratoires de recherche [Figure 2].

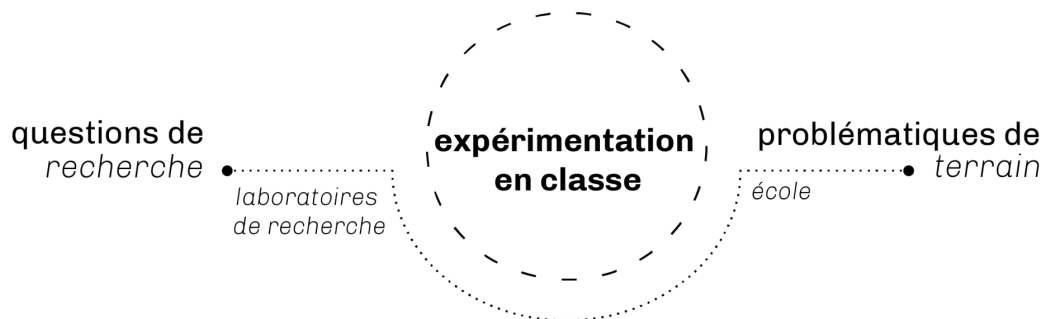


Figure 2 : « De la recherche au terrain »
- une approche de recherche écologique, en classe de maternelle.

¹ Les enseignant·es sont accompagné·es d'ATSEM (agent territorial spécialisé des écoles maternelles) au sein de leur classe mais nous n'avons pas pu les mobiliser lors de nos expérimentations.

² Il existe une hiérarchie très organisée au sein de l'Éducation Nationale sur laquelle nous n'allons pas spécifiquement nous attarder ici. Bien que nous ayons été en contact avec les directions d'établissement, nous n'avons pas engagé les autres acteur·trices hiérarchiques : inspecteur·trices, recteur·trices.

Processus de recherche.

Deux éléments essentiels permettant la mise en œuvre d'un processus de recherche par le design et écologique : les itérations et la scénarisation.

- **Processus itératif.**

Le processus de recherche itératif utilisé dans la création des trois dispositifs au cœur de cette thèse se divise en 4 phases complémentaires [Figure 3] :

- **Cahier des charges** : prenant en compte les questionnement(s) soulevés par la recherche et le terrain et faisant les attributs (fonctions, usages, dimensions, matérialité, économie, etc.) du dispositif idéal ;
- **Conception du dispositif** : de l'idéation à la fabrication/le développement ;
- **Tests sur le terrain** : permettant de récolter des données à la fois quantitatives et qualitatives ;
- **Retours d'expérience** : listés lors des tests sur le terrain et et des entretiens

Le processus itératif peut-être répété autant de fois que nécessaire afin d'aboutir à un dispositif satisfaisant à la fois pour le-la concepteur-trice (designer) et l'utilisateur-trice (expérienceur-se) (dans la relation de double-empathie définie par Hatchuel, 2018).

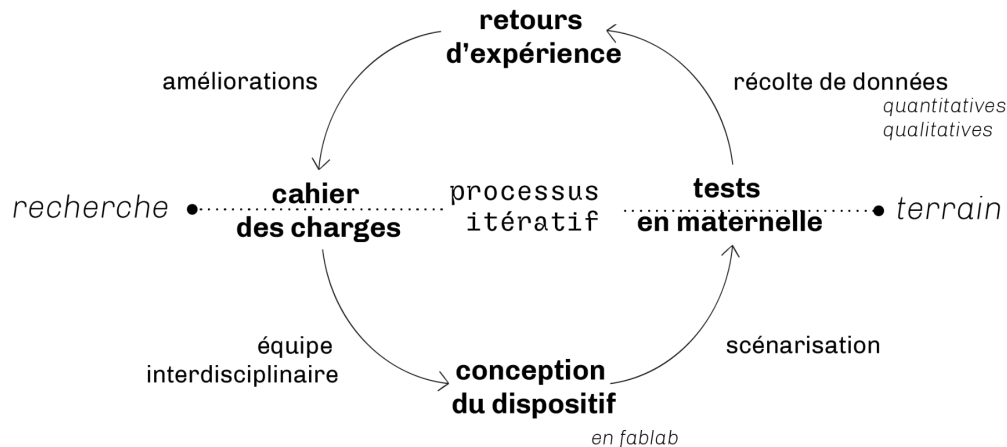


Figure 3 : « De la recherche au terrain » - Un processus de recherche itératif en 4 étapes (élaboration d'un cahier des charges, conception d'un dispositif, tests en maternelle, et retours d'expérience).

- **Scénarisation.**

La notion de scénario possède plusieurs significations suivant le domaine de recherche associé. En design, le scénario d'usage est un outil essentiel de conception, il est défini comme « a concrete story about use³ » (Carroll, 2000). L'approche narrative mise en lumière par la notion de scénario d'usage est accentuée dans le design d'expérience, on parle alors de « scénario expérientiel » (cf. 3.2.3) qui prend en compte les nombreuses dimensions de l'expérience (temporelle, émotionnelle, ou encore scénaristique). En sciences de l'éducation, le « scénario pédagogique » est défini comme « le résultat du processus de conception d'une activité d'apprentissage » (Brassard & Daele, 2003). Dans l'approche scientifique, on parle de « scénario expérimental » pour qualifier le processus à la fois dynamique et itératif, qui permet de valider ou au contraire de réfuter une hypothèse préalablement formulée (Anceaux & Sockeel, 2006).

Dans notre cas, l'enjeu du scénario est double puisqu'il s'agit à la fois de répondre aux besoins des utilisateurs·trices (élèves et enseignant·es) ainsi que des attentes de la recherche (rigueur et répliquabilité) [Figure 4].

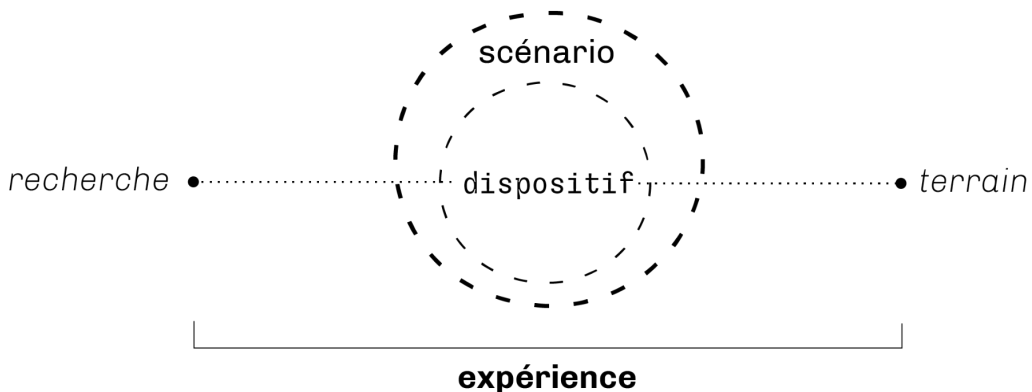


Figure 4 : « De la recherche au terrain »
- Le dispositif scénarisé, au cœur de l'expérience.

³ « l'histoire réelle d'un usage ou d'une utilisation. »

- **Appropriation.**

Sur le terrain, l'expérience (pédagogique) est réalisée via le dispositif, qui est vecteur d'usages et remplit un certains nombres de fonctions clés (tel que défini par le cahier des charges) au sein du scénario (pédagogique) co-conçu. Ainsi, le dispositif et le scénario s'influencent l'un l'autre. Afin que les utilisateur·trices se les approprient, leur conception doit se faire de manière corrélée et systémique au sein d'un processus itératif. Ce n'est qu'après plusieurs boucles itératives, que l'on peut considérer le dispositif comme « opérationnel » ou « fonctionnel », c'est-à-dire qu'il peut être utilisé de manière autonome et libre par ses utilisateur·trices cibles.

La finalisation du processus itératif dépend de différents critères situés entre les attentes soutenues par la recherche et les besoins attendus par le terrain. Il ne s'agit pas seulement de prendre en compte nos critères d'évaluation en tant que concepteur·trices à l'origine de la création du dispositif mais également de considérer les critères d'« appropriation » des différent·es acteurs et actrices impliqués·es au cours du processus de co-conception, dont les futur·es utilisateur·trices..

Dans notre processus de recherche en design qui porte une démarche interdisciplinaire, considérer un dispositif comme « opérationnel » signifie donc prendre en compte les attentes et les besoins **[Figure 5]:**

- Des futur·es utilisateur·trices : les élèves et leurs enseignant·es ;
- De l'équipe de conception, soit des ingénieur·es et des expert·es de la petite enfance (chercheur·es ou praticien·nes) impliqués·es dans la conception.

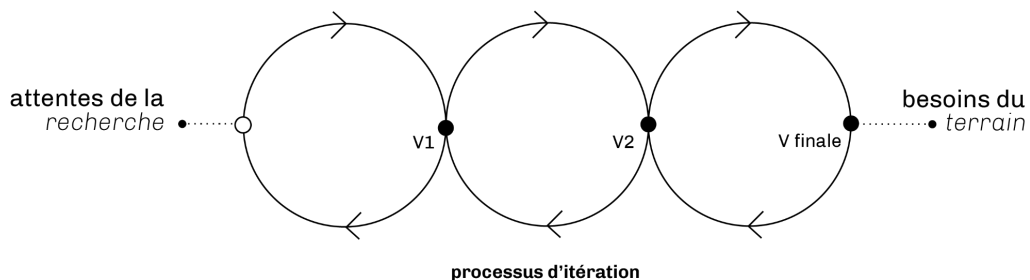


Figure 5 : « De la recherche au terrain »

- Finalisation du processus d'itération, entre attentes de la recherche et besoins du terrain.

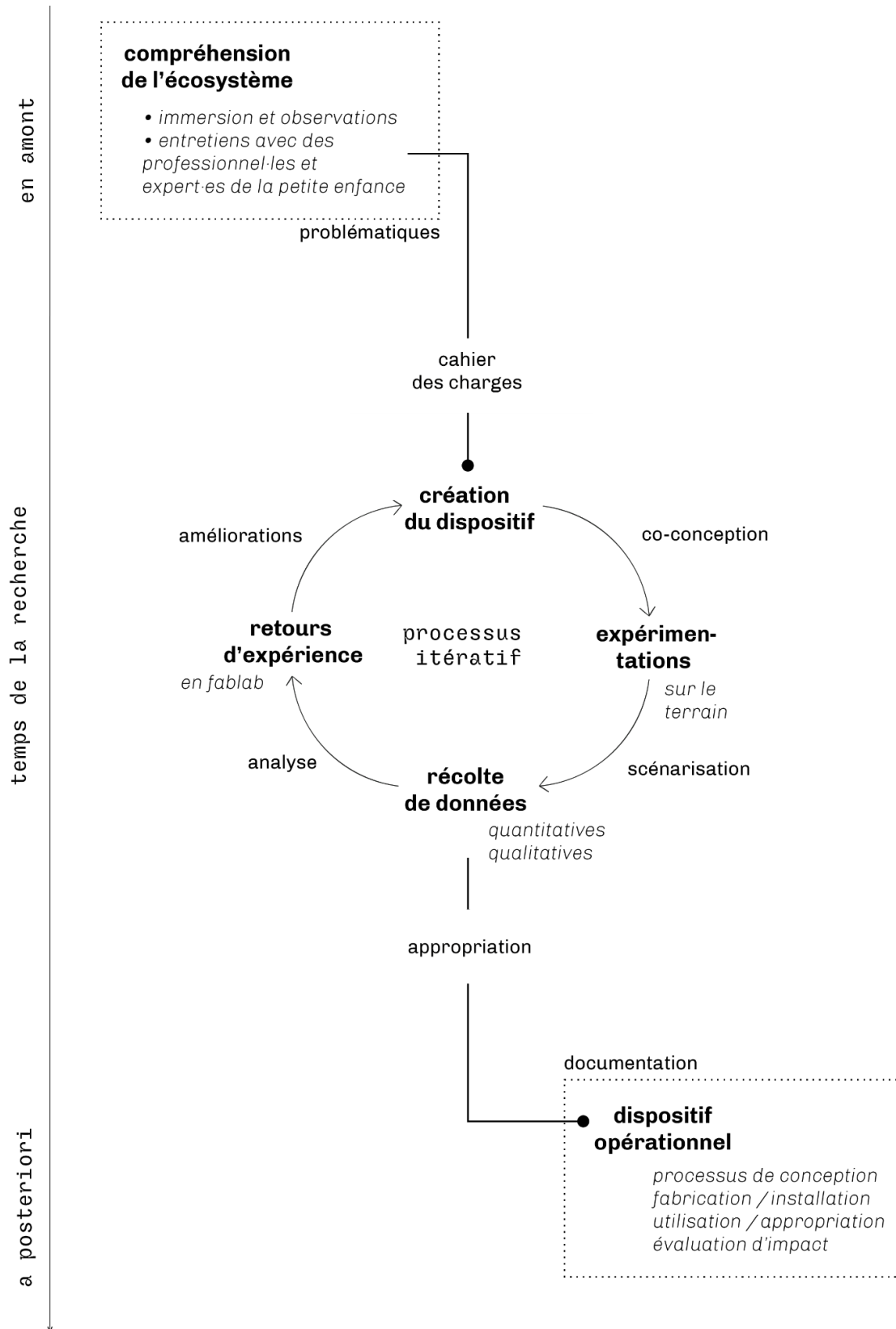
Documentation.

Chaque dispositif a fait l'objet d'un processus de documentation rigoureux et détaillé tel que mentionné dans la **Figure 6**. La documentation de chaque dispositif concerne :

- Les observations et entretiens en amont (avant) ;
- Le processus de conception (pendant) ;
- Et enfin, le dispositif en tant que tel (après).

Ce troisième point qui concerne précisément la « présentation » de chaque dispositif possède un double-enjeu : (i) celui de transmettre la matérialisation d'une pensée de recherche dans un dispositif adapté aux jeunes enfants, ainsi que (ii) celui de disséminer chaque dispositif à plus grande échelle dans les lieux fréquentés par les jeunes enfants (fabrication, utilisation et appropriation). Nous avons ainsi créé un livret de présentation pour chaque dispositif, appelé « *Booklet* » auxquels nous ferons référence dans les chapitres suivants, 5, 6 et 7, consacrés respectivement aux projets de *CoMo•education*, *de learning matters*, et de *l'eGloo*.

Figure 6 (ci-après) : Le temps de la recherche - Notre méthodologie de recherche en design.



Bibliographie.

- Anceaux, F., & Sockeel, P. (2006). Mise en place d'une méthodologie expérimentale: hypothèses et variables. *Recherche en soins infirmiers*, (1), 66-83.
- Bassereau, J. F., Pello, R. C., Faucheu, J., & Delafosse, D. (2015). Les objets intermédiaires de conception/design, instruments d'une recherche par le design. *Sciences du design*, (2), 48-63.
- Brassard, C., & Daele, A. (2003, April). Un outil réflexif pour concevoir un scénario pédagogique intégrant les TIC. In *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003* (pp. 437-444). ATIEF; INRP.
- Brown, B., Reeves, S., & Sherwood, S. (2011, May). Into the wild: challenges and opportunities for field trial methods. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 1657-1666).
- Flusser, V., Maillard, C., & Maillard, C. (2002). *Petite philosophie du design*. Paris: Circé.
- Gibson, E. J., & Pick, A. D. (2000). *An ecological approach to perceptual learning and development*. Oxford University Press, USA.
- Manning, E., & Massumi, B. (2022). *Pensée en acte: vingt propositions pour la recherche-crédation*. Les Presses du réel.
- Renon, A.-L. (2020). *Sciences et Design*. Presses universitaires de Vincennes.
- Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-design*, 4(1), 5-18.
- Smith, R. C., Iversen, O. S., Hjermitsev, T., & Lynggaard, A. B. (2013, June). Towards an ecological inquiry in child-computer interaction. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 183-192).
- Stengers, I. (2017). *Une autre science est possible!. La découverte*.
- Zimmerman, J., Forlizzi, J., & Evenson, S. (2007, April). Research through design as a method for interaction design research in HCI. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 493-502)



Chapitre 5

CoMo-education

– des narrations collectives et en mouvement en maternelle à l'aide d'un système interactif geste-son.

Note à la lecture • La lecture du Chapitre 5 s'accompagne d'un kit intitulé « CoMo•education » comprenant divers supports pédagogiques, permettant de faciliter la compréhension du projet. Nous y ferons tout au long de ce chapitre.

Le Chapitre 5 se divise en deux parties. La première partie est consacrée à la présentation de l'application CoMo•education, et la deuxième partie introduit Nota•CoMo, un système de notation du mouvement pour CoMo•education.

1/2 • L'application CoMo•education.

La narration d'histoires est une des activités essentielles de l'école maternelle. Elle est en effet un précieux support d'apprentissage, notamment en ce qui concerne l'appréhension du langage - oral et écrit - qui constitue l'objectif principal de l'enseignement préscolaire en France (selon le Bulletin Officiel de l'école maternelle). Le langage est à la fois un moyen d'expression, de communication et de créativité pour les enfants, qui développent ainsi leur relation aux autres et au monde qui les entoure (Piaget, 1926). Le langage est également mobilisé au sein du jeu (dont les vertus, notamment pédagogiques, ont été explicitées au chapitre 4) et de l'imagination, deux éléments du développement essentiels dès la petite enfance (Vygotsky, 1978 ; Winnicott, 1975).

Au sein des classes d'école maternelle que j'ai pu intégrer en tant qu'observatrice, les activités narratives ont surtout lieu en début de journée, avant et/ou après le déjeuner, et en fin de journée. Ces moments narratifs rythment le parcours d'apprentissage des enfants et ponctuent la journée en classe. De manière générale, l'utilisation de livres-papier illustrés reste le médium de narration privilégié par les enseignant-es, qui racontent ainsi des histoires tout en montrant les images aux enfants. Les récits au format audio sont parfois utilisés, soit directement en diffusion à l'ensemble de la classe par l'enseignant-e, soit individuellement par les enfants qui choisissent alors d'écouter de manière autonome une histoire au moment qui leur semble opportun. Dans ce cas, le livre-papier est alors remplacé par un lecteur de disques, ou bien une interface à écran tel qu'un ordinateur ou une tablette.

Il convient de préciser que, dans le contexte scolaire, l'écoute d'une histoire est généralement considérée comme une activité « intellectuelle », déconnectée de l'activité physique : les enfants sont censés écouter calmement en position assise le récit narré par l'enseignant-e [Figure 1]. Les activités physiques sont réservées à des temps dédiés et sont ainsi effectués dans la salle de motricité, en dehors de l'espace de classe. Une telle séparation entre les activités dites « physiques » et « intellectuelles » reflète une approche pédagogique, caractérisée par un clivage corps-esprit - et ce, dès la maternelle.



Figure 1 : La narration « classique » d'histoires à l'école maternelle.

Source : <https://mallettedesparents.education.gouv.fr/parents/ID175/ecouter-des-histoires-en-maternelle>

Pourtant tout au long de notre **Chapitre 3**, nous avons pu démontrer tout l'intérêt de placer le corps, en mouvement, au cœur du processus d'apprentissage. En effet les travaux déjà énoncés de Kiefer & Trumpp (2012), Ionesco & Vasc (2014) ainsi que Shapiro & Stolz (2019) démontrent l'importance de lier le corps et l'esprit pour favoriser un apprentissage actif et la mobilisation de toutes les compétences cognitives. Les travaux de Karen Adolph, professeure en psychologie, concernant les fondamentaux du développement de l'enfant, mettent en lumière l'importance du corps dans l'appréhension du monde dès le plus jeune âge (Adolph & Hoch, 2019). Puisque l'enfant explore l'environnement qui l'entoure, d'abord à travers son corps, bien avant l'acquisition du langage, il est essentiel de favoriser les interactions sensori-motrices dès le plus jeune âge (Adolph & Robinson, 2015).

Des liens directs ont été établis entre le mouvement, la motivation et la mémorisation des apprenant-es, des vecteurs essentiels pour l'apprentissage dès le plus jeune âge (Goldin-Meadow & Beilock, 2010 ; Iani, 2019). De même, le caractère ludique rendu possible par ces expériences corporelles est une notion largement explorée dans le mouvement de l'*Éducation Nouvelle*, et visible dans les travaux de recherche menés par Maria Montessori (1958) puis par John Dewey (2018), au cœur même du processus d'apprentissage.

Reprenant les travaux des pédagogues du mouvement de l'*Éducation Nouvelle*, nous avons vu au **Chapitre 4** qu'au sein du domaine de recherche portant sur les interactions enfant (humain) - machine (raccourci sous le terme d'IE(H)M),

des dispositifs interactifs multimodaux, alliant les sens de la vue, de l'ouïe, du toucher et du mouvement se sont multipliés (Price, 2013). Ces dispositifs mettent en lumière la place du corps au sein même des interactions de l'enfant avec le monde numérique et proposent une nouvelle approche basée sur l'incorporéité (Antle, 2013).

C'est dans ce contexte de recherche interdisciplinaire que nous avons développé l'application *CoMo.education*, permettant les interactions collectives corporelles lors de la narration d'histoires en maternelle. Plus précisément, cette application permet aux enseignant-es et à leurs élèves de vivre collectivement des histoires en mouvement, animées par divers paysages sonores générés directement par les gestes des participant-es [Figure 2]. *CoMo.education* s'utilise sur smartphone, un outil numérique mobile possédant à la fois capteurs de mouvement et un haut-parleur.



Figure 2 : L'histoire interactive de « La chasse à l'ours » racontée grâce à *CoMo•education*

La première partie de ce chapitre décrira dans un premier temps le contexte théorique dans lequel s'ancre notre projet de recherche interdisciplinaire basé sur les systèmes d'interactions incorporées grâce au numérique dès la petite enfance. Puis nous aborderons le processus de co-conception basé sur les technologies développées par l'IRCAM qui nous a permis de créer un système fonctionnel que

nous présenterons également en détail. L'application CoMo•education a ensuite été testée et évaluée dans deux classes de maternelle lors d'une étude expérimentale basée sur le scénario développé autour de l'histoire interactive de « La chasse à l'ours ».

5.1. État de l'art pour CoMo•education.

Le projet de CoMo•education, à l'image de la thèse, convoque un contexte théorique interdisciplinaire basé principalement sur le domaine des IE(H)M. Dans les paragraphes suivants, nous détaillerons plus particulièrement le rôle de la narration dans l'éducation des jeunes enfants, et son évolution liée à la multiplication des outils numériques et enfin nous mettrons en avant les dispositifs numériques existants qui ont constitué notre état de l'art pour ce projet.

5.1.1. La narration dans les classes de maternelle.

L'objectif prioritaire de l'enseignement préscolaire en France concerne l'acquisition du langage. Sur cette base, la narration d'histoires s'avère être un outil puissant pour les enseignants qui s'engagent dans des pratiques narratives tout au long de la journée. Le conte est généralement réalisé à partir d'un livre, support de transmission orale (et visuelle) pour l'enseignant avec les enfants, sur des temps collectifs (Zeece, 1997).

Les bénéfices développementaux de la narration d'histoire sont nombreux. Tout d'abord, cette activité favorise la découverte de l'alphabetisation menant à l'appréhension de la lecture et de l'écriture, principales compétences nécessaires à l'acquisition d'autres types d'apprentissage (Isbell et al, 2004 ; Maureen et. al, 2018). De plus, la narration développe l'imagination des enfants, leur créativité et leur capacité d'invention, qui sont nécessaires pour répondre aux différents problèmes de la vie quotidienne et de la société (Piaget, 1926). La narration est également un moyen ludique de développer les compétences sociales des enfants, de leur donner les clés pour s'exprimer correctement, interagir avec les autres, et de promouvoir une participation active dans leur processus d'apprentissage (Fekonja-Pekljaj et. al, 2010).

Enfin, le conte se pratique aussi bien à l'école qu'à la maison, illustrant une forme de continuité pédagogique entre les deux environnements principalement fréquentés par les jeunes enfants (Yuksel-Arslan et. al, 2016). Toutes ces caractéristiques associées démontrent l'importance des activités narratives dans l'éducation des jeunes enfants.

5.1.2. La narration numérique.

- La lecture de l'état de l'art s'accompagne de quelques planches d'illustrations insérées dans les pages suivantes.

Grâce à l'utilisation des technologies numériques, la narration a évolué vers ce que l'on appelle la « narration numérique » (digital storytelling) . Comme le mentionnent Yuksel-Arslan et. al (2016), la *Digital Storytelling Association* (USA, 2002) a défini la « narration numérique » comme l'utilisation des « médias numériques pour créer des histoires riches en médias à raconter, à partager et à préserver »¹. Les livres traditionnels sont alors associés aux outils numériques classiques tels que les ordinateurs, les caméras, les haut-parleurs, les micros et les vidéoprojecteurs, ainsi que les objets physiques. Utilisés comme support de créativité (Resnick et. al, 2005), ces environnements numériques d'apprentissage offrent de nouveaux moyens d'expression (Papadimitriou et. al, 2013) et encouragent même la création d'histoires par les jeunes enfants.

C'est le cas, par exemple, de l'environnement d'apprentissage *POGO*. Le projet *POGO*, créé par une équipe interdisciplinaire, soutient le développement de compétences narratives chez les enfants à travers de nombreuses activités numériques qui encouragent l'enfant à explorer, inspirer, produire et partager des histoires (Rizzo et. al, 2003). Un autre exemple est le projet *Story-Mat* qui encourage l'imagination et la narration chez les enfants par le biais d'interactions ludiques qui « écoutent les enfants plutôt que de leur parler » (Cassell & Ryokai, 2001).

Les interfaces tangibles (*Tangible User Interfaces*), peuvent également être support de narration numérique. TOK (pour Touch, Organise, Create²) est un exemple d'interface tangible utilisant des blocs numériques permettant de manipuler des éléments d'histoire et donc aux jeunes enfants, de créer leurs propres histoires originales (Sylla et. al, 2015 ; Sá, 2019). Enfin, *STTory* est un autre projet intéressant mettant en valeur l'interaction tangible. Ce projet encourage la création et la narration d'histoires multisensorielles par l'odeur, le goût et le toucher, en maternelle (Ponticorvo et. al, 2018). Les deux derniers projets mentionnés offrent ainsi la manipulation de données numériques par le biais d'objets physiques créant des ponts entre les mondes réel et virtuel (Ishii & Ullmer, 1997).

¹ « digital media to create media-rich stories to tell, share, and to preserve. »

² Toucher, Organiser et Créer, en français.

5.1.3. Les interfaces musicales et sonores.

Le développement des interfaces musicales et sonores est étroitement lié aux dispositifs de narration numérique (Young, 2018). Le son et la musique constituent des ressources essentielles dans le développement du jeune enfant en termes de communication et d'écoute, ainsi que de créativité - offrant ainsi un éveil artistique au tout-petit (Young, 2013).

Plusieurs projets de recherche et/ou objets commercialisés sont basés sur l'interaction multimodale rendue possible par le numérique afin de favoriser l'expression musicale des enfants. Le projet *Place&Play* améliore l'expérience musicale des jeunes enfants en leur permettant d'enregistrer de la musique et de manipuler des objets musicaux grâce à la création d'un dispositif sur écran spécifiquement conçu pour ces utilisateurs cibles (Akiyama & Oore, 2008). En revanche, le projet *Music Pets* propose une interaction musicale sans écran grâce à la manipulation de jouets musicaux qui permettent à l'enfant d'enregistrer des messages et de stocker des données audio (Tomitsch et. al, 2006). Combinant des objets physiques et une interface écran, les projets *OVAOM* et *Dirti* proposent aux jeunes enfants une manipulation manuelle créant des interactions sonores, respectivement par l'utilisation de joysticks spécialement conçus pour les enfants (*OVAOM*³), et un contrôle sonore exploratoire à l'aide de grains de tapioca (*Dirti* : Savary et. al, 2013).

Des projets de recherche proposant des environnements sonores immersifs sont également apparus dans le domaine de l'interaction enfant-ordinateur. Ces environnements ont la particularité de proposer des interactions avec le corps entier, à l'image du projet *Bendable Sound*. Afin d'améliorer la régulation sensorimotrice des enfants atteints d'autisme sévère, la surface élastique multisensorielle permet aux enfants de jouer du son de manière naturelle (Cibrian et. al, 2017). *Child Orchestra* offre également un environnement musical immersif prenant la forme d'un terrain de jeu musical pour la maternelle dans lequel les enfants peuvent manipuler des pistes musicales par le mouvement du corps (Core et. al, 2017).

Tous ces projets de référence en matière de narration numérique et d'interface sonore ont la particularité de favoriser les interactions corporelles par le geste et les approches multisensorielles. En fait, l'utilisation des technologies

³ <https://www.ovaom.com/>

numériques améliore les interactions multimodales et relie directement le corps à la cognition pour promouvoir de nouvelles façons d'apprendre (Ioannou & Ioannou, 2020).

5.2. Processus de co-conception.

L'objectif du projet CoMo.education est de développer une application basée sur le mouvement sonore qui soutient les pratiques de narration en maternelle. Certains moments d'une histoire sont ainsi « joués » collectivement par l'enseignant et les enfants, en mimant certains gestes et mouvements prédéfinis. Grâce à un système de reconnaissance des gestes, les mouvements des enfants déclenchent des paysages sonores associés, spécifiquement conçus pour accompagner et animer certains passages de l'histoire. Le récit sonore vise à mobiliser l'ensemble du corps en favorisant les interactions kinesthésiques et collectives.

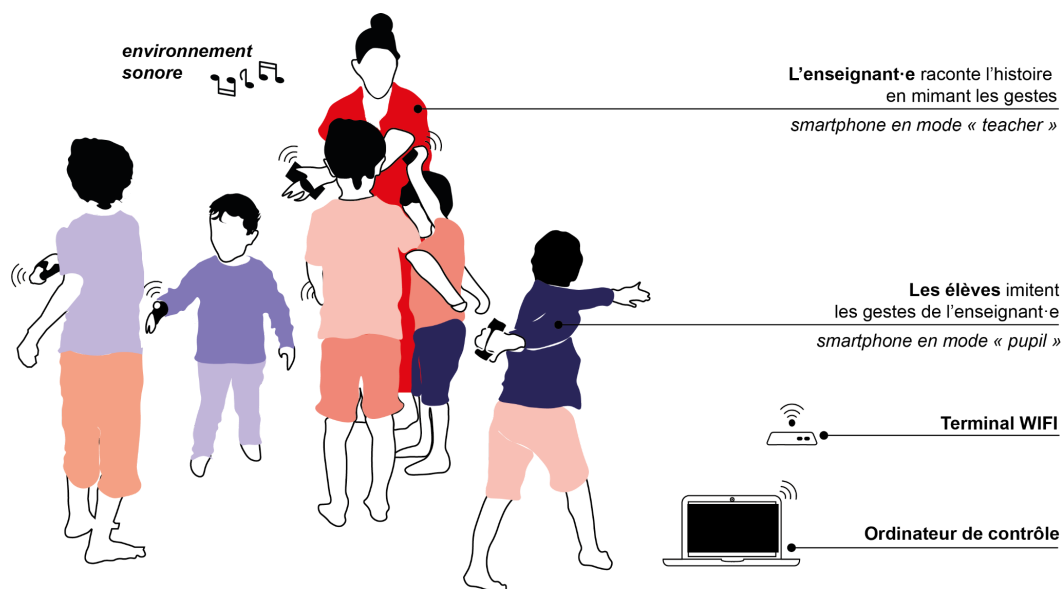


Figure 3 : Le système d'interaction de CoMo.education

Les **Figures 2 et 3** illustrent ce concept et révèlent également que des smartphones, alors utilisés sans faire appel à l'écran, détectent les mouvements et restituent le son de manière interactive (voir section 5.3.2. pour les détails techniques). Dans cette section, nous décrivons d'abord le processus de conception et les attendus que nous avons progressivement établis tout au long du projet. Le projet CoMo.education a fait l'objet d'un processus itératif de co-conception impliquant différentes parties prenantes impliquées dans l'éducation préscolaire, avec une

approche écologique, en ancrant les expériences et l'évaluation dans les jardins d'enfants.

5.2.1. Une équipe interdisciplinaire de conception.

Concevoir des technologies du numérique pour les jeunes enfants nécessite l'engagement de plusieurs disciplines [Partie 2 - introduction]. Dans notre cas, des concepteurs, des ingénieurs ainsi que des professionnel·les de l'éducation et des experts en développement de l'enfant ont été impliqués dans le processus de co-création [Figure 4].

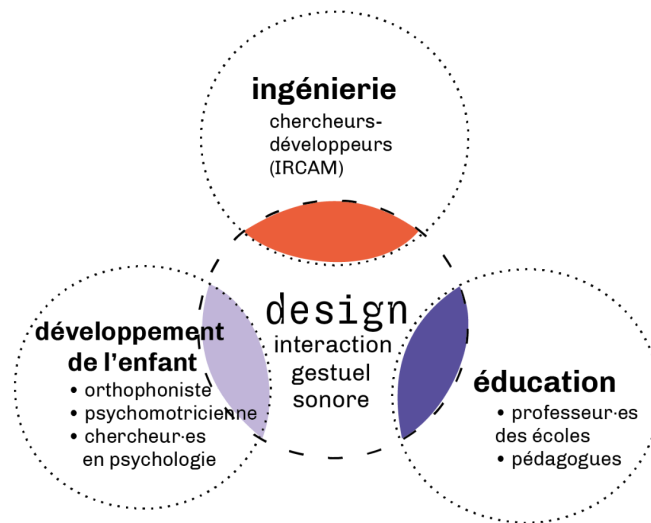


Figure 4: L'équipe interdisciplinaire de CoMo.education entre Ingénierie, Développement de l'enfant, Éducation et Design.

Notre équipe interdisciplinaire de conception est donc composée des acteurs et actrices suivant-es, divisé-es en quatre domaines d'expertise :

- *Ingénierie* : une équipe de chercheurs-développeurs (en IHM, interaction mouvement et son) a participé au développement technique de l'application, dérivée de systèmes précédemment créés au sein de l'IRCAM (décrite plus en détail en 5.3.) ;
- *Développement de l'enfant* : une psychomotricienne, ainsi que deux chercheuses en psychologie du développement ont été impliquées dans le projet grâce à l'organisation de réunions et d'entretiens qui ont ponctué le processus de co-conception ;
- *Éducation* : 6 enseignant-es de maternelle ont été impliqués tout au long du processus de co-conception afin que le projet soit à la fois aligné avec les

pratiques éducatives actuelles en maternelle et de répondre aux objectifs de l'école maternelle (cf. B.O. de l'école maternelle mentionné en introduction) ;

- *Design* : plusieurs designers, y compris des designers sonores et d'interaction, ont été au cœur du processus de co-conception, de la phase d'idéation à l'implémentation du dispositif en maternelle.

5.2.2. Exigences de conception.

Tout au long du processus de co-conception, les contributions interdisciplinaires, recueillies par les différent-es acteurs et actrices que nous venons de décrire, nous ont permis de formaliser une série d'attentes que nous résumons ci-dessous sous la forme d'un cahier des charges en 4 points :

- **#1 - Pédagogie** : Afin de pouvoir être implémentée en environnement préscolaire, toute application doit cibler des domaines d'apprentissage (DA) spécifiques définis par le B.O. de l'école maternelle. CoMo.education, outil de narration numérique, répond aux objectifs suivants : favoriser la communication, la compréhension et l'expression orale (DA-1) ; agir et ressentir de manière corporelle (DA-2) ; explorer et développer l'écoute et l'attention (DA-3). En tant que dispositif numérique, l'application répond au souci d'intégration des outils numériques dès l'école maternelle (DA-5). Dans ce cas, le B.O. précise que les enseignant-es ont l'entière responsabilité de l'intégration d'un nouveau dispositif à leur pratique pédagogique en termes de scénarisation et d'engagement. Cette attente #1 nécessite la prise en compte de la place de l'enseignant-e dans la création du scénario pédagogique associé à la création du dispositif.
- **#2 - Interactions sensori-motrices** : Le projet de CoMo•education s'appuie sur les recherches liées au développement de l'enfant qui soulignent l'importance des interactions sensori-motrices comme supports fondamentaux d'apprentissage. Le retour sensoriel à l'origine d'une boucle perception-action (ou *stimuli-réponse*) peut s'avérer particulièrement efficace pour stimuler l'apprentissage (Corbetta et. al, 2018). Par conséquent, l'application CoMo•education permet un retour sonore en temps réel directement lié aux gestes effectués par les utilisateur-trices. Cela implique que l'interaction multimodale doit être soigneusement étudiée et cohérente pour le tout-petit.
- **#3 - Modes d'utilisation** : CoMo•education est une application conçue dans le but de favoriser la collaboration entre les élèves et leurs enseignant-es.

L'application est également pensée comme un outil favorisant la créativité puisqu'elle permet de co-créeer une histoire collectivement au sein de la classe. Par conséquent, l'application doit permettre différents modes : jouer, modifier ou créer une histoire. Il est important de noter que nous souhaitons que l'application puisse être utilisée de manière autonome en classe, ce qui nous conduit aux caractéristiques techniques décrites en point #4.

- **#4 - Caractéristiques techniques** : Notre système interactif doit être facile à installer et à mettre en place dans la classe afin de ne pas perturber l'organisation des activités scolaires, surtout en classe de maternelle. Par exemple, le temps d'installation et l'utilisation de l'espace doivent être similaires à ceux des autres activités pratiquées par les enfants (tel qu'un atelier de peinture ou de musique). En termes de développement technologique, cela nous amène à utiliser des interfaces numériques sans fil qui permettent aux enfants de se déplacer librement. De plus, comme décrit au point #2, chaque enfant doit pouvoir écouter le son qu'il a produit par ses propres mouvements : le rendu sonore doit donc être individualisé. Concrètement, cela signifie que le système interactif doit prendre la forme d'un dispositif sonore individuel, intégrant son propre haut-parleur.

Le **Tableau 1** résume les quatre points de notre cahier des charges, en les associant à certains domaines de recherche impliquant des acteurs et actrices interdisciplinaires, et nécessitant différents moyens à mettre en œuvre tout au long du processus de co-conception.

Tableau 1: Le cahier des charges de CoMo•education

Exigences de conception	Discipline associée	Acteurs/Actrices mobilisées	Moyens mis en oeuvres
#1 - Pédagogie	Éducation	<i>Enseignant-es</i>	<i>Tests en milieu préscolaire + entretiens avec les enseignants tout au long du processus d'itération</i>
#2 - Interactions sensori-motrices	Développement de l'enfant	<i>Psychomotricienne, Chercheuse en psychologie du développement, Musicothérapeute</i>	<i>Entretiens avec des expert-es de la petite enfance tout au long du processus de conception</i>
#3 - Modes d'utilisation	Design	<i>Designers (interaction, sonore, gestuel)</i>	<i>Approche interdisciplinaire et itérative de conception</i>
#4 - Caractéristiques techniques	Ingénierie	<i>Développeurs et Ingénieurs</i>	<i>Développement itératif d'interfaces multimodales et interactives</i>

5.2.3. Processus d'itération.

Notre approche de recherche écologique, dite « *in the wild* », signifie concevoir et développer notre application directement au sein de l'environnement préscolaire. Nous avons donc mis en place un processus de recherche itératif nous permettant de développer des scénarios d'usage de l'application CoMo•education et de les tester directement dans plusieurs écoles maternelles avec des enfants âgés de 3 à 5 ans.

Ce processus se décompose quatre étapes - formant alors une boucle d'itération [Figure 5] :

1. Co-conception de la narration interactive : sélection d'histoires, de sons et de gestes ;
2. Scénario expérimental/pédagogique : Narration interactive en classe de maternelle ;
3. Retours utilisateur-trices : discussion en groupe avec les enfants puis entretiens auprès de leurs enseignant-es ;
4. Améliorations du dispositif : c'est-à-dire sur le système interactif et la narration interactive.

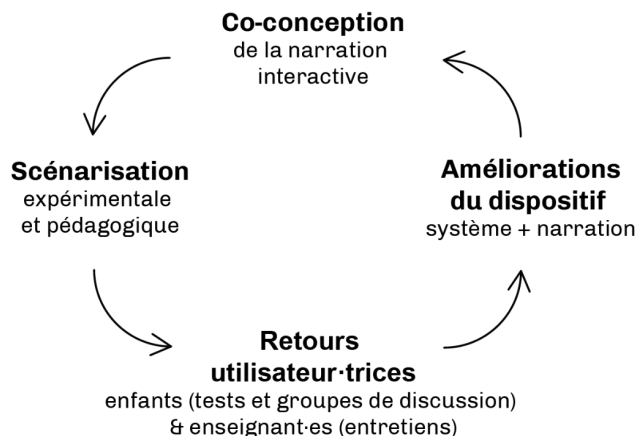


Figure 5 : Processus itératif de conception du projet CoMo•education.

Nous avons mené ce processus itératif auprès de 6 classes dans 4 écoles maternelles d'Ile-de-France, impliquant 6 enseignant·es et environ 150 enfants (âgés de 3 à 6 ans). Pour cela, nous avons utilisé une seule histoire interactive et un seul scénario pédagogique associés basé sur l'histoire de *La chasse à l'ours*, que nous décrivons plus en détail dans l'étude de cas. Le scénario a été réalisé auprès de petits groupes d'enfants (6 à 8) accompagnés d'une narratrice.

Chaque boucle d'itération n'a été effectuée qu'une seule fois par classe impliquée dans le processus afin et nous avons pu apporter les améliorations nécessaires après la réalisation de chaque boucle. En parallèle, nous avons mené des entretiens avec des enseignants afin d'obtenir leur avis critique sur ce nouvel outil. Le processus itératif nous a permis d'affiner le système interactif, présenté dans la section 4, ainsi que le scénario d'interaction. L'étude formelle complète des utilisateurs est présentée dans la section 5.

5.3. L'application.

Dans cette section, nous allons présenter la version actuelle de CoMo.education, les développements techniques, le scénario et la procédure de conception, ainsi qu'un exemple de récit interactif.

5.3.1. Développement technique itératif

Le projet de CoMo.education s'est déroulé sur une période de cinq ans, de 2016 à 2021, en synergie avec le développement d'applications connexes (famille d'applications CoMo). Il s'appuie sur des technologies mobiles et web développées

par l'IRCAM pour l'interaction à la fois collaborative et collective (Matuszewski, B, 2020).

L'application CoMo•education a été spécialement conçue pour créer des expériences de narration interactive en maternelle. Elle est dérivée des applications web génériques et open source CoMo-Elements, qui permettent à tout-e utilisateur-trice de jouer des fichiers sonores associés au mouvement et à l'orientation du smartphone. Ces applications font partie de l'écosystème CoMo (pour Collective Movement) conçu pour l'interaction sonore collective basée sur le mouvement à l'aide de la bibliothèque Soundworks (Matuszewski, 2019) et incluant la reconnaissance des gestes (bibliothèque XMM - Françoise & Bevilacqua, 2018).

Le **Tableau 2** présente en détail les différentes versions du projet CoMo•education expliquant à la fois les fonctionnalités permises par le système interactif ainsi que les modalités de l'interaction sonore.

Tableau 2: De CoSiMa à CoMo•education, 5 années de recherche et développement

Version	Année	Système de base	Système interactif	Interface smartphone	Modalités d'interaction
Version #1	2016	CoSiMa	Sons et silences contrôlés depuis l'ordinateur	Interface smartphone neutre : écran noir et nom de l'histoire - pas d'interaction sur smartphone	Dès que le smartphone est en mouvement, il émet un son (peu importe la qualité du mouvement)
Version #2	2018	Elements	Sons contrôlés depuis le smartphone / silences contrôlés depuis l'ordinateur	2 modes : « pupil » (élève) / « teacher » (enseignant-e) qui permet de contrôler les smartphones des élèves	Gestes pré-enregistrés : 1 geste = 1 son
Version #3	2020	CoMo. education	Sons et silences contrôlés depuis le smartphone	Mode « teacher » permet de créer, de modifier et de jouer une histoire	Gestes & silences pré-enregistrés : 1 geste = 1 son ou 1 silence

5.3.2. Système.

- **Applications Web et réseau Wi-Fi local.**

Comme l'illustre la **Figure 5**, CoMo.education est un système composé d'un ordinateur de contrôle, connecté à une antenne wifi et de smartphones. En option, une ou plusieurs haut-parleurs externes peuvent également être ajoutés (en utilisant éventuellement le bluetooth).

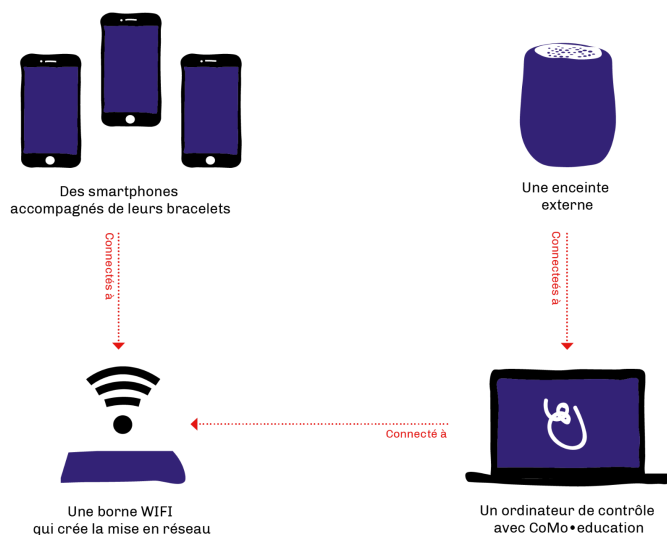


Figure 6 : Le système d'interaction de CoMo•education

BOOKLET • Le système d'interaction est décrit aux pages 16-17.

L'ordinateur est configuré pour créer un réseau Wi-Fi local et jouer le rôle de serveur pour l'application. Tous les smartphones sont connectés à l'ordinateur via le réseau Wi-Fi local. Sur le smartphone, différentes interfaces peuvent être sélectionnées en utilisant différentes adresses web « locales » sur le navigateur Web. Le système est donc fonctionnel même s'il n'y a pas de connexion Internet - ce qui était très important pour l'utilisation du système en maternelle.

Nous avons développé deux types d'interface utilisateur-trice pour l'application : l'enseignant-e peut accéder à l'interface complète, qui permet de « créer », « modifier » et « jouer » des histoires. Les enfants eux-elles, accèdent à une interface qui bloque le smartphone sur écran noir et permet seulement l'interaction geste/son, toutes les commandes restant du côté de l'enseignant.

- **Détection de mouvements et reconnaissance de gestes.**

L'interface du smartphone accède à ses capteurs de mouvement intégrés (accéléromètre et gyroscope), exécute un module de reconnaissance de gestes (bibliothèque XMM) pour sélectionner et lire un fichier sonore en utilisant l'API *WebAudio*. Le système de reconnaissance de gestes a été conçu pour permettre aux utilisateurs de définir eux-mêmes les gestes en les enregistrant simplement et directement avec le smartphone. Chaque geste peut alors être associé à des

fichiers sonores distincts qui peuvent être simplement téléchargés sur l'ordinateur [Figure 7].

- **Correspondance entre le geste et le son.**

Si la reconnaissance des gestes permet de sélectionner les fichiers sonores à lire en boucle, l'intensité du geste, mesurée par l'accéléromètre, est également utilisée pour moduler le volume sonore. Ainsi, le silence est obtenu en maintenant immobile les smartphones, et les gestes à haute énergie produisent un son au volume plus fort.

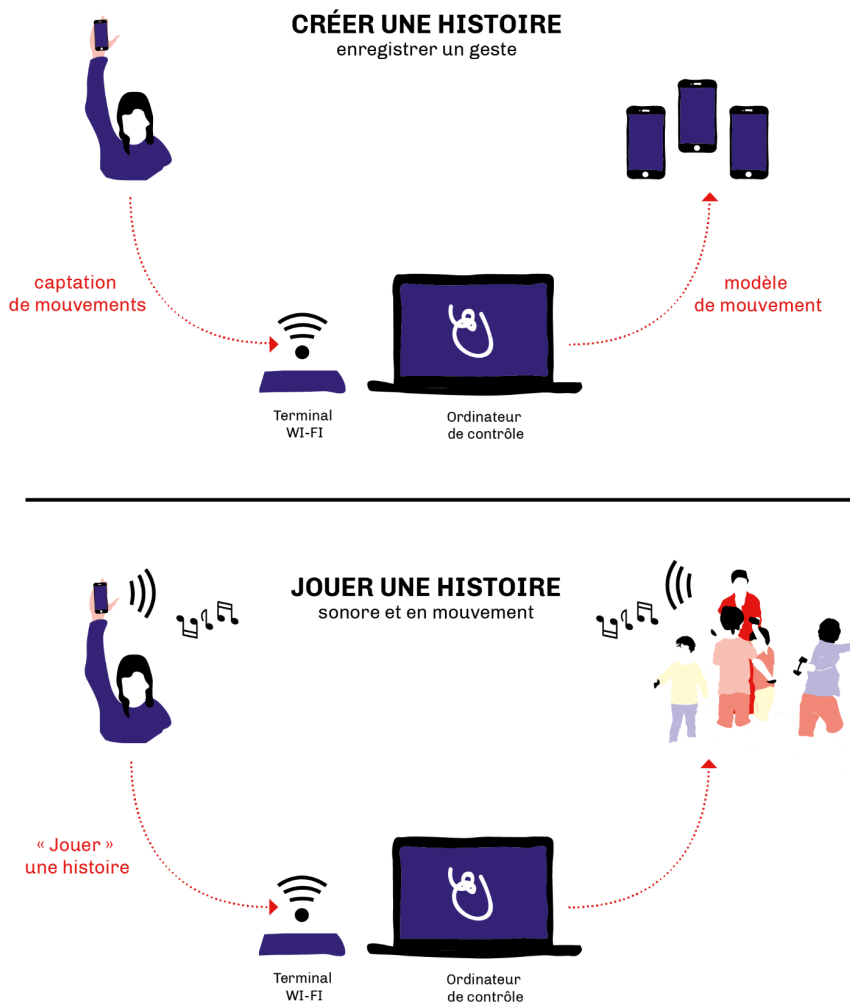


Figure 7 : Les différents mode d'interaction de CoMo•education - « Jouer » et « Créer » une histoire interactive

5.3.3. Conception et modes d'interaction.

- **Modes d'interaction.**

Comme défini dans la troisième exigence de conception (#3), nous voulions que les enseignants et les enfants puissent utiliser l'application CoMo.education en autonomie, et qu'ils ou elles puissent créer leurs propres histoires interactives. Nous avons donc créé deux modes de fonctionnement : le mode « enseignant·e » (*teacher mode*) et le mode « élève » (*pupil mode*). En mode enseignant·e, l'application permet 3 fonctionnalités :

- *Créer une histoire* - enregistrer des gestes et les associer à des sons dans la séquence suivante, une fois l'histoire nommée : (1) nommer le geste (2) choisir un son pour l'illustrer et (3) enregistrer le geste associé au son. On considère qu'une histoire est créée lorsque 5 gestes associés à 5 sons ont été pré-enregistrés.
- *Modifier une histoire* - modifier soit les sons, soit les gestes.
- *Jouer une histoire* - jouer une histoire interactive, de manière collective et sonore avec les élèves. Le mode « enseignant·e » permet également à l'enseignant de sélectionner l'histoire, de la démarrer et de l'arrêter.
 - > En mode « élève », seule la sélection « Jouer » une histoire est possible, activée à distance par l'enseignant·e.
 - > Le smartphone en mode « élève » est bloqué sur écran noir.

- **Design des sons et des gestes.**

Il est important de noter que lors de la narration interactive, le son est lancé dès que le geste est identifié par le système (*early recognition*) et est joué en continu (en boucle) tant que le geste est effectué par l'utilisateur·trice. Par conséquent, le son accompagne le geste. Comme précisé dans la section précédente (5.3.2), cela crée une boucle stimuli-réponse, favorisant l'apprentissage par les interactions sensori-motrices, recommandé les expert·es de la petite enfance pour l'utilisation d'outils numériques par les plus jeunes enfants (cf. Chapitre 2 & 4).

Les applications CoMo nécessitent de faire des choix de conception sur les sons, les gestes et leurs relations au sein du processus de conception dont voici les lignes directrices :

- *Design sonore* : les sons, généralement de plusieurs secondes, sont joués en boucle par l'application. Cela nécessite que le début et la fin du fichier sonore puissent produire une mise en boucle fluide. Cela est relativement facile lorsque les sons sont « texturaux », comme c'est souvent le cas avec

les sons de la nature tels que le bruit du « vent » ou de l' « eau ». La gamme de fréquences sonores doit être compatible avec les haut-parleurs des smartphones, en évitant généralement les sons graves. Il est nécessaire de les choisir soigneusement et de les tester au préalable avec les smartphones.

> Afin d'aider les utilisateurs-trices à créer leurs propres histoires interactives, nous avons créé une bibliothèque sonore disponible en ligne. Cette bibliothèque est divisée en 3 catégories de sons : les sons de la nature (animaux & éléments naturels) , les sons de la ville (transports divers) et les sons de la musique et des voix (instruments de musique & émotions).

BOOKLET•La bibliothèque de sons et les cartes associées sont décrites aux pages 52-53.

- Design de gestes : nous suivons le principe selon lequel le geste doit typiquement évoquer des actions qui pourraient déclencher le son, ou évoquer le son à un niveau métaphorique. Les gestes étant capturés par des gyroscopes et des accéléromètres⁴, il est généralement important de considérer pour chaque geste une combinaison différente d'orientation de la main, de vitesses de rotation et de niveau d'énergie. Dans ce cas, au moins une de ces caractéristiques peut être utilisée dans l'algorithme pour différencier et reconnaître chaque geste. En cas de confusion par l'algorithme, chaque geste peut être modifié et enregistré à nouveau.

> Afin d'aider les utilisateurs-trices à créer leurs propres histoires interactives, nous avons listé les éléments à prendre en compte lors de la création d'un geste.

BOOKLET•Les pré-requis à l'enregistrement d'un nouveau geste sonore créé via CoMo•education sont décrits à la page 112.

5.3.4. Scénario pédagogique.

Grâce à notre processus de conception itératif réalisé au sein de plusieurs écoles partenaires, l'application CoMo.education a été développée avec un scénario d'usage associé, qui suit les exigences de conception. En outre, il permet de

⁴ Le gyroscope mesure les changements d'orientation du smartphone dans l'espace. L'accéléromètre, quant à lui, permet de mesurer les variations de vitesse lors du mouvement, ainsi que l'orientation du téléphone par rapport à la gravité (verticalité).

répondre aux objectifs d'apprentissage institutionnels du programme préscolaire (#1), on parle alors de scénario pédagogique (Brassard & Daele, 2003).

Tout d'abord, les enfants sont équipés de smartphones à leur main droite, accrochés avec un bracelet. Tous les smartphones des élèves sont connectés à CoMo.education via la borne Wi-Fi et à l'ordinateur de contrôle (cf. figure 1). Les smartphones sont bloqués sur un écran noir avant d'être placés dans la main droite des enfants. Le scénario pédagogique est composé de 3 étapes :

1. *Exploration des gestes.* L'enseignant-e montre aux enfants les gestes qui composent l'histoire, en les invitant à l'imiter. Cette étape se déroule en silence, le système interactif étant alors mis en pause par l'enseignant-e qui est connecté-e à sa propre interface (en mode « enseignant-e »).
2. *Narration interactive.* L'histoire est racontée par l'enseignant-e. Les enfants et l'enseignant bougent ensemble à des moments précis, produisant collectivement le paysage sonore de la narration interactive.
3. *Discussion de groupe.* Une fois l'histoire terminée, une discussion de groupe est organisée par l'enseignant-e avec les élèves.

Ce scénario pédagogique a été appliqué lors des deux études que nous allons maintenant présenter.

BOOKLET • Le scénario d'utilisation est décrit en détail, de la page 21 à la page 25.

5.4. Expérimentations et évaluations.

Afin d'évaluer la pertinence du projet CoMo•education, nous avons mené deux expérimentations. La première a eu lieu en contexte préscolaire auprès de deux classes de maternelle sous la forme d'une étude-pilote. La seconde a pris la forme d'un workshop mené au sein de notre centre de recherche auprès de professionnel·les de terrain.

5.4.1. Étude-pilote.

Nous avons mené notre expérimentation au sein de deux classes de moyenne et grande section de maternelle, dans deux écoles différentes **[Figure 8]**. L'objectif de cette étude expérimentale était double : il s'agissait (1) d'évaluer techniquement la version actuelle de l'application, c'est-à-dire son fonctionnement autonome sur le terrain et (2) d'évaluer qualitativement l'utilisation de l'application sur le terrain, par le biais d'observations, de discussions de groupe et d'entretiens individuels avec des enseignant-es et leurs élèves.



Figure 8 : Expérimentation de CoMo•education en maternelle avec la narration interactive de « La chasse à l'ours ».

- **Participant-es.**

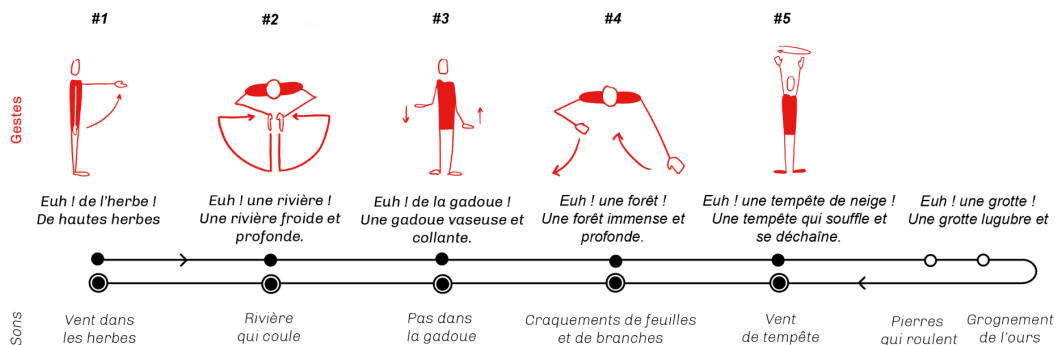
L'étude-pilote a été réalisée auprès de 28 enfants (13 filles et 15 garçons) âgés de 4 à 6 ans dans deux classes de moyenne et grande sections de maternelle dont l'âge moyen était de 5,7 ans. Nous pouvons également préciser qu'aucun-e des participant-es n'avait déjà utilisé l'application CoMo•education lors des tests effectués au cours du processus de co-conception de l'application .

- **Matériel.**

L'étude de cas s'appuie sur la narration interactive créée à partir du livre intitulé *La chasse à l'ours* (*We're Going on a Bear Hunt*, en anglais), écrit par Michael Rosen [Tableau 3]. Avant l'intervention, nous avons pré-enregistré les gestes et sélectionné les sons associés qui allaient animer l'histoire [Figure 9]. Nous pouvons souligner que la création de cette histoire interactive résulte du processus de co-conception réalisé avec d'autres enseignantes impliquées antérieurement.

Tableau 3 : Éléments narratifs de l'histoire interactive de « La chasse à l'ours »

	Passage de l'histoire	Geste	Sons du smartphone	Son de l'enceinte externe
#1	<i>Euh ! de l'herbe ! De hautes herbes ondulantes.</i>	Bras balançants le long du corps, avec mains tournées vers le corps, en alternance.	Vent dans les herbes.	
#2	<i>Euh ! une rivière ! Une rivière froide et profonde.</i>	Mains jointes et mouvement de brasse en simultanée (sans retourner le téléphone).	Rivière qui coule.	
#3	<i>Euh ! de la gadoue ! Une gadoue vaseuse et collante.</i>	Mains face au sol, qui tapent dans l'air, en alternance.	Bruits de pas dans la gadoue.	
#4	<i>Euh ! une forêt ! Une forêt immense et profonde.</i>	Mains face au sol, bras qui s'écartent en alternance.	Craquements de branches.	
#5	<i>Euh ! une tempête de neige ! Une tempête qui souffle et se déchaîne.</i>	Bras et mains en l'air et tournoiement sur soi-même.	Tempête de vent.	
#A	<i>Euh ! une grotte ! Une grotte lugubre et profonde.</i>	-		Pierre qui roule.
#B	<i>C'est un ours !!</i>	-		Grognement de l'ours.

**Figure 9 :** Les gestes sonores de l'histoire interactive de « La chasse à l'ours »

- **Méthode et collecte des données.**

Cette étude de cas s'est déroulée en juin 2021, à la fin de l'année scolaire. Les enfants ont été répartis en petits groupes de 6 à 8, afin de faciliter le déroulé du scénario. Pour chaque école, l'intervention a eu lieu dans une salle adjacente à la classe afin de ne pas perturber le reste de la classe, en termes de sonorisation et d'espace utilisé. La procédure est composée des étapes suivantes [Figure 10] :

- Mise en œuvre du scénario pédagogique : 1. *Exploration des gestes*, 2. *Narration interactive*, 3. *Discussion de groupe* (décrit en section 5.3.4).
- Réalisation d'entretiens individuels avec les élèves - suivant une grille d'entretien [Tableau 4] ;
- Et enfin, réalisation d'entretiens semi-dirigés réalisés individuellement auprès des enseignantes.

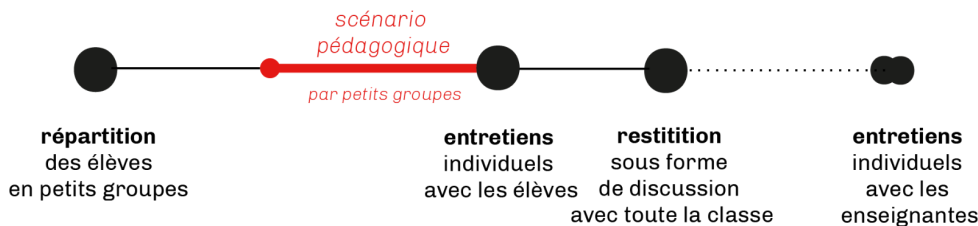


Figure 10 : Détails des différentes étapes de l'étude de cas du projet CoMo•education.

Concernant la mise en œuvre du scénario pédagogique, j'ai joué le rôle de la narratrice dans l'une des deux classes, alors que dans l'autre classe, l'enseignante a joué ce rôle. Suite au déroulé du scénario pédagogique, les enfants ont répondu individuellement à une série de questions que j'ai menée dans les deux classes. L'ensemble du scénario ainsi que les entretiens avec les enfants ont été enregistrés en vidéo, à l'aide d'une caméra équipée d'un microphone.

Les enregistrements vidéo ont ensuite été envoyés aux deux enseignantes, qui ont pu les visionner en amont de leurs entretiens individuels qui ont été réalisés quelques jours après. J'ai également mené ces entretiens qui ont été enregistrés seulement en format audio puis retranscrits manuellement. Tous les enregistrements vidéo et audio ont ensuite été revus ou réécoutés afin d'être annotés par d'autres membres de notre équipe de recherche qui n'étaient pas présent-es en classe.

Tableau 4 : Questionnaire utilisé lors des entretiens individuels avec les élèves

Thématique	Question	Réponse attendu
A.Appréciation de l'histoire	A.1. Est-ce que tu as aimé l'histoire ?	Oui (Non)
B.Compréhension de l'histoire	B.1.De quoi parlait l'histoire ?	C'est l'histoire d'une famille qui part à <u>la chasse à l'ours.</u>
	B.2.Peux-tu me rappeler tous les paysages que l'on a traversés ensemble ?	#1 / #2 / #3 / #4/ #5 (#A / #B) - Tableau 4
	B.3.Je vais jouer les sons de l'histoire, peux-tu faire le geste associé ?	#1 / #2 / #3 / #4/ #5 - Tableau 4
C.Compréhension du système d'interaction / de la technologie	C.1. À quoi sert le téléphone ?	C'est le téléphone qui produit les sons
	C.2. Comment cela fonctionne-t-il ?	Le téléphone produit des sons quand je bouge
	C.3. Penses-tu qu'il s'agit d'un vrai téléphone?	Oui (Non)

- **Analyse des résultats.**

Évaluation technique. Du point de vue technique, notre système d'interaction s'appuyant sur des technologies web standards a fonctionné correctement et les smartphones ont produit les sons attendus, et ce pour tous les enfants (total = 27). Cependant, plusieurs améliorations concernant l'interface dédiée à l'enseignant-e (*teacher mode*) ont été notées, tel que l'ajout d'une fonctionnalité pour mettre en mode silencieux tous les smartphones, ou encore la possibilité d'activer discrètement un son sur une enceinte externe (actuellement réalisé par l'assistant-e du ou de la narrateur-trice). Ceux-ci feront l'objet d'améliorations futures.

Entretiens individuels auprès des élèves. Suite à l'analyse des réponses aux entretiens individuels réalisés auprès des élèves (post scénario pédagogique) [Tableau 4], nous avons pu relever une première série de résultats rapportés dans le **Tableau 5**.

Tout d'abord, tous les élèves ont déclaré avoir apprécié la narration interactive (A.1), ce qui confirme l'engagement et la motivation des enfants observés à suivre l'histoire. Dans l'ensemble, la majorité des enfants (78%) ont compris le fil conducteur de l'histoire ie. « la chasse à l'ours », mais ils ont ensuite fait référence à l'histoire de différentes manières : par des mots et/ou des gestes Dans la classe 2, la majorité des élèves ont été capables de raconter l'histoire verbalement (B.2),

tandis que dans la classe 1, la majorité des enfants ont été capables de transmettre l'histoire gestuellement (B.3).

En ce qui concerne la compréhension du système d'interaction, nous notons que tous les élèves ont été capables de mentionner que le son sortait du téléphone (C.1). Si la grande majorité des élèves (82%) affirme avoir compris que les sons étaient activés par le mouvement (C.2) (un enfant a par exemple dit spontanément « si on fait les bons gestes, ça fait les bons sons »), seule la moitié des enfants pensait qu'il s'agissait d'un « vrai » téléphone (C.3). En effet, dans une analyse plus qualitative de ces entretiens individuels avec les élèves, certains enfants mentionnent le fait qu'ils ne peuvent pas « passer un appel », « jouer » ou « commander à manger » avec ces téléphones (qui étaient en effet bloqués sur des écrans noirs), d'où le fait que pour eux-elles, ce ne soit pas de « vrais » téléphones.

Tableau 5 : Résultats issus des entretiens individuels réalisés auprès des élèves suite au scénario pédagogique

Thématique	Réponse	Class- 1	Class- 2	Total
A.Appréciation de l'histoire	A.1. Est-ce que tu as aimé l'histoire ?	100%	100%	100%
B.Compréhension de l'histoire	B.1.De quoi parlait l'histoire ?	75%	81%	78%
	B.2.Peux-tu me rappeler tous les paysages que l'on a traversés ensemble ?	2.8/5	3.8/5	3.3/5
	B.3.Je vais jouer les sons de l'histoire, peux-tu faire le geste associé ?	3.5/5	2.6/5	3/5
C.Compréhension du système d'interaction / de la technologie	C.1. À quoi sert le téléphone ?	100%	100%	100%
	C.2. Comment cela fonctionne-t-il ?	92%	73%	82%
	C.3. Penses-tu qu'il s'agit d'un vrai téléphone?	58%	40%	49%

Enregistrements vidéo. D'après l'analyse qualitative des enregistrements vidéo filmant l'ensemble des étapes du scénario pédagogique (1. *Exploration*, 2. *Narration*, 3. *Discussion*), les points suivants ont tous été remarqués par les annotateur-trices de manière indépendante :

- Tous les élèves ont fait preuve d'engagement et de motivation dans la narration interactive, car tous les enfants étaient actifs et effectuaient les gestes attendus, plus ou moins précisément en fonction de leurs capacités motrices. L'appréhension du smartphone ainsi que la compréhension

précise des gestes ont nécessité quelques ajustements pendant la première étape dite d' « exploration ». Cela a été facilement réalisé par la narratrice qui les a montrés et expliqués verbalement de manière conjointe [« bras en l'air », « un bras après l'autre », « on y va lentement », « là on va plus vite » par exemple]. Lors de la deuxième étape dite de « narration », les enfants ont su effectuer tous les gestes sans difficulté apparente et ont même semblé apprécier cette expérience immersive et collective, comme en témoignent les sourires et les rires.

- Au cours de la narration interactive, nous avons noté que la plupart des élèves semblaient attentifs et certains ont même collaboré ensemble. Un marqueur intéressant d'une telle présence attentive, au niveau du groupe, est le fait qu'ils aient cessé de bouger collectivement, à la demande de l'enseignant-e, provoquant ainsi un silence général dans la classe. Il est notoire qu'un tel comportement est généralement difficile à obtenir dans une classe de cet âge (d'après nos observations en classe et de ce que nous ont raconté les enseignant-es).
- Durant la troisième étape du scénario, dite de « discussion », les réactions des élèves ont été très intéressantes à écouter. En effet, ils ont su faire preuve d'imagination à propos des paysages sonores : ils ont été par exemple très créatifs dans la description de l'ours [« *L'ours était poilu et vert avec de grandes dent* » , « *L'ours cachait un gros diamant dans sa grotte* »] ou des sensations ressenties en traversant les paysages [« *L'eau était super froide, je ne pouvais plus nager* » (#2), « *La neige me rentrait dans les yeux, je ne pouvais plus continuer de marcher* » (#5)].

- **Analyse des entretiens auprès des enseignantes.**

Les entretiens avec les deux enseignantes ont apporté d'autres points importants. Tout d'abord, elles ont toutes deux trouvé l'approche fructueuse sur le plan pédagogique, au-delà du seul aspect ludique de l'expérience. En effet, selon elles, il semble pertinent de proposer aux enfants plusieurs manières de raconter une histoire, certains préférant utiliser des mots et d'autres des gestes. De plus, les enseignantes ont apprécié le fait de pouvoir voir leurs élèves d'une manière différente [« *J'ai vu des enfants qui sont habituellement "inhibés" en classe, ou qui ont des difficultés à s'engager dans une activité purement académique, devenir plus impliqués, plus participatifs, et plus performants* » - Enseignante 1]. Elles ont également validé certaines observations faites concernant le développement des

enfants [« *Le fait de pouvoir observer les enfants en tant que spectateur m'a permis de confirmer des caractéristiques chez mes élèves que j'avais déjà remarquées. Par exemple, j'ai observé que certains enfants étaient mal à l'aise avec leur corps et j'ai remarqué que ce sont ces enfants qui ont aussi des difficultés avec l'écriture* » - Enseignant 2].

Deuxièmement, les enseignantes ont insisté sur la pertinence de créer des sons à la fois de manière collective et en temps réel. Selon elles, ces environnements sonores sont de formidables supports à la compréhension d'un récit narrative, et sont encore trop peu utilisés en maternelle [« *Grâce à CoMo•education, nous produisons un mouvement qui est immédiatement associé à un son par un retour immédiat de nos actions, chose que nous avons rarement en classe je pense ou pas de la même manière. / Dans ce scénario, la mise en scène et l'univers sonore sont au service de la compréhension de l'histoire* » - Enseignant 1].

Enfin, l'introduction de cette application dans la classe a également ouvert des perspectives d'évolution des pratiques pédagogiques, même sans l'utilisation de la technologie [« *J'ai l'habitude de raconter des histoires assise face à mes élèves. L'introduction de CoMo•education dans ma classe m'a donné envie de raconter les histoires en mouvement, de changer de posture corporelle.* » - Enseignant 2]. [« *Je pense que l'utilisation de CoMo•education va changer ma façon de raconter des histoires en classe. Je lui trouve un intérêt pédagogique notamment pour les histoires à randonnée, avec une succession d'éléments répétitifs notamment* » - Enseignant 1].

L'étude-pilote nous a permis de tester l'application en contexte préscolaire auprès d'élèves de maternelle et de leurs enseignantes. Nous avons principalement utilisé la fonctionnalité « Jouer une histoire » permise par l'application CoMo•education puisque nous avons déjà enregistré les gestes sonores de la chasse à l'ours et créé le scénario pédagogique associé. La deuxième étude complémentaire, organisé sous la forme d'un workshop nous a permis de tester la deuxième fonctionnalité de l'application CoMo•education, c'est-à-dire « Créer » (et donc « Modifier ») une histoire.

5.4.2. Workshop.

Suite à notre étude-pilote, nous avons mené un workshop d'une journée réunissant plusieurs expertes de la petite enfance, au sein du Learning Planet Institute situé à Paris [Figure 11]. Dans les paragraphes suivants, nous expliquerons quels étaient

les objectifs de workshop, puis les moyens et méthodes mis en œuvre lors de workshop. Enfin, l'analyse des résultats obtenus lors de la discussion collective de fin de workshop et des entretiens individuels réalisés auprès de chacune d'entre elles.



Figure 11 : Workshop CoMo•education en août 2021 au sein du Learning Planet Institute a réuni plusieurs professionnelles de petite enfance.

- **Objectifs du workshop.**

L'objectif majeur du workshop était d'avoir les retours des professionnel·les sur la prise en main de l'application CoMo•education et plus particulièrement sur la fonctionnalité liée à la création d'une histoire (« Créer une histoire ») et donc sur la fonctionnalité associée concernant la modification d'une histoire (« Modifier une histoire »).

Nous souhaitons également avoir les retours d'utilisation de l'application lorsqu'elle est utilisée en autonomie par des acteurs·trices de terrain. Enfin nous souhaitons organiser une discussion autour des potentialités de l'application dans plusieurs cas d'usage : sur le temps scolaire, mais aussi sur le temps périscolaire, lors d'ateliers d'éveil au numérique ou encore en cabinet paramédical.

Ainsi, les trois questionnements auxquels nous souhaitions répondre étaient les suivants :

- Comment s'est déroulée l'utilisation de CoMo•education ?
- Quelles sont les améliorations possibles ?
- Pensez-vous que CoMo•education pourrait-elle s'intégrer à votre pratique professionnelle ?

- **Moyens et méthodes.**

Participantes. Dans une démarche d'interdisciplinarité, ce workshop a réuni plusieurs professionnelles de terrain :

- Une psychomotricienne ;
- Une enseignante de maternelle ;
- Une médiatrice numérique ;
- Une éducatrice Montessori, également médiatrice numérique.

Nous précisons que ces quatre professionnelles n'avaient jamais utilisé l'application CoMo•education auparavant. Trois des membres de l'équipe de conception étaient également présent-es.

Livret de présentation. Avant de commencer le workshop, nous avons distribué à chaque participante un livret de présentation du projet de CoMo•education. Ce livret était similaire au Booklet qui accompagne la lecture de ce chapitre et comportait les sections suivantes : 1. Présentation générale du projet, 2. Mode d'emploi, 3. Dictionnaire de gestes, 4. Bibliothèque de sons. Le livret était accompagné d'un tableau de création d'une histoire interactive.

Programme. La journée de workshop s'est déroulé en trois temps :

1. Présentation générale du projet

- Projet de recherche
 - Description de l'application
 - Présentation du dictionnaire de gestes et de la bibliothèque de sons
- + Démonstration autour de l'histoire interactive de « La chasse à l'ours ».

2. Mise en pratique : Création d'une histoire interactive en binôme (à l'aide du tableau X)

- + Narration des histoires interactives par binôme

3. Discussion : en groupe

- + Entretiens individuels (de quelques minutes)

- **Analyse des résultats.**

Reprenons chacune des questions énoncées précédemment, associées aux objectifs du workshop.

Utilisation de l'application. De manière générale, les participantes ont jugé que l'application était « *simple à utiliser* » et le processus de création d'histoire « *simple à suivre* ». La bibliothèque de sons actuelle a été jugée comme « *assez fournie* » actuellement pour pouvoir créer des narrations interactives. Cependant des inconvénients ont été mentionnés, parmi lesquels : le fait de ne pas pouvoir revenir en arrière dans l'application, et de ne pas pouvoir mettre en mode silencieux les smartphones en mode « *pupil* », en tant que smartphone en mode « *teacher* ».

> « *Finally, c'est assez simple à utiliser, il y a peu d'étapes à suivre, peu de choses à faire pour arriver à la création d'une histoire - c'est assez intuitif !* » (animatrice)

> « *Puisqu'on utilise le smartphone, l'utilisation est tactile, on peut facilement intervenir et l'objet reste dans la main, ce qui est super pratique pour bouger. On a donc pas besoin de beaucoup de matériel, et on peut déjà utiliser l'application en l'état sans avoir à ajouter des sons en plus puisque la bibliothèque de sons actuelle est déjà assez fournie* » (enseignante).

Intégration à une pratique professionnelle. Les professionnelles ont vu de multiples intérêts à utiliser CoMo•education, que ce soit dans un but pédagogique (pour raconter différemment une histoire, en impliquant le corps, le mouvement et le son, le tout de manière collective) ; de rééducation (pour travailler la mémorisation, l'attention ou encore la concentration des enfants) ; ou de médiation numérique (afin d'utiliser le smartphone différemment avec les élèves, tout en évitant de provoquer une forme de « *fascination* » face à l'outil grâce à la création de ses propres narrations interactives.)

> « *Je perçois l'intérêt de l'outil puisqu'il permet de narrer différemment et de faire participer les enfants à la narration - ça les fait travailler leur motricité, l'attention du geste, la concentration, la coopération puisque pour que l'univers sonore soit harmonieux il faut que tout le monde produise les mêmes sons en même temps, donc il faut s'écouter, se regarder.* » (animatrice).

> « J'utiliserais bien CoMo•education dans des activités de rééducation pour travailler sur la mémorisation, l'attention et la concentration. Finalement l'attention portée au son pourrait aider les enfants à se souvenir des gestes qu'ils ont réalisé, à leur intensité, leur mouvement, leur direction, etc. » (psychomotricienne).

> « CoMo•education permet de développer un rapport au smartphone qui ne passe pas par l'écran et ainsi prendre un peu conscience des autres "outils embarqués" qu'il y a à l'intérieur. Cela permet de vivre une expérience collective à la fois physique et narrative. Attention cependant à ne pas entretenir une forme de fascination face à l'outil, en permettant aux enfants de comprendre le système et de créer leurs propres histoires.» (médiatrice numérique)

5.5. Retours d'expérience.

Le projet CoMo•education a été conçu comme une application permettant de créer et jouer des narrations collectives et en mouvement en école maternelle. Le système interactif basé sur l'association geste/son a été développé grâce à un processus de co-conception itératif avec les acteurs et actrices du milieu préscolaire.

Dans les prochains paragraphes, nous discuterons des leçons tirées du processus de co-conception, ainsi que des résultats issus de l'analyse des données récoltées lors de notre étude expérimentale menée auprès de deux classes de maternelle (analyse qualitative de la mise en oeuvre du scénario pédagogique, analyse des entretiens individuels réalisés auprès des élèves puis de leurs enseignantes). Enfin, nous formaliserons un ensemble de lignes directrices spécifiques à la réalisation de ce type de projet.

Grâce à la mise en œuvre de notre étude expérimentale au sein de deux classes de maternelle, nous avons démontré que le système est fonctionnel, et qu'il est techniquement prêt à être déployé dans d'autres écoles. Nous avons pensé le système comme ouvert et facilement appropriable par ses utilisateurs-trices afin que d'autres histoires puissent être ajoutées par les enseignant-es et leurs élèves. L'application pourrait donc être utilisée dans différents contextes pédagogiques. Développée à l'aide de technologies web, le système est facilement extensible par rapport au nombre d'utilisateurs-trices : il pourrait techniquement s'adapter à un groupe d'utilisateurs-trices plus important, et ce sans modification.

- **De la narration passive à la narration (inter)active.**

Comme l'ont souligné les deux enseignantes, CoMo.education encourage de nouvelles formes de narrations, plus interactives et moins passives que le modèle de narration que l'on pourrait qualifier de « traditionnel » (où l'on demande à l'enfant de s'asseoir, de ne plus bouger et d'écouter attentivement l'enseignant-e). En effet, les enseignantes interrogées, ont noté que certains enfants généralement inattentifs dans la pratique de narration « traditionnelle » s'étaient étonnamment révélés actifs et attentifs lors de la narration interactive permise par l'utilisation de notre application. Ainsi, il apparaîtrait qu'une approche plus corporelle de la pratique de narration, mobilisant les sens et le mouvement, pourrait s'avérer bénéfique à un plus grand nombre d'enfants. Si cela ouvre des perspectives intéressantes en termes d'inclusivité, il faudrait cependant évaluer cet aspect par une étude plus approfondie.

Notre étude expérimentale nous a également permis de comprendre comment CoMo.education pourrait transformer les pratiques de narration actuelles, tout en prenant en compte l'approche holistique du développement de l'enfant. Du point de vue des enseignants, CoMo.education a été perçue comme un « outil complémentaire » pour raconter des histoires en classe : « *L'utilisation de CoMo.education en classe m'a permis d'observer les enfants différemment, c'est-à-dire de confirmer ou d'infirmer des observations sur le développement des élèves, notamment dans leur rapport au corps* » (Enseignant 2) Il ne s'agit pas de substituer les pratiques actuelles de narration en maternelle, mais de promouvoir de nouvelles manières de raconter des histoires, avec ou sans l'utilisation des technologies numériques : « Je pense que le projet CoMo.education va changer ma façon de raconter des histoires : Je pense que je vais utiliser davantage de gestes et de tonalité dans mes récits avec les enfants » (enseignant 1). De telles observations sont très encourageantes mais nécessitent ici d'autres évaluations plus approfondies, toujours menées en milieu préscolaire.

La narration collective, sonore et en mouvement représente également des pistes d'utilisation possibles dans d'autres contextes que celui scolaire. En effet, la psychomotricienne présente lors du workshop a perçue un réel intérêt à vouloir utiliser cette application avec ses jeunes patient-es afin de travailler des compétences essentielles au développement du jeune enfant que sont la mémorisation, l'attention ou encore la concentration. L'animatrice et la médiatrice ont également perçue un intérêt à utiliser cet outil pour raconter des histoires en bougeant dans des activités périscolaires.

- **Utilisation sur le long terme.**

En termes d'utilisation sur le long terme, CoMo.education pourrait être utilisé tout au long de l'année scolaire dans une classe en suivant plusieurs scénarios pédagogiques suivant la créativité et les attentes des enseignant-es. Comme nous l'avons mentionné, CoMo•education répond à plusieurs domaines d'apprentissage du bulletin officiel de l'école maternelle .On pourrait ainsi évaluer les effets potentiels sur le long terme permis par la répétition d'une même narration interactive, la création de nouvelles, et donc évaluer la façon dont certains gestes pourraient être réalisés, utilisés, assimilés par les élèves d'une histoire à une autre.

Il est important de noter que l'utilisation actuelle de CoMo•education pourrait être développé comme une activité « transitionnelle » permettant d'en développer d'autres, comme la co-crédation d'histoires avec les élèves, l'enregistrement de sons de l'environnement quotidien ou encore l'invention de nouveaux gestes.

Enfin, si l'on pense à une utilisation sur le long terme de ce type de dispositif, il faut également penser aux outils qui peuvent accompagner son utilisation tels que des livrets de présentation, une plateforme interactive ou encore des vidéos tutorielles - autant d'outils mentionnés par les professionnelles ayant participé à notre workshop. C'est notamment pour cette raison que nous avons créé le *Booklet* qui accompagne la lecture de ce chapitre, ainsi qu'un site internet répertoriant une vidéo d'explication, ainsi que toutes les explications du projet⁵.

- **Smartphones en maternelle.**

L'application de CoMo•education s'appuie sur des smartphones, ce qui peut faire l'objet de controverses en école maternelle. Nous pouvons discuter de ce choix en considérant différents aspects. Tout d'abord, comme nous l'avons mentionné à plusieurs reprises, nous n'utilisons pas l'écran, et favorisons les activités corporelles, multisensorielles et collectives. Par conséquent, l'objectif de notre application est précisément d'éviter les écueils qui sont généralement associés à l'utilisation des interfaces à écran et notamment des smartphones (cf. chapitre 2).

De plus, les enseignants nous ont confirmé lors des entretiens que de tels outils numériques pouvaient être introduits « en douceur » à l'école, puisqu'ils sont déjà présents dans l'environnement quotidien des enfants. La mise en place d'un processus de co-conception, impliquant l'ensemble des acteurs et actrices de la

⁵ <https://www.marionvoillot.com/accueil>

petite enfance dès la phase d'idéation, crée ainsi un espace d'échange éloignant les craintes et idées reçues. Le fait de pouvoir utiliser son propre smartphone, ce qui ne demande pas de matériel supplémentaire, a été valorisé par une enseignante lors du workshop. Enfin la médiatrice numérique a mis en avant le fait de pouvoir déconstruire la fascination que peuvent avoir les jeunes enfants face à cet outil, en leur permettant de raconter et de créer leurs propres histoires, en manipulant eux-mêmes le système interactif.

Il serait également possible de concevoir des alternatives à l'utilisation des smartphones, se présentant sous la forme d'objets dotés à la fois de capteurs de mouvement, de batteries et de haut-parleurs. Cela nécessiterait la mise en œuvre d'un nouveau processus de co-conception afin d'envisager la création de nouveaux outils adaptés aux besoins des enfants et des professionnel·les qui l'entourent.

- **Création d'histoires par les professionnel·les de petite enfance.**

L'objectif de l'application à long terme est bel et bien que l'application puisse être appropriée par tout·e enseignant·e ou professionnel·le de petite enfance. Ainsi, nous avons pu tester lors du workshop la capacité de ces professionnelles à créer leurs propres histoires interactives. Il en est ressorti un intérêt pédagogique certain, quel que soit le domaine d'expertise des participantes qui ont listé une liste d'avantages liés au développement de récits narratifs à la fois en mouvement, sonores et collaboratifs. Cependant des points faibles dans l'utilisation autonome des professionnel·les ont été mentionnés tels que la difficulté à reproduire ou à créer un geste sonore adapté à l'utilisation de CoMo•education ou encore le manque de flexibilité de l'application. Nous avons listés dans le **Tableau 5**, chacun des points forts mentionnés lors du workshop, ainsi que les points faibles en proposant des pistes d'améliorations ainsi que les solutions que nous avons mises en œuvre pour y remédier. Ces solutions proposées prennent la forme d'un livret explicatif (à l'image du *Booklet* qui accompagne ce chapitre) ainsi que de l'ajout de fonctionnalités à l'application existante (revenir en arrière, ajouter ses propres sons, modification de l'interface entre autres).

Tableau 5 : L'application CoMo•education - Points forts / Points faibles, pistes d'amélioration et solution actuellement proposée pour y remédier.

Points forts	Point faibles	Piste d'amélioration	Solution proposée
Mise en mouvement des corps	Difficulté à reproduire le bon geste sonore	Créer des supports d'explication des gestes (papier ou vidéo)	Explication de chaque geste dans le <i>Booklet</i> + notation du mouvement (création du projet Nota•CoMo)
Utilisation du smartphone : outil du quotidien	Entretenir une fascination face à l'outil numérique	Permettre aux enfants de créer et raconter leurs propres histoires	L'application a été pensée de manière simple et intuitive afin qu'un enfant puisse l'utiliser, avec l'aide d'un adulte
Développement de la créativité (sonore et gestuelle)	Difficulté à créer des nouveaux gestes sonores	Lister les éléments essentiels à la création d'un geste sonore	Guide d'explication de création d'un geste sonore (pp. 112 du <i>Booklet</i>)
Possibilité de créer sa propre histoire interactive	Pas assez de flexibilité dans le processus de création d'une histoire	Pouvoir revenir en arrière à tout moment	Possibilité de revenir en arrière à tout moment
Bibliothèque de sons relativement fournie	Difficulté à choisir ses propres sons	Ajouter ses propres sons en fonction de ses besoins	Ajout de nouveaux sons possible sur l'application via l'ordinateur de contrôle
Facilité d'utilisation de l'application sur smartphone	Utilisation autonome incertaine	Créer des supports d'utilisation (papier ou vidéo)	Création d'un <i>Booklet</i> explicatif et d'une plateforme

_L'une des difficultés rencontrées au cours de ce projet a été l'explication et la création de gestes sonores, à un public non-expert en interaction humain-machine. Les professionnelles interrogées au cours de nos expérimentations ont souvent mentionnés la difficulté à comprendre ce qu'était un geste sonore, à pouvoir l'expliquer à leurs élèves et à les reproduire lorsqu'une narration interactive avait déjà été créé. En somme, il nous fallait rendre concret (tangibile, manipulable), un concept abstrait (le geste sonore). C'est pour cela que nous avons créé le projet Nota-CoMo qui fait l'objet de cette deuxième partie du Chapitre 5.

2/2 • Nota•CoMo, un système de notation du geste sonore pour CoMo•education.

L'application de CoMo•education permet de sonoriser des gestes - une notion qui peut paraître particulièrement abstraite au plus grand nombre, et notamment aux jeunes enfants. Le développement du tout-petit d'âge préscolaire est multiple mais surtout lié à la prise de conscience du corps, premier médium d'interaction avec le monde (Bullinger, 2004). Ainsi l'école maternelle constitue-t-elle un lieu privilégié pour le développement de la motricité globale puis fine, menant à l'apprentissage de l'écriture - vecteur essentiel pour la suite des apprentissages.

Avant l'écriture, le dessin constitue un moyen d'expression privilégié par le jeune enfant qui imite aussi bien son environnement, que ne fait appel à son imaginaire pour créer et (se) représenter le monde. Les activités graphiques se multiplient à la maternelle, de la peinture au découpage en passant par le dessin au crayon, à la craie ou au feutre (**Chapitre 1**).

Petite aparté - alors que le confinement battait son plein, et que l'impossibilité de retourner sur le terrain en école maternelle, se faisait ressentir, je me suis questionnée sur la manière de pouvoir donner plus de matière au projet de CoMo•education, de lui donner une forme graphique et d'ainsi représenter concrètement ces gestes sonores qui composent une narration interactive. C'est alors que l'idée d'un langage graphique adapté au projet et plus précisément aux gestes permis par l'application est apparue comme une évidence.

Au même moment, se lançait le cycle de conférences initié par Julien Prévieux à la Gaîté Lyrique et intitulé « Et bien dansez maintenant »⁶. Ce cycle de conférences reprenaient les principes mêmes qui m'ont conduites à la création de CoMo•education : la relation du corps en mouvement aux technologies du numérique. J'ai alors pu découvrir le travail de Camille Trimardeau, design graphique, sur la notation du mouvement gymnique⁷. S'en est suivie une collaboration de deux ans, durant laquelle Camille Trimardeau et moi, avons conçu le projet de Nota•CoMo, un système de notation du mouvement spécialement conçu pour les gestes sonores créés à partir de CoMo•education.

⁶ <https://gaite-lyrique.net/en/cycle/et-bien-dansez-maintenant>

⁷ <https://gaite-lyrique.net/plein-ecran/contenu/le-corps-statistique>

Le projet Nota•CoMo vient répondre à trois enjeux majeurs du projet CoMo-education. Premièrement, il s'agit de donner de la matérialité à une représentation abstraite du mouvement que peut constituer sa sonorisation. Ensuite, il s'agit de pouvoir transmettre les gestes d'une histoire interactive d'un-e utilisateur-trice à un-e autre (surtout entre enseignant-es). Enfin l'enjeu de Nota•CoMo, tout comme de CoMo•education est de pouvoir encapaciter les utilisateur-trices à créer leurs propres histoires interactives, la notation du mouvement peut en devenir un outil parmi d'autres d'aide à la création d'histoires et notamment à la création des gestes sonores qui animent l'histoire.

Dans les paragraphes suivants, je m'attarderai dans un premier temps à citer les inspirations multiples, sous forme d'un état de l'art, qui ont constitué la base de références du projet Nota•CoMo puis je m'attarderai à expliciter.

5.6. État de l'art pour Nota•CoMo.

L'état de l'art du projet Nota•CoMo prend racine dans différentes disciplines artistiques : la danse en premier lieu, puis la photographie et enfin la pédagogie.

• *La lecture de l'état de l'art s'accompagne de quelques planches d'illustrations présentées en Annexe 2.*

- **Notation de la danse.**

La notation du mouvement en danse est une histoire relativement ancienne. Dès le Moyen-Âge, et à peu près au même moment que la notation musicale, le mouvement dansé fait l'objet de travaux qui aboutissent même à la création d'ouvrages sur le sujet dès le 15^e siècle autour notamment de la notation de la « basse danse ». Puis s'ensuit la création du premier langage systématique : « le système Feuillet » créé par Raoul-Auger Feuillet (1659-1710) au 17^e siècle. Ce système est intéressant puisqu'il introduit des codes à la notation du mouvement dansé : on y retrouve l'espace (la salle de danse) représenté par la feuille, sur laquelle sont notés des « chemins » (trajets parcourus) ponctués de « signes » (figures ou actions).

Mais c'est surtout au 20^e siècle que le premier langage ayant l'ambition d'être « universel », est créé par Rudolf Laban (1879-1958), danseur et chorégraphe et théoricien de la danse moderne d'origine hongroise. Le « système Laban » publié en 1928, se construit autour de quatre questions :

- Que se passe-t-il ?
- Quand cela se produit-il ?
- Combien de temps cela dure-t-il ?
- Quelle personne ou quelle partie du corps exécute ce mouvement ?

Quelques années plus tard, le « système Benesh » voit le jour, du nom de son créateur, le mathématicien et danseur, Rudolf Benesh (1916-1975). Reprenant le système de la partition musicale, la notation Benesh s'organise sur cinq lignes qui représentent les différents niveaux du corps, avec des symboles représentant les parties. Ce système de notation est toujours utilisé par le célèbre danseur et chorégraphe contemporain français Angelin Preljocaj (1957-).

Parallèlement, d'autres figures de l'art contemporain se sont intéressées à la représentation de la danse au cours du 20^e siècle, tel que le peintre d'origine russe, Vassily Kandinsky, figure emblématique du Bauhaus. Dans sa série *Dance curves : On the dances of Palucca*, créée en 1926, Kandinsky dévoile une notation du mouvement composée de mouvements géométriques (lignes, demi-cercles, angles droits ou arrondis) qui reprennent alors le vocabulaire formel de son célèbre ouvrage *Point et ligne sur plan* (1926).

En danse contemporaine, les danseur·se et chorégraphes Anne Teresa de Keersmaecker (1960-) et William Forsythe (1949-) se sont également intéressé·es à la notation de la danse en s'appuyant sur des formes géométriques. Pour Keersmaecker, cela prend la forme de rosaces retraçant les chemins des danseurs et les rotations du corps dans l'espace. Pour Forsythe, il s'agit de s'appuyer sur les techniques de captation et de montage vidéo pour retracer les lignes et formes que trace le corps dans l'espace à l'image du projet *Lectures from Improvisation Technologies* (2011). On y retrouve alors des inspirations issues de la photographie.

- **Photographie du mouvement.**

En photographie, la représentation du corps en mouvement trouve ses origines dans les travaux d'Etienne-Jules Marey, médecin et physiologiste français et Eadweard Muybridge, photographe britannique (tous deux, 1830-1904). Leurs travaux s'appuient sur la technique de la chronophotographie qui consiste à associer des instantanés photographiques pour décomposer le mouvement des animaux et être humains. Utilisés à des fins artistiques ou scientifiques, il s'agit de donner à voir les mécanismes corporels des êtres vivants.

Parallèlement, une technique photographique légèrement plus récente est celle du « *light painting* », une technique visuelle de prise de vue fondée sur la captation de la lumière. Il s'agit ainsi de fixer temporellement et spatialement la lumière, comme pour la représentation de manière graphique. Les travaux du photographe américain Man Ray (1860-1976) sont les premiers témoignages de l'utilisation de technique du *light painting*, à travers une série publiée en 1937. Quelques années plus tard, le peintre espagnol Pablo Picasso s'associera au photographe albanais Gjon Mili (1904-1984) pour publier une série de photographies représentant des dessins « crayonnés en l'air ».

- **Matériel pédagogique pour la graphie.**

D'un point de vue plus pédagogique, le développement de la motricité fine chez l'enfant a fait l'objet de nombreux travaux de recherche liés à la conception d'un matériel adapté aux jeunes enfants. Dès le 19^e siècle, le pédagogue allemand Friedrich Froebel (1752-1852) crée la mallette dit des « 13 dons » (*Gifts*) qui permet à l'enfant de manipuler des formes géométriques pour appréhender le système de l'écriture. Celle mallette est composée de solides, balles, cubes, de perles et de lacets ou encore de pions que l'enfant peut manipuler et assembler à sa guise.

Quelques années plus tard, la pédagogue italienne Maria Montessori (1870-1952) s'inspirera des travaux des pédagogues français Jean Itard et Édouard Séguin pour développer un matériel pédagogique adapté à l'apprentissage du langage à travers la compréhension de la graphie des lettres à travers la manipulation de lettres rugueuses ou d'alphabet mobiles.

Bien plus récemment, puisant ses inspirations chez Froebel et Montessori entre autres, le travail de thèse d'Éloïsa Pérez porte sur l'apprentissage de la graphie chez les enfants de maternelle. La designer-chercheuse a donc créé des alphabets mobiles, ainsi qu'une série de normographes reprenant les formes géométriques qui composent les lettres capitales et cursives (demi-cercles, rond, boucles, vagues, etc.) permettant aux enfants d'être guidés dans leurs représentations graphiques. La chercheuse a également développé des exercices graphiques sur tablette, en dématérialisant les supports graphiques et sollicitant l'utilisation des doigts pour dessiner les lettres.

Enfin durant le confinement dû à la pandémie de Covid-19, en 2020, les studios de création Atelier Baudelaire et Bold Design se sont associés pour créer des supports graphiques adaptés aux tout-petits entièrement réalisables à l'aide

d'imprimantes 3D. Le projet intitulé « Jeu(x) de mots » se compose également de normographes et de formes géométriques permettant d'apprendre à dessiner les lettres de l'alphabet.

À ces références, nous pouvons bien évidemment ajouter deux autres représentations corporelles mythiques : celle de Léonard de Vinci intitulé « L'homme de Vitruve » qui représente le corps de manière géométrique au sein d'un cercle ; et celle de Le Corbusier nommée « Le Modulor », véritable support pour dessiner de manière proportionnelle et proportionné ce que l'architecte suisse nomme les « machines à habiter » telle que la *Cité Radieuse* à Marseille.

C'est en associant des travaux de recherche en danse, photographie et pédagogie, liant des pratiques scientifiques et créatives que nous avons développé le projet Nota•CoMo, en reprenant le processus itératif de conception explicité en début de deuxième partie.

5.7. Système de notation.

Notre système de notation Nota•CoMo s'appuie sur une bibliothèque de gestes que nous avons préalablement définie au cours du processus de recherche et développement de l'application CoMo•education. Nous savons en effet que la réalisation de ces gestes permet de produire les sons attendus et qu'ils peuvent être associés au sein d'une même histoire interactive.

Dans les prochains paragraphes, nous expliciterons le processus itératif mis en place pour la création du système de notation Nota•CoMo, que nous expliciterons par la suite.

5.7.1. Processus itératif.

Nota•CoMo a fait l'objet d'un processus itératif en trois parties : en premier lieu, nous avons défini un cahier des charges, c'est-à-dire une liste des éléments que nous souhaitons représenter dans notre notation ; puis nous avons réalisé une première version de notre système de notation (V1) grâce à une série de photographies en « *light painting* » ce qui nous a permis de créer un premier système que nous avons testé avec un groupe d'expert-es en interaction humain-machine (IHM) ; de leurs retours est né la version finale (V2) de Nota•CoMo que nous vous présentons aujourd'hui, ainsi que l'ensemble des supports pédagogiques (*Booklet*, normographes, cartes de gestes et de sons) [Figure 12].

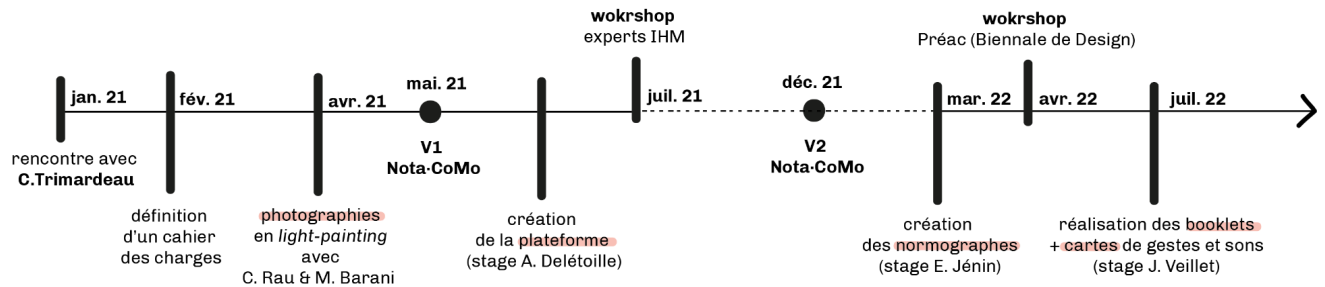


Figure 12 : Dérouté chronologique du projet Nota-CoMo entre janvier 2021 et juillet 2022 - en collaboration Camille Trimardeau.

- **Cahier des charges**

Inspirées par les travaux concernant la notation du mouvement en danse, nous avons listé une série d'éléments que nous souhaitons prendre en compte et représenter dans notre système de notation du mouvement :

- **Le corps dans son ensemble** - bien que le mouvement capté par CoMo-education soit uniquement celui du smartphone et donc de la main et du bras qui le portent, nous pensons que la réalisation d'un geste nécessite la mobilisation du corps dans son ensemble ;
- **La position du corps dans l'espace** - dès le début de nos recherches, nous nous sommes aperçus que nous ne pouvions pas représenter de face et en miroir tous les gestes de notre notation, certains se lisaient mieux de profil et d'autres de haut.
- **La position de la main** - en s'appuyant sur les capteurs du smartphone (accéléromètre et gyroscope), il est essentiel de prendre en compte de manière précise la position de la main. Ainsi, c'est elle qui guide la suite du mouvement et permet de réaliser correctement le son associé.
- **La trajectoire du mouvement** - le mouvement dessine une trace dans l'espace que l'on appelle aussi trajectoire qui devait absolument être représenté dans notre système de notation.

- **Série de photographies en *light-painting*.**

À la suite de l'élaboration de ce cahier des charges, nous avons commencé à dessiner un premier système de notation du mouvement. Nous nous sommes très vite aperçus que les mouvements (issus de notre bibliothèque de gestes) dessinaient des formes géométriques dans l'espace. Inspirés par les travaux de Man Ray et de Pablo Picasso et Gjon Mili, nous avons fait appel à la danseuse et chorégraphe

Camille Rau, et au photographe Matthieu Barani pour réaliser une série de photographies

De cette série, en est ressorti le dessin des mouvements dans l'espace des 18 gestes issus de notre bibliothèque de gestes de départ. Des similitudes et des différences ont pu apparaître dans la représentation photographique de ces gestes ce qui nous a permis d'aboutir à une première version de notre système de notation.

[Figure 13].

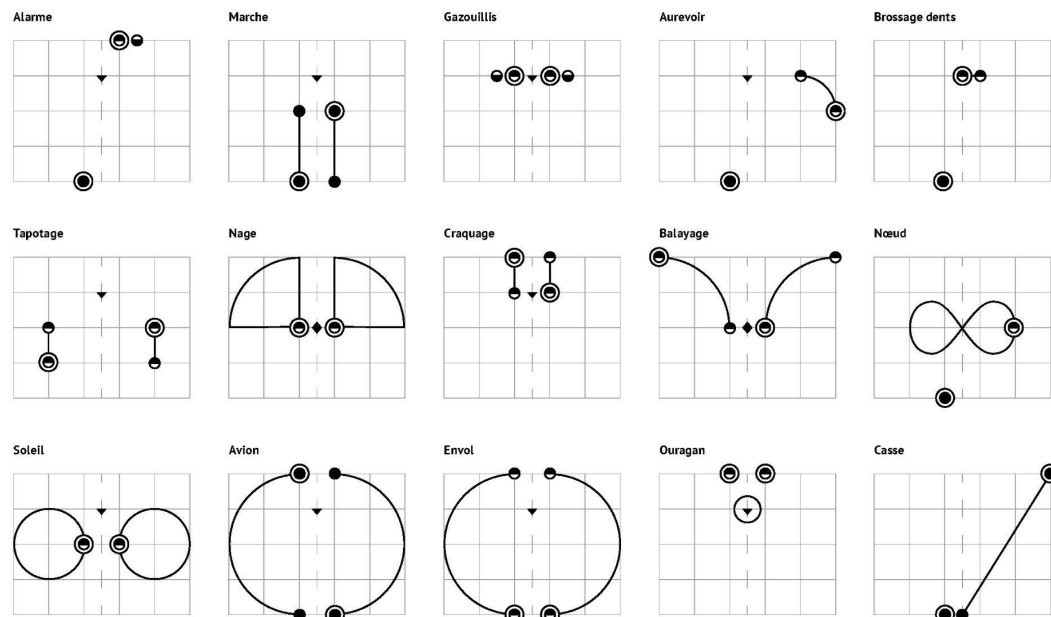


Figure 13 : Première version (V1) de notation des gestes sonores de CoMo•éducation à partir de Nota•CoMo.

• Workshop avec les expert•es en IHM

Nous avons ensuite testé cette première version de Nota•CoMo lors d'un workshop réunissant praticien•nes et/ou chercheur•es en danse et en interaction humain-machine spécialisé dans les technologies autour du mouvement.

Les retours de ce workshop ont permis d'enrichir le cahier des charges en ajoutant les éléments suivants :

- **La vue** (de profil, de face, de haut) de la position du corps dans l'espace doit faire partie intégrante du système de notation.
- **L'intensité du mouvement** (rapide ou lente) doit s'ajouter à la représentation même de la trajectoire.
- **Les différentes lignes du corps**, de la main en l'air jusqu'aux pieds, s'intègre dans une grille.

- Les points de départ et d'arrivée du mouvement doivent être indiqués graphiquement.

Tous ces éléments ont été inclus dans la version actuellement de Nota•CoMo que nous pouvons désormais introduire en détail.

5.7.2. Version actuelle de Nota•CoMo

La version actuellement du projet Nota•CoMo prend la forme d'un système de notation du mouvement composé des éléments suivants :

- **Une grille** - qui représente les différents niveaux du corps dans l'espace.
- **D'un rond central** - représentant la tête et ainsi la position du corps dans l'espace et la vue associée choisie (de profil, de face et de haut).
- **De rectangles** - représentant les positions de deux mains dans l'espace (et donc du smartphone) ainsi que les points de départ (double rectangle) et d'arrivée du mouvement (simple rectangle).
- **De traits continus ou pointillés** - représentant la trajectoire et l'intensité du mouvement.

Nous avons ainsi représenté, à l'aide de système de notation, les 18 mouvements de notre dictionnaire de gestes.

BOOKLET • Pour consulter la représentation des 18 gestes de notre dictionnaire, veuillez vous rendre à la page 69 (et suivantes).

Le système de notation du mouvement de Nota•CoMo a été enrichi des supports pédagogiques suivants :

- Des cartes de gestes figuratives (à partir de dessins de personnages en mouvement) ;
- Des cartes de gestes dessinés à partir de Nota-CoMo en transparence (qui peuvent se superposer aux cartes de gestes figuratives) ;
- Ainsi que d'une grille et de normographe⁸, aidant l'utilisateur·trice dans ses tracés de gestes dessinés à partir de Nota•CoMo **[Figure 12]**.

-

BOOKLET • Les cartes sont présentées en page 52 et les normographe en page 108.

⁸ Un normographe est une « Plaquette de matière plastique transparente, traversée par des fentes en forme de lettres, de chiffres ou de figures symboliques et dans lesquelles on déplace un instrument servant à effectuer le tracé correspondant sur le support où on la maintient appliquée. » (Larousse)

Cette version (V2) a été testé lors d'un atelier destiné aux professionnel·les de l'Éducation artistique et culturelle organisé lors de la Biennale de Design de Saint-Étienne en avril 2022 [Figure 14].



Figure 14 : Les normographe permettent d'aider à tracer les différents gestes dessinés à partir du système de notation du mouvement - Nota-CoMo (photo prise lors du stage Préac, Biennale de design de Saint-Étienne)

5.8. Perspectives d'utilisation de Nota•CoMo.

Les perspectives d'utilisation de Nota•CoMo sont doubles : il s'agit à la fois d'un outil d'aide à la compréhension, la création et à la documentation des gestes sonores d'une histoire interactive, ainsi qu'un support d'atelier d'initiation à la graphie, à partir de l'application CoMo•education [Figure 15].

- **Outils d'aide à la documentation/création d'histoires interactives.**

Lors de notre premier workshop autour de l'application CoMo•education, certaines professionnelles ont mentionné le fait que la reproduction d'un geste sonore (préalablement enregistré) ou bien sa création (lors de la création d'une nouvelle histoire interactive) soit relativement compliquée à réaliser.

Ainsi, nous espérons que la notation du mouvement pourrait être une aide à la compréhension d'un geste sonore - si l'on suit chaque éléments de notre système de notation, le geste devrait normalement être reproduit correctement. De plus, chacun des éléments de la notation constitue une étape dans la création d'un geste sonore. Ainsi, Nota•CoMo pourrait être un outil de création des gestes sonores

d'une histoire interactive. Enfin il s'agit d'un outil de documentation des gestes sonores produits à partir de CoMo•education, afin de laisser une trace tangible lorsqu'une narration interactive est transmise d'un-e utilisateur-trice à un-e autre.

- **Support d'initiation à la graphie.**

Lors des différents tests qui ont eu lieu en école maternelle durant notre processus itératif de conception, nous avons remarqué la difficulté pour certain-es enseignant-es à percevoir le potentiel pédagogique d'un geste sonore. Par conséquent, l'explication auprès des enfants du projet de CoMo•education s'est avérée particulièrement complexe. Nous avons donc choisi de dessiner ces gestes sonores afin de leur donner une forme tangible.

Nous pourrions très bien imaginer organiser des ateliers avec les tout-petits dans lesquels nous dessinons les gestes sonores d'une histoire interactive à l'aide de divers supports : rouleaux de peinture, craies, crayons ou feutres, à échelle humaine. À l'image du *light-painting*, les tracés des sons prendraient forme de manière graphique et colorée et pourrait servir de guide et de compréhension des gestes sonores lors d'une narration interactive conté à partir de CoMo•education. Il s'agit donc aussi bien d'un atelier d'initiation à la graphie que d'un atelier d'initiation au « design sonore ».

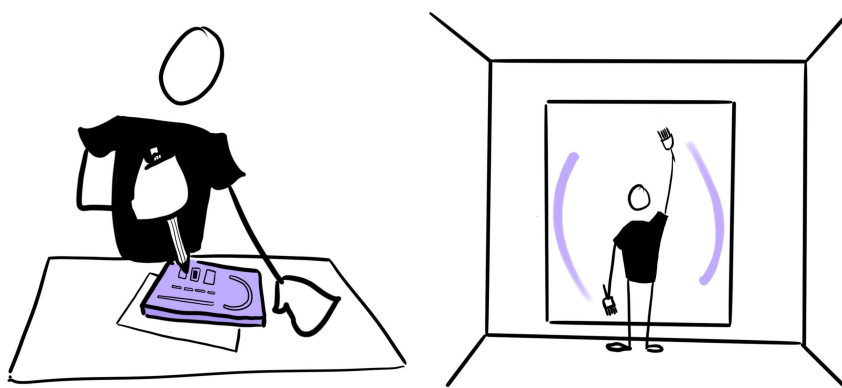


Figure 15 : Nota•CoMo - un outil de documentation d'une histoire interactive (à gauche) et d'initiation à la graphie (à droite), à partir de l'utilisation de l'application CoMo•education.

5.9. Discussion.

Dans ce chapitre, nous avons présenté CoMo•education, un application ludique et pédagogique de narration numérique, à la fois sonore et en mouvement, issue d'un processus de co-conception réalisé en collaboration avec des expertes de la petite enfance ; ainsi que Nota•CoMo, un système de notation du mouvement, également outil pédagogique pour la compréhension d'un geste sonore.

5.9.1. CoMo•education.

L'application est aujourd'hui prête à être déployée, testée et évaluée dans un grand nombre de classes car nous pensons qu'elle répond aux attentes et aux objectifs de l'école maternelle à l'ère numérique. Nous souhaitons également étudier plus avant le fait qu'un tel outil numérique puisse promouvoir des changements dans les pratiques de terrain, comme cela a été rapporté par les enseignant-es et praticien-nes engagé-es dans nos expérimentations. Nous pensons que les outils numériques peuvent être considérés comme un moyen d'équiper les professionnel-les de l'éducation à la petite enfance, tout en remettant en question et en stimulant différentes méthodes d'apprentissage (même sans usage du numérique).

Les différentes expérimentations menées avec les futur-es utilisateur-trices du dispositif de CoMo•education, jeunes enfants et professionnel-les de l'éducation à la petite enfance ouvrent la voie vers de nouvelles questions de recherche. En particulier, notre système interactif soulève des questions sur la coordination corporelle ainsi que sur la mémorisation que nous espérons aborder par le biais de collaborations avec des chercheur-es spécialisé-es sur le développement de la petite enfance et des praticien-nes de terrain. À cet égard, CoMo.education peut également se développer en tant que plateforme générique à la fois pour la recherche appliquée (sur le terrain de l'école maternelle) et pour la recherche fondamentale (sur le développement et l'éducation des jeunes enfants).

5.9.2. Nota•CoMo.

Concernant le projet Nota•CoMo, le système de notation du mouvement est aujourd'hui finalisé et appropriable par des chercheur-es ou des praticien-nes qui interrogent la question du mouvement et des interactions humain-machine, ou encore le développement moteur du jeune enfant à l'ère numérique. En effet, Nota•CoMo est un outil de représentation et de documentation de gestes sonores, autant qu'un support pédagogique d'initiation à la graphie. Si ce système de notation

du mouvement s'appuie aujourd'hui sur les gestes sonores créés à partir de CoMo•education, il est également transposable à d'autres applications et outils numériques qui permettent de supporter les interactions humain-machine en mouvement.

5.9.3. Documenter pour circuler.

Au cours des processus de conception de chacun de ces dispositifs - CoMo•education et Nota•CoMo, nous avons documenté chaque étape, de l'idéation à la mise en œuvre sur le terrain. Nous avons ainsi réalisé l'importance de créer des outils numériques au contenu ouvert et personnalisable. Les différents supports pédagogiques qui accompagnent ces projets (booklet, normographes et jeux de cartes) ouvrent de nouvelles possibilités d'usage dès la petite enfance. Il s'agit non seulement de pouvoir créer ses propres histoires, et d'y associer ses propres gestes et sons, mais également de faire évoluer notre perception du (corps en) mouvement face aux outils numériques. Dans ces conditions, l'outil numérique devient un support de créativité pour les enseignant-es et leurs élèves.

Enfin, bien que les dispositifs de CoMo.education et Nota•CoMo aient été conçus dans le contexte éducatif français, nous pensons qu'il pourrait être exporté à l'étranger et dans d'autres domaines d'application. Grâce à leurs propriétés adaptatives et multimodales (geste-son /écriture, jeu), ils pourraient être utilisés dans différents contextes (rééducation, médiation numérique, ateliers périscolaires), pour des enfants de tous les milieux socio-économiques, ou en situation de handicap - autant de pistes qu'il reste aujourd'hui à étudier.

Le projet CoMo•education a fait l'objet de plusieurs démonstrations qui ont pu aussi être récompensés dans le contexte du design sonore :

- Nous avons organisé une série de performance autour de l'utilisation de l'application de la **Nuit Blanche 2019**, avec la narration originale de la « Géante Endormie » co-créé avec la designer Zoé Aegerter et l'équipe Interaction Son Musique Mouvement de l'IRCAM en octobre 2019 ;
- La narration interactive de la « Géante Endormie » a été récompensée du Prix « Vie & Société » de la première édition de la **Biennale de Design Sonore** du Mans en 2019 ;
- Le dispositif de CoMo•education a été présenté lors de la journée d'étude « **Le Mans Sonore** » de la Biennale de Design sonore du Mans en janvier 2022 ;

- Nous avons organisé une journée d'atelier autour de CoMo•education et Nota•CoMo dédiée aux professionnel·les de l'éducation artistique et culturelle (**Stage Préac**) lors de la Biennale de Design de Saint-Étienne en avril 2022 ;
- Enfin, nous avons présenté le projet Nota•CoMo au workshop **CHI-Art** organisé lors de la conférence CHI 2022 (Conference on Human Factors in Computing Systems) en juin 2022.

_Alors qu'avec le dispositif de CoMo•education, nous avons évoqué les interactions sonores et en mouvement, qui convoquent les codes de l'interaction tangible (multisensorialité, autonomie, retour immédiat, collaboration et entraide etc.), nous allons maintenant présenter le projet de *learning matters*, véritables interfaces tangibles (physiques et manipulables) pour un éveil des tout-petits à l'électronique.

Bibliographie.

- Adolph, K. E., & Robinson, S. R. (2015). Motor development
- Adolph, K. E., & Hoch, J. E. (2019). Motor development: Embodied, embedded, enculturated, and enabling. *Annual review of psychology*, 70, 141.
- Akiyama, Y., & Oore, S. (2008, April). PlaceAndPlay: a digital tool for children to create and record music. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 735-738)
- Antle, A. N. (2013). Research opportunities: Embodied child-computer interaction. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 1(1), 30-36.
- Bullinger, A. (2004). Le développement sensori-moteur de l'enfant. Un parcours de recherche, Toulouse, érès, coll. « La vie de l'enfant ».
- Cassell, J., & Ryokai, K. (2001). Making space for voice: Technologies to support children's fantasy and storytelling. *Personal and ubiquitous computing*, 5(3), 169-190
- Cibrian, F. L., Peña, O., Ortega, D., & Tentori, M. (2017). BendableSound: An elastic multisensory surface using touch-based interactions to assist children with severe autism during music therapy. *International Journal of Human-Computer Studies*, 107, 22-37.
- Core, C., Conci, A., Angeli, A. D., Masu, R., & Morreale, F. (2017). Designing a musical playground in the kindergarten. *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2017)*, 1-12.
- Corbetta, D., DiMercurio, A., Wiener, R. F., Connell, J. P., & Clark, M. (2018). How perception and action fosters exploration and selection in infant skill acquisition. *Advances in child development and behavior*, 55, 1-29.
- Dewey, J. (2018). Démocratie et éducation: suivi de Expérience et Éducation. Armand Colin.
- Fekonja-Peklaj, U., Marjanovič-Umek, L., & Kranjc, S. (2010). Children's storytelling: The effect of preschool and family environment. *European Early Childhood Education Research Journal*, 18(1), 55-73.
- Françoise, J., & Bevilacqua, F. (2018). Motion-sound mapping through interaction: An approach to user-centered design of auditory feedback using machine learning. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS)*, 8(2), 1-30
- Goldin-Meadow, S., & Beilock, S. L. (2010). Action's influence on thought: The case of gesture. *Perspectives on psychological science*, 5(6), 664-674.
- Iani, F. (2019). Embodied memories: Reviewing the role of the body in memory processes. *Psychonomic bulletin & review*, 26(6), 1747-1766
- Ioannou, M., & Ioannou, A. (2020). Technology-enhanced embodied learning. *Educational Technology & Society*, 23(3), 81-94.
- Isbell, R., Sobol, J., Lindauer, L., & Lowrance, A. (2004). The effects of storytelling and story reading on the oral language complexity and story comprehension of young children. *Early childhood education journal*, 32(3), 157-163
- 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)
- Matuszewski, B. (2019, December). Soundworks-a framework for networked music systems on the web-state of affairs and new developments. In *Proceedings of the Web Audio Conference (WAC) 2019*.
- Matuszewski, B. (2020). A Web-Based Framework for Distributed Music System Research and Creation. *Journal of the Audio Engineering Society*, 68(10), 717-726

- Maureen, I. Y., van der Meij, H., & de Jong, T. (2018). Supporting literacy and digital literacy development in early childhood education using storytelling activities. *International Journal of Early Childhood*, 50(3), 371-389
- Montessori, M., & Bernard, G. (1958/2016). *La découverte de l'enfant: Pédagogie scientifique (Vol. 1)*. Desclée De Brouwer.
- Papadimitriou, E., Kapaniaris, A., Zisiadis, D., & Kalogirou, E. (2013). Digital storytelling in Kindergarten: An Alternative tool in children's way of expression. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(11), 389-389
- Piaget, J. (1926/2018). *La représentation du monde chez l'enfant*. Presses universitaires de France
- Ponticorvo, M., Fuccio, R. D., Ferrara, F., Rega, A., & Miglino, O. (2018, June). Multisensory educational materials: five senses to learn. In *International Conference in Methodologies and intelligent Systems for Technology Enhanced Learning* (pp. 45-52). Springer, Cham
- Resnick, M., Myers, B., Nakakoji, K., Shneiderman, B., Pausch, R., Selker, T., & Eisenberg, M. (2005). Design principles for tools to support creative thinking.
- Rizzo, A., Marti, P., Decortis, F., Rutgers, J., & Thursfield, P. (2003). Building narrative experiences for children through real time media manipulation: POGO World. In *Funology* (pp. 189-199). Springer, Dordrecht.
- Sá, G., Sylla, C., Martins, V., Caruso, A., & Menegazzi, D. (2019). Multiculturalism and Creativity in Storytelling-Visual Development of a Digital Manipulative for Young Children. In *Proceedings of the 2019 on Creativity and Cognition* (pp. 369-381).
- Savary, M., Schwarz, D., Pellerin, D., Massin, F., Jacquemin, C., & Cahen, R. (2013). Dirty tangible interfaces: expressive control of computers with true grit. In *CHI'13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2991-2994)
- Sylla, C., Coutinho, C., Branco, P., & Müller, W. (2015). Investigating the use of digital manipulatives for storytelling in pre-school. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 6, 39-48
- Tomitsch, M., Grechenig, T., Kappel, K., & Költringer, T. (2006, June). Experiences from designing a tangible musical toy for children. In *Proceedings of the 2006 conference on Interaction design and children* (pp. 169-170)
- Vygotsky, L. S. (1978). *Le rôle du jeu dans le développement de l'enfant*. Mind in society.
- Winnicott, D. W. (1975). *Jeu et réalité*. Éditions Gallimard. Paris.
- Young, S. (2018). *Critical new perspectives in early childhood music: Young children engaging and learning through music*. Routledge
- Young, S. (2013). *Music 3-5*. Routledge
- Yuksel-Arslan, P., Yildirim, S., & Robin, B. R. (2016). A phenomenological study: teachers' experiences of using digital storytelling in early childhood education. *Educational Studies*, 42(5), 427-445.
- Zeece, P. D. (1997). Bringing Books to Life: Literature-Based Storytelling. *Early Childhood Education Journal*, 25(1), 39-43.
- 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).

État de l'art • La narration numérique

1•



2•



- 1• POGO
- 2• StoryMat
- 3• TOK

3•



État de l'art • Interfaces musicales et sonores

1 • Sound Explorer, OVAOM



2 • DIRTI, User Studio x IRCAM





Chapitre 6

learning matters

– des matières
à apprendre en textile
connecté.

Note à la lecture • La lecture de ce chapitre s'accompagne d'un kit de notices de fabrication du dispositif de *learning matters*. Une vidéo de présentation du projet est disponible au lien suivant : <https://vimeo.com/522873074>.

Le projet *learning matters* a été créé en collaboration avec la designer, Claire Eliot au sein du *Motion Lab* du Learning Planet Institute, dirigé par Joël Chevrier.

•

Ce chapitre est également inspiré d'un article intitulé « Toucher pour apprendre. Learning matters, l'association du textile et de l'électronique » publié dans l'ouvrage *CORPS-PRENDRE* issu d'un cycle de recherche organisé par Strate Research en 2021.¹

¹ <https://strateresearch.com/2021/05/25/retour-sur-la-seance-corps-prendre-4/>

Alors que les écrans se multiplient dans la vie des jeunes enfants, les interfaces tangibles pour enfant forment un domaine de recherche très dynamique dans le domaine des interactions enfant (humain)-machine (Xu, 2005). Ces interfaces manipulables semblent plus adaptées au développement des tout-petits (avant l'âge de 6 ans), et ceci grâce (i) aux interactions sensori-motrices suscitées, (ii) à l'autonomie permise grâce au processus d'essai-erreur par retour immédiat, et enfin (iii) à leur aspect ludique, devant alors des 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 ». Inspiré à la fois par les traditionnels jeux de construction en électronique (Yu & Roque, 2018), ainsi que par les nouvelles interfaces en textile connectées pour l'enfance (Honauer et. al, 2019), le projet *learning matters* associe textile et électronique pour favoriser l'éveil des tout-petits à l'électronique. Il questionne ainsi l'usage des écrans tactiles, rigides et lisses, par la manipulation de capteurs haptiques en textile connecté [Figure 1].

En effet, les textiles sont des matériaux souples aux propriétés haptiques intrinsèques proches de la sensibilité de la peau, et sont ainsi privilégiés dans la composition des « doudous », objets transitionnels de notre enfance (Winnicott, 2010). Associé à des composants électroniques, le textile devient connecté et ouvre de nouvelles potentialités d'interaction des tout-petits avec le monde numérique qui les entoure (Berzowska, 2019).

Le projet *learning matters* s'inscrit dans un processus de co-conception, en lien avec l'expertise des professionnel·les de la petite enfance et avec les préoccupations de l'école maternelle : *comment éveiller les tout-petits au numérique, et à l'électronique qui fait partie de leur quotidien ?* Au-delà d'être un outil interactif, le dispositif de *learning matters* se développe autour d'un scénario pédagogique pensé pour favoriser le toucher actif du tout-petit dans sa compréhension du monde qui l'entoure. Ainsi, l'idée du dispositif de *learning matters*

est de faire manipuler à des jeunes enfants différentes typologies d'interrupteurs (on/off), objets du quotidien. En effet, les interrupteurs² sont aux fondements mêmes du transport de l'énergie et de l'information par l'électricité, et sont utilisés dans tout outil électrique qu'il soit électronique ou numérique.

Le principe d'interaction du dispositif *learning matters* est relativement simple : il s'agit d'assembler des circuits de traitement de l'information et de l'énergie associant batterie (source d'énergie), capteur (interrupteur en e-textile) et signal (lumineux) afin de transmettre les principes de bases de l'électronique aux jeunes enfants. L'usage du dispositif est inscrit dans un scénario pédagogique incluant un temps d'explication et un temps de discussion avant et après manipulation des éléments (pour assemblage et interaction).

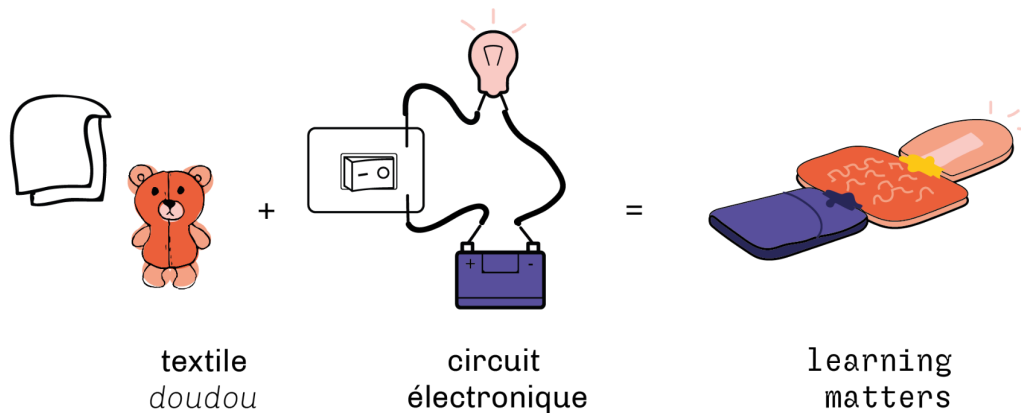


Figure 1 : *learning matters* ou l'association du textile et de l'électronique pour créer des « matières à apprendre »

Dans ce chapitre, nous présenterons dans un premier temps un état de l'art des dispositifs existants associant jeux de construction en électronique et/ou textile connecté pour la petite enfance, puis nous reviendrons sur le processus de conception itératif qui nous a permis d'aboutir à une troisième et dernière version du dispositif de *learning matters* que nous détaillerons. Nous présenterons ensuite notre étude-pilote menée sur deux classes de maternelle et permettant d'interroger la pertinence pédagogique pour l'éveil à l'électronique chez les tout-petits. Enfin nous ouvrirons sur quelques perspectives d'utilisation, afin d'envisager une dissémination du projet à plus grande échelle - ce dernier ayant été entièrement documenté, y compris dans son processus de fabrication afin d'être reproductible de manière ouverte à toutes et tous.

² Le fonctionnement de conducteurs, connecteurs et interrupteurs est aux fondements du transport de l'énergie.

6.1. État de l'art.

L'état de l'art du projet *learning matters* s'appuie sur deux domaines d'application issus des interactions humain-machine pour l'enfance (ou IE(H)M - cf. **Chapitre 4**) : les jeux de construction en électronique et les interfaces en textile connecté (aussi appelé e-textile).

Note à la lecture • La lecture de l'état de l'art s'accompagne de planches d'illustrations insérées dans les pages suivantes.

6.1.1. Les jeux de construction en électronique.

Depuis les débuts des IHM pour l'enfance, les jeux de construction liés à l'apprentissage de l'électronique dominent le paysage de la recherche, à l'image du projet Lego/LOGO (Resnick et. al, 1988) qui allie éducation à l'électronique et à la programmation informatique par la manipulation d'objets physique (que nous avons largement abordé au Chapitre 4, section 4.1.2). Depuis, les projets de recherche appliquée en IHM pour l'enfance prenant la forme de jeux de construction en électronique se sont multipliés - et ce dès le début des années 2000 (comme le démontre une récente revue de la littérature portant sur les kits informatiques dédiés aux enfants de Yu & Roque, 2018).

Il s'agit ainsi de blocs de construction « augmentés » que l'on peut manipuler et assembler afin de créer des circuits interactifs, comme l'illustrent les projets *FlowBlocks* (Zuckerman et. al, 2006) ou *SystemBlocks* (Zuckerman & Resnick, 2003). Les auteurs décrivent ces projets comme des « manipulables » inspirés de la pédagogie Montessori (*Mims* pour « *Montessori-inspired Manipulatives* » en anglais). Les *MiMs* reprennent en effet quelques principes majeurs de la pédagogie Montessori (cf. Chapitre 1) et du matériel associé, à savoir : la manipulation d'objets physiques permettant de traduire des concepts abstraits de manière concrète, en toute autonomie et par un processus d'essai-erreur (Zuckerman et. al, 2005).

Un autre projet majeur dans le domaine des jeux de construction en électronique est le projet *littleBits* (Bdeir, 2009) qui consiste à créer des circuits interactifs en associant différents éléments tel que : une batterie, des capteurs (de lumière, de sons, interrupteur on/off, etc.) et des signaux (vibrateurs, lampe, enceinte, etc.). Ces circuits peuvent également être couplés à un logiciel sur ordinateur afin d'initier les enfants à la programmation dès le plus jeune âge. C'est aussi le cas du projet *Strawbies* qui permet de créer des circuits tangibles (non

électroniques) qui sont captés par une interface numérique de type tablette pour s'animer sur écran, en réalité augmentée (Hu et. al, 2015).

Plusieurs jeux de construction en électronique dépassent le cadre de la recherche et sont aujourd'hui commercialisés auprès du grand public, à l'image des projets *littleBits*®³ et *Strawbies* (devenu *Coding Awbie*, Osmo™⁴) et ont démultiplié leurs possibilités d'utilisation. C'est également le cas d'autres kits de construction en électronique notamment liés à la robotique, tels que les projet Tinkamo™⁵ et KIBO®⁶ qui consistent à construire puis programmer des petits robots, et ce dès l'âge de 5 ans.

6.1.2. Les interfaces e-textile pour la petite enfance.

Dans le domaine des IHM pour l'enfance, les travaux de recherche associés à la création d'interfaces tangibles en textile connecté, sont également florissants. En effet, ces nouveaux « manipulables » permettent de proposer des interactions plus douces, et donc plus adaptées aux jeunes enfants. Associé à l'électronique, le textile permet de créer différentes interactions entre l'enfant et une interface numérique, grâce à la manipulation d'un objet physique à la fois souple, doux et moelleux, aux retours sensoriels multiples (vibratoires, lumineux ou encore sonores). Les possibilités formelles et fonctionnelles des interfaces en textile connecté pour enfants peuvent par exemple prendre la forme d'un livre souple et mou, entièrement composé de textile et offrant divers retours sensoriels (Honauer et. al, 2019).

La typologie du doudou est également reprise par plusieurs projets de recherche appliqué en IHM pour l'enfance, à l'image des projets intitulés *Baby-Tango* (Berzowska et. al, 2019), *Spookies*, (Berglin, 2005) et *WORM-E* (Honauer et. al, 2020). Le projet *Baby-Tango* prend la forme de petites peluches interactives aux contours animaliers sur lesquelles sont brodés des motifs en fil conducteur. Ainsi la manipulation de celles-ci par l'enfant, produit des retours sonores et lumineux. Le projet *Baby-Tango* a pour objectif de développer l'empathie des jeunes enfants, chaque peluche étant associée à une émotion (« *Mello is active and joyful. Tickle it to make it laugh. It loves the color yellow. Mello likes to make everyone laugh and to put a smile on everyone's face but it gets bored easily. You*

³ <https://classroom.littlebits.com/welcome>

⁴ <https://www.playosmo.com/fr/>

⁵ <https://www.tinkamo.com/>

⁶ <https://kinderlabrobotics.com/kibo/>

can get its attention and cheer it up by tickling its feet and belly. »⁷) Le projet *Spookies* reprend également la typologie de la peluche animale afin d'encourager la créativité des enfants dans la création de nouvelles histoires. Ainsi, le projet est composé de plusieurs peluches de petite taille aux retours lumineux et vibratoires que l'enfant peut manipuler tels les personnages d'une histoire. Enfin, le projet *WORM-E* prend la forme d'un serpent moelleux dans lequel l'enfant peut s'emmitoufler. Le système interactif est entièrement intégré et dissimulé (via des broderies en fil conducteur) dans le doudou qui propose des retours vibratoires. Connectée à une application disponible sur smartphone, plusieurs scénarios d'utilisation ont été pensés pour utiliser ce doudou connecté : on peut marcher sur le doudou, y grimper telle une corde ou encore l'enrouler autour de soi pour créer un cocon douillet.

D'autres projets s'appuient sur les systèmes interactifs conçus pour les enfants, via textile sans pour autant utiliser de textile connecté. Le projet *Bendable Sound* se compose d'une surface textile sur lesquels sont projetés des motifs qui invitent l'enfant à interagir. La captation des mouvements des enfants est retranscrite de manière sonore (Cibrian, et. al, 2016, 2017). Nous pouvons également préciser que les projets *Bendable Sound* et *WORM-E* ont aussi été créés dans un but d'inclusivité et sont dédiés aux enfants à besoins spécifiques.

_Qu'il s'agisse de jeux de construction en électronique ou d'objets en textile connecté, les qualités d'utilisation de ces dispositifs par les jeunes enfants sont similaires : l'encouragement à une attitude active via la manipulation d'objets physiques et interactifs, la scénarisation d'utilisation ayant des objectifs à la fois ludiques et pédagogiques, ou encore la mobilisation du corps en mouvement, via le geste manuel, ou de l'ensemble corps et la mobilisation des sens. C'est l'ensemble de ces qualités associées dans un même dispositif que nous avons choisi de privilégier dans la conception de *learning matters*.

6.2. Processus de co-conception.

La conception de *learning matters* s'inscrit dans le processus itératif que nous employons dans chaque expérimentations de cette thèse (cf. **Introduction de la Partie 2**). En effet, dans un processus de co-création engageant plusieurs

⁷ « Mello est actif et joyeux. Chatouillez-le pour le faire rire. Il aime la couleur jaune. Mello aime faire rire et sourire tout le monde, mais il s'ennuie facilement. Tu peux attirer son attention et lui remonter le moral en lui chatouillant les pieds et le ventre. »

enseignant-es de maternelle et leurs élèves âgés de 3 à 5 ans, le projet a fait l'objet de nombreux tests sur le terrain, dans trois établissements d'Ile-de-France.

6.2.1. Intentions et objectifs du projet.

Avant de décrire en détails les différentes itérations du projet, je souhaiterais revenir sur les intentions premières qui ont guidé tout le processus de conception de *learning matters*.

- **Le textile, « matériau transitionnel » de l'enfance.**

Le textile possède des propriétés haptiques intrinsèques - doux, rugueux, lisse, rêche, chaud, froid, souple, rigide etc - qui sont autant de caractéristiques que l'on perçoit au toucher. Le textile habille les corps, et enveloppe la peau. La peau, définie comme « une variété de contingence », au sens de « tangence commune » par Michel Serres (Serres, 2014), permet tout comme le textile de « faire corps » avec le monde qui nous entoure. Il fait ainsi partie de notre environnement familier dès notre naissance.

C'est ainsi qu'en 1951, le psychanalyste Donald W. Winnicott, expose à la *Société britannique de psychanalyse* ses recherches autour des « objets transitionnels » (Winnicott, 2010). L'objet transitionnel, traduit familièrement en français par le terme de « doudou », est un artefact qui permet à l'enfant de s'émanciper en douceur des adultes qui prennent soin de lui. Il s'agit alors de l'objet constitutif de l'« aire transitionnelle » que forme la période de la petite enfance. Figure d'attachement, le doudou accompagne le tout-petit dans sa découverte autonome du monde qui l'entoure.

Le textile aussi souple, malléable, flexible que la peau est le matériau privilégié des « doudous » (nounours, peluches ou layette par exemple). Instinctivement le textile apparaît familier au tout-petit qui s'en empare et se l'approprie à travers l'objet transitionnel que constitue le doudou. C'est ainsi que l'on peut considérer le textile comme le « matériau transitionnel » de la petite enfance - un des vecteurs principal du développement du toucher, un sens qui « apaise et nourrit la relation humaine » (Martin-Juchat, 2020)

- **Associer le textile à l'électronique pour un toucher actif**

Les interfaces en textile connecté ont la particularité d'associer les qualités du textile à celles de l'électronique, des objets aux matérialités distinctes (Gowrishankar et. al, 2017). Les matériaux textiles sont relativement souples et

amples, et possèdent ainsi de nombreuses propriétés haptiques intrinsèques. Ils sont ainsi des supports pour le développement du sens haptique associant les sens du mouvement et du toucher afin de promouvoir un toucher que l'on peut qualifier d'« actif » (Jones, 2018).

À l'inverse, les matériaux propres à l'électronique prennent la forme de micro-composants, à la fois rectangulaires et rigides. Aussi, les domaines d'expertise liés au textile et à l'électronique sont-ils relativement genrés et les champs d'applications définis offrent peu de porosités entre ces mondes comme nous avons tenté de le résumer dans le **Tableau 1**.

Ainsi, lorsque l'on associe les caractéristiques a priori opposées du textile et de l'électronique, l'enjeu est complexe. La designer associée au projet de *learning matters*, Claire Eliot est une pionnière dans le domaine du e-textile en France. Elle détourne les usages actuels des matériaux *e-textile* afin d'en promouvoir de nouveaux liés à la médecine, l'acoustique ou encore la pédagogie. En effet, en associant les propriétés intrinsèques du textile aux potentialités offertes par l'électronique, on peut créer des matériaux souples qualifiés de « réactifs » qui ouvrent de nouvelles perspectives dans les deux domaines de recherche et développement liés au textile et à l'électronique (Eliot & Chevrier, 2019).

Tableau 1: Des propositions permises par le e-textile pour éviter les dualités entre textile et électronique

	Textile	Électronique	Proposition e-textile
Matérialité	Souple	Rigide	Fil conducteur
Taille	Large	Minuscule	Broderie, tissage
Champs d'application	Mode, Habitat	Ingénierie	+ médecine, pédagogie, etc.
Genre	(majoritairement) Féminin	(majoritairement) Masculin	Nouveaux champs d'utilisation
Interaction	Via le matériau (propriétés intrinsèques)	Via le circuit (assemblage de composants)	Circuit souples
IE(H)M pour l'éducation	Apprendre avec le numérique	Apprendre sur le numérique	Apprendre par le numérique (avec et sur)

- **Apprendre avec, sur, et par l'électronique.**

Dans notre état de l'art, nous avons évoqué deux types d'interfaces dédiés à l'enfance dans le domaine des IHM : les jeux de construction en électronique et les interfaces e-textile. Il est intéressant de mentionner que les jeux de construction en électronique ont été créés afin de promouvoir une éducation au numérique (dès les années 1980) consistant à appréhender des notions algorithmiques, apprendre à coder, ou encore faire le lien entre les mondes virtuel et réel. Dans ces types de dispositifs, la technologie est rendue visible afin d'introduire les enfants aux notions associées aussi bien en termes de matériel, que de potentialités d'usage.

À l'inverse, les interfaces en textile connecté dissimulent les systèmes d'interaction (et donc l'électronique) dans les matériaux souples. Ainsi, l'utilisation de ces dispositifs en e-textile par les jeunes enfants est dédiée à d'autres formes d'apprentissage : narration, créativité, motricité, etc. Il s'agit d'apprendre avec l'électronique grâce ces nouveaux « doudous », par l'intermédiaire d'usages intuitifs.

L'idée d'associer électronique et textile est donc d'éviter, voire de contrer les dualismes multiples associés à ces domaines, y compris en ce qui concerne les questions d'apprentissage : en apprenant avec l'électronique (e-textile), on apprend sur l'électronique (jeux de construction électroniques).

6.2.2. Démarche interdisciplinaire.

Comme nous l'avons évoqué en introduction, le projet learning matters est né de la rencontre des mondes du e-textile et de l'éducation, porté respectivement par deux designers, Claire Eliot et moi-même. Conscientes que nous n'étions pas spécialisés dans le développement et de l'éducation du jeune enfant, nous avons également été accompagnées par une psychomotricienne, une orthophoniste, une experte en sciences cognitives ainsi que plusieurs enseignant-es (Figure 2). Ces dernières ont accepté de nous accueillir au sein de leurs classes de maternelle pour tester avec leurs élèves nos différents prototypes, faisant l'objet de plusieurs phases d'itération.

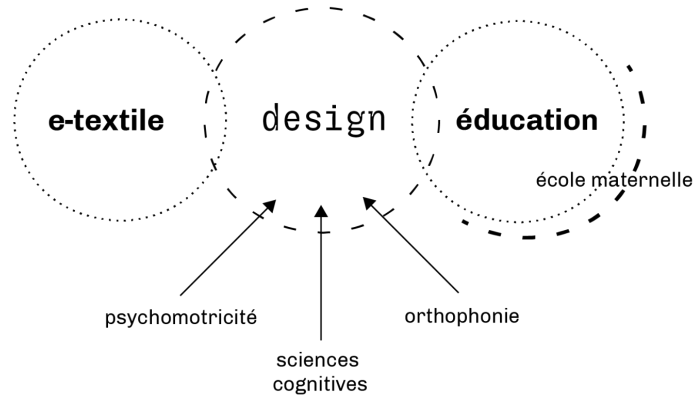


Figure 2 : L'approche interdisciplinaire du projet *learning matters*.

6.2.3. Cahier des charges.

Le principe général du projet de *learning matters* s'organise autour de la création de circuits électroniques (sans micro-contrôleur) qui permettent aux enfants d'âge préscolaire de manipuler un système de traitement de l'information en mobilisant le sens du toucher, associé au mouvement - la kinesthésie. Notre cahier des charges s'organise autour de la prise en compte des trois spécificités suivantes :

- Le choix des matériaux. Nous souhaitons, utiliser le textile comme matériau premier de l'interaction. Ainsi, nous avons choisi d'utiliser plusieurs typologies de textile possédant différentes qualités au toucher : par exemple, le cuir est plutôt froid et rigide, alors que le velours est relativement doux et souple ; suivant les différentes typologies de textiles, on peut avoir des caractéristiques différentes.
- La composition des circuits interactifs. Nous avons choisi de créer des circuits interactifs qui associent les trois éléments essentiels d'un circuit de traitement de l'énergie et de l'information :
 - *Batterie* - source d'énergie électrique ;
 - *Capteur/Interrupteur* - canal d'acquisition de l'information gestuelle;
 - *Lampe* - retour sensoriel (signal lumineux).

Afin de faciliter leur manipulation ainsi que leur fabrication et réparation, nous souhaitons que ces circuits soient de type analogique et donc sans micro-contrôleur.

- Le processus de fabrication. Le projet s'inscrit dans une philosophie de transmission ouverte (ou *open-source*), puisque nous souhaitons que les dispositifs soient facilement reproductibles en *fablab*, c'est-à-dire à partir

des outils et des machines disponibles dans ces tiers-lieu de fabrication numérique.

C'est en partant de ces trois intentions, que nous avons conçu chaque version du dispositif de *learning matters* faisant chacune l'objet d'une boucle d'itération.

6.2.4. Itérations.

Le projet a fait l'objet de trois phases d'itération qui ont eu lieu entre 2019 et 2021 [Figure 3] que nous allons détailler dans les paragraphes suivants.

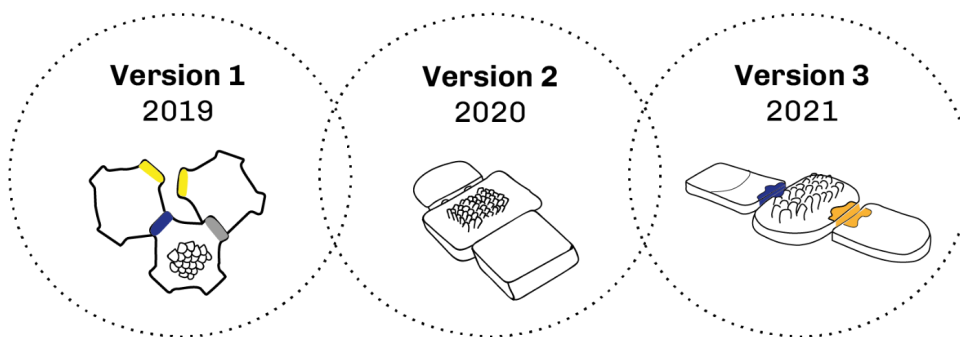


Figure 3 : Les trois versions du projet *learning matters*.

- **Version 1 (2019).**

Le dispositif était composé uniquement d'éléments hexagonaux en feutrine grise (batteries, capteurs et signaux lumineux), relativement plats (en deux dimensions). La batterie était posée à même la feutrine, et donc visible des enfants. Les capteurs, tous différents, étaient cousus sur le morceau de feutrine. Pour les lampes, les leds étaient cousus sur la feutrine et recouvertes d'un tissu blanc qui permettait de percevoir la couleur de la led par transparence lorsque celle-ci était allumée [Figure 4].

Concernant le système d'assemblage, des boutons pression cousus sur des languettes accrochés à la feutrine grise, permettaient de relier les éléments les uns aux autres suivant un code couleur : gris foncé, bleu et jaune. L'ensemble de la circulation de l'électricité (de la batterie au signal lumineux) était assuré grâce aux coutures réalisées avec du fil conducteur.

Si dès leur mise à disposition en classe, les enfants se sont montrés très intéressés, l'exercice est vite devenu complexe, surtout pour les plus petits, et ce pour trois raisons :

- Les différents éléments du circuit étaient tous de la même forme. Bien que les languettes de couleurs indiquaient le sens d'assemblage, la forme identique et la matière (morceau de feutrine grise hexagonal) de chaque élément rendait leur distinction confuse ;
- L'assemblage par bouton pression était relativement complexe à réaliser. En effet, il est difficile pour un tout petit d'accrocher et de décrocher deux boutons pression, surtout lorsqu'ils sont de petite taille.
- Enfin, les composants électroniques étaient relativement visibles ce qui effrayait certains enfants qui ne souhaitaient alors pas se risquer à manipuler de tels circuits (surtout les batteries).



Figure 4 : La version 1 (2019) du dispositif de *learning matters*
- premiers tests en maternelle.

- **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, formant des boîtiers d'environ 2 centimètres d'épaisseur. Nous avons remplacé les boutons pression par des aimants afin d'assurer un assemblage plus aisé et stable des éléments entre eux. De plus, nous

avons défini des formes distinctes pour chaque type d'élément : batterie (rectangulaire), capteur (formes diverses), signal lumineux (demi-ovale). Enfin, nous avons dissimulé entièrement les composants électroniques dans le textile (batterie et leds) afin d'éviter d'effrayer les enfants [Figure 5 et 5bis].

Si nous avons observé que ces changements (aimants, dissimulation de l'électronique, distinction formelle des éléments) facilitaient la manipulation et l'assemblage des circuits par les jeunes enfants, nous avons également observé des points d'amélioration essentiels :

- Puisque les éléments du circuit électronique étaient entièrement composés de textile, et donc très souples, les enfants avaient tendance à vouloir plier ces interfaces au risque de briser les connexions.
- Nous n'avions pas repris le code couleur indiquant l'ordre d'assemblage des éléments, ce qui prêtait à confusion à la fois l'ordre et le nombre d'éléments à assembler entre eux (batterie - capteur et signal lumineux).
- Enfin, il était difficile de réparer les éléments cassés car nous avons collé les morceaux de textile (mousse et feutrine) pour stabiliser chaque élément.



Figure 5 : La version 2 (2020) du dispositif de *learning matters* - « souffler

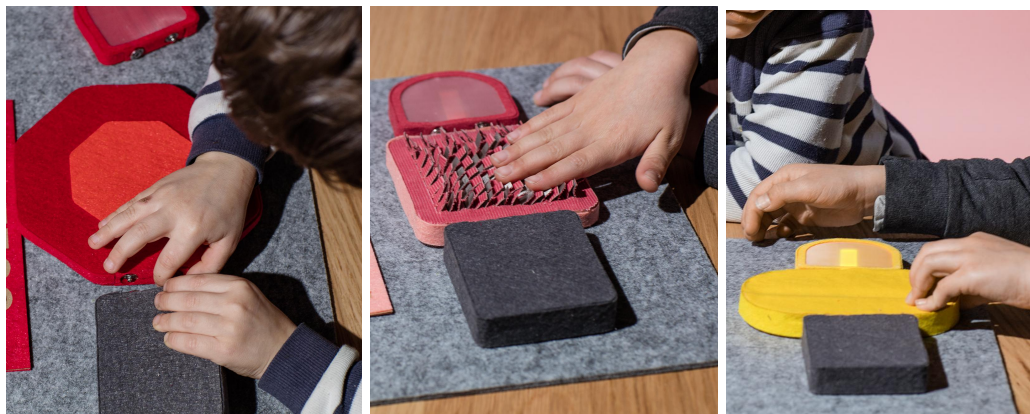


Figure 5bis : La version 2 (2020) du dispositif de *learning matters* - « taper », « caresser » et « glisser ».

- **Version 3 (2021).**

La troisième version du dispositif a pris en compte l'ensemble des remarques soulevées lors des tests effectués sur le terrain avec plusieurs classes de maternelle et résumées dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Les points positifs (+) et les points négatifs (-) soulevés pour chaque version du dispositif *learning matters* à partir de 4 critères : les éléments du circuit, leur fabrication (et réparabilité), leur assemblage et afin les interactions proposées.

	V1		V2		V3
	+	-	+	-	
Éléments du circuit interactif	Nombre et typologies	<ul style="list-style-type: none"> • Planéité • Souplesse et flexibilité • Similitude 	<ul style="list-style-type: none"> • Diversité des formes • Volume 	<ul style="list-style-type: none"> • Souplesse • Flexibilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Éléments distincts • Batterie + lampe rigides • Capteurs en e-textile
Fabrication & réparabilité	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux de récupération 	<ul style="list-style-type: none"> • Couture à la main via fil conducteur 	<ul style="list-style-type: none"> • Assemblage par couche 	<ul style="list-style-type: none"> • 100% textile • Matériaux collés 	<ul style="list-style-type: none"> • Assemblage par couche = réparation facile
Assemblage	<ul style="list-style-type: none"> • Connexions colorées 	<ul style="list-style-type: none"> • Boutons pression 	<ul style="list-style-type: none"> • Aimants 	<ul style="list-style-type: none"> • Indication connexion 	<ul style="list-style-type: none"> • Connexion colorée avec aimants
Interaction	<ul style="list-style-type: none"> • Diversité des capteurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité des gestes 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix des gestes 		<ul style="list-style-type: none"> • 1 capteur affordant = 1 geste simple

Ainsi la troisième version du dispositif de *learning matters* répond aux caractéristiques suivantes :

- Pérennité des éléments : 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.
- Facilité d'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.
- Reproductibilité et la réparabilité : Pour cela, nous avons utilisé un système de "couches" (ou *layers*) assemblés grâce à de petites vis, permettant de construire et déconstruire facilement chaque élément et ainsi de les réparer facilement.
- Et enfin, qualité des interactions : Nous avons tenté de rendre chaque capteur/ interrupteur unique, par sa forme, sa couleur et sa matérialité afin d'inciter l'enfant à effectuer un geste simple et précis sur ce dernier (qui permettra d'activer le circuit).



Figure 6 : La version 3 (2021) du dispositif de *learning matters*
- « froter ».

Nous allons maintenant décrire en détail cette troisième version du dispositif de *learning matters*.

> Un cahier de photos de la troisième version du dispositif de learning matters est disponible en Annexe 3.

6.3. Le dispositif *learning matters*.

Le dispositif *learning matters* est composé de plusieurs circuits interactifs relativement simples, chacun formé d'une batterie (source d'énergie), d'un interrupteur (ou capteur en e-textile) et d'une lampe (produisant un signal lumineux). À la manière des colliers de perles théorisés par le pédagogue Friedrich Froëbel parmi ses « dons pour jouer » (1826), c'est l'association de ces trois éléments dans le bon ordre qui permet de créer chaque circuit interactif du dispositif de *learning matters* [Figure 7].

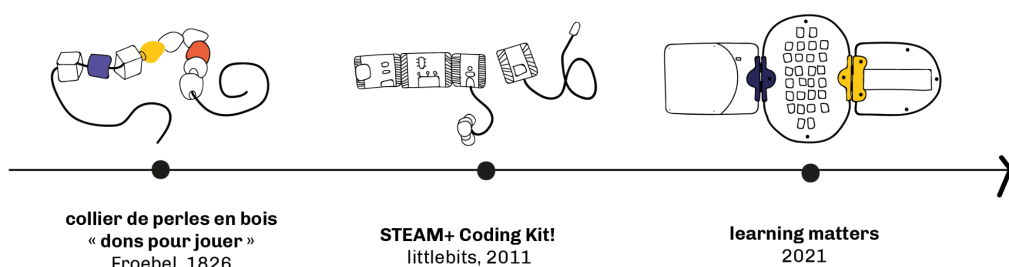


Figure 7 : Du collier de perles à *learning matters*, une logique d'assemblage.

Une fois les trois éléments assemblés dans l'ordre pour former un circuit fonctionnel (batterie-interrupteur-lumière), l'enfant peut interagir sur chaque interrupteur via un geste simple - caresser, taper, frotter 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 *learning matters* a ainsi pour objectif de permettre 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 interactive.

Le projet s'inspire également de dispositifs existants de type *littleBits* (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.

6.3.1. Fonctionnement du dispositif.

Comme nous l'avons explicité précédemment, la conception des circuits interactifs de *learning matters* est le fruit d'un processus de co-conception itératif qui a permis d'adapter, par observation sur le terrain, l'interface aux besoins et aux contraintes du monde de l'éducation à la petite enfance (cf. section 6.2.3).

- **Composition des circuits interactifs.**

Chaque circuit interactif associe les trois éléments suivants :

- 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 interrupteurs (ou 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 2**);
- Enfin, les lampes prennent la forme de demi-ovales colorées composés d'une LED plate, ainsi que d'une enveloppe de bois et de PMMA, un polymère thermoplastique transparent.

Contrairement aux batteries, et aux lampes qui sont formellement identiques, les interrupteurs sont tous différents en termes de matérialité, de forme et de couleur. Ils ont la particularité d'être réalisés en textile électronique (e-textile), c'est-à-dire un assemblage de textile classique et de tissu métallique donc conducteur (on parle alors de textile et de fil conducteur).

- **Description détaillée des interrupteurs/capteurs.**

La création de chaque interrupteur a fait l'objet d'une démarche de recherche & développement relativement poussée. Ainsi en tant que designers, nous avons pensé l'ensemble des caractéristiques intrinsèques à chaque interrupteur : matérialité, forme et couleur (par le choix du textile). En effet, le choix de chacune de ces caractéristiques conditionne la gestuelle des enfants sur le circuit. Ainsi, nous pouvons également qualifier ces « interrupteurs » de « capteurs » car ils « captent » les gestes des utilisateurs-trices pour émettre un signal lumineux.

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 2**, nous avons utilisé, respectivement, de la feutrine (rouge) et une toile de cerf-volant (bleu clair).

Tableau 2 : Description des interrupteurs 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

Note à la lecture • Nous invitons les lecteurs-trices à regarder les notices de fabrication des interrupteurs de *learning matters*, afin de mieux comprendre les spécificités propres à chaque interrupteur/capteur.

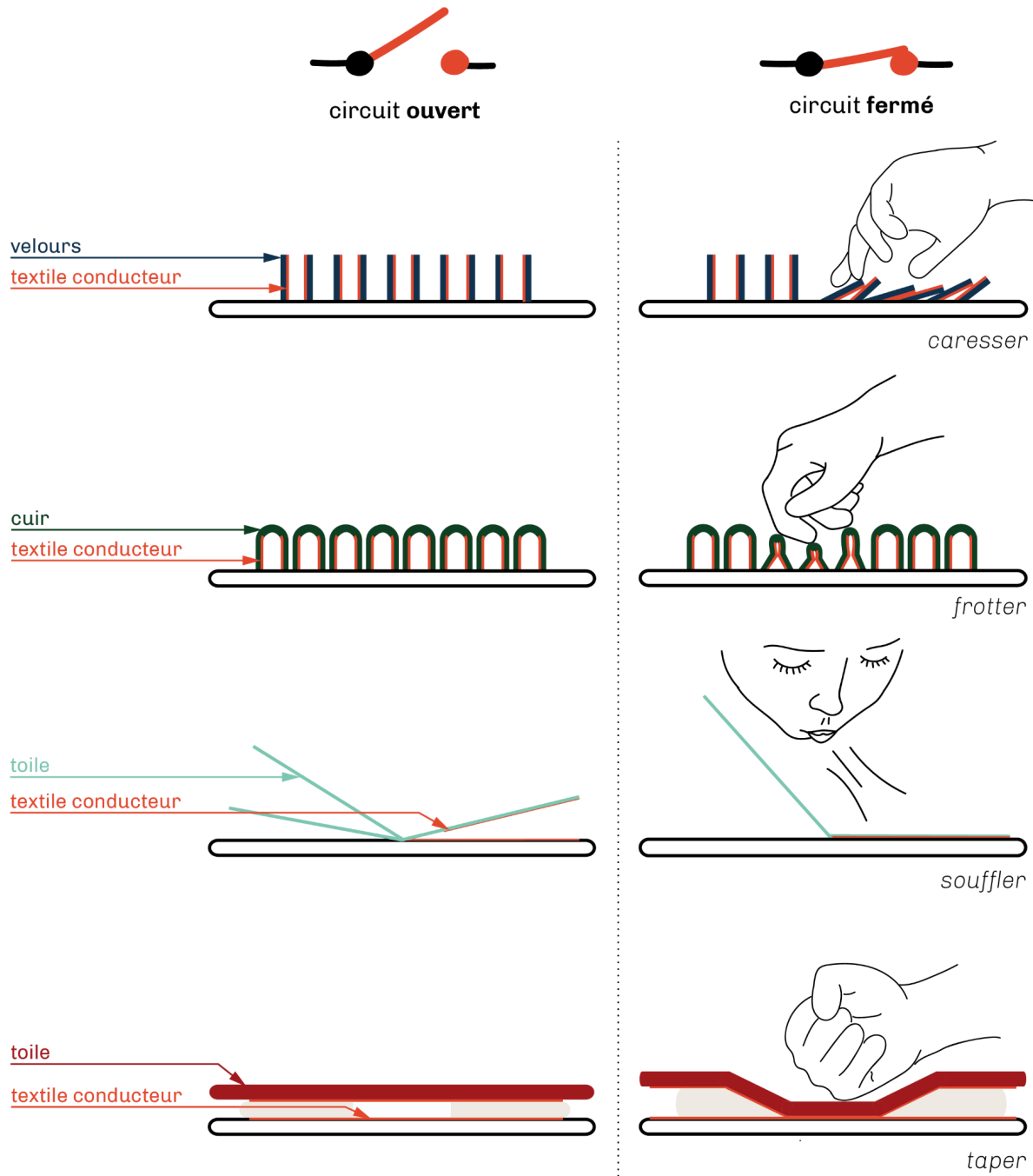
- **Composition et fonctionnements des interrupteurs en e-textile.**

Le fonctionnement de chaque circuit est relativement simple puisqu'il est basé sur l'utilisation d'un interrupteur central qui fait le lien entre la source d'énergie (batterie) et le signal (lampe) qui fonctionne comme un interrupteur classique de type « on/off ». Il s'agit donc de circuit analogique sans micro-contrôleur.

Chaque interrupteur est ainsi composé de textile électronique permettant d'assurer la circulation de l'électricité, de la batterie à la lampe. Chaque interrupteur possède donc un dessin d'assemblage différent afin de répondre aux

différentes formes d'interactions souhaitées. Grâce à l'utilisation de matériaux flexibles et conducteurs, le système se forme et se déforme pour fermer et ouvrir le circuit.

Figure 8 : Systèmes d'interaction des interrupteurs en e-textile de *learning matters* - caresser, frotter, souffler et taper.



6.3.2. Une pensée *low-cost* et *low-tech*.



Figure 9 : Conception du dispositif de learning matters au sein du *MakerLab* du Learning Planet Institute à Paris, octobre 2019.

Tout au long de l'élaboration du projet *learning matters*, nous avons souhaité respecter une pensée à la fois *low-cost* et *low-tech*⁸ (Nova & Roussilhe, 2020), nous souhaitons créer des systèmes relativement simples à fabriquer, réparer et recycler, en *fablab*⁹ [Figure 9]. Pour cela nous avons pris en compte des contraintes à la fois matérielles et techniques, qui ont nécessité de penser respectivement, l'approvisionnement des matériaux, ainsi que les possibilités d'assemblages (Bouvier, 2015).

Chaque élément du circuit est composé de plusieurs couches, assemblées par des vis [Figure 10]. Les éléments sont donc facilement réparables en cas de problèmes, et les composants électroniques sont ainsi facilement accessibles. Nous avons également porté une attention particulière au système de recharge et avons privilégié un système à induction sans fil, plus facile à manipuler et mobile dans l'environnement scolaire.

⁸ On peut traduire ces termes respectivement par « bas coût » et « basse technologie ». Le terme de *low-tech* promeut ainsi « une sobriété qui passerait par des basses technologies sans doute plus rudimentaires, peut-être moins performantes, mais nettement plus économes en ressources et maîtrisables localement » (Bihouix, 2014).

⁹ Les *fablabs* sont des tiers-lieux de fabrication numérique - cf. **Chapitre 2**.

Concernant le choix des matériaux, 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 imprimés en 3D avec du fil de PLA, une matière plastique d'origine végétale. Enfin, les matériaux utilisés pour les enveloppes, ne sont autres que du carton, du bois et du PMMA (polyméthacrylate de méthyle), des matériaux bien connus des *fablabs* puisque facilement découpables à la découpeuse laser (Bosqué, 2016).



Figure 10 : Assemblage d'une« lampe », élément d'un circuit de *learning matters*.

6.4. Scénario pédagogique.

Au sein de la salle de classe et par petit groupe, les élèves sont invités à suivre un scénario pédagogique guidant l'utilisation du dispositif de *learning matters*, encadré par un·e médiateur·trice (qui peut être l'enseignant·e) [Figure 11].

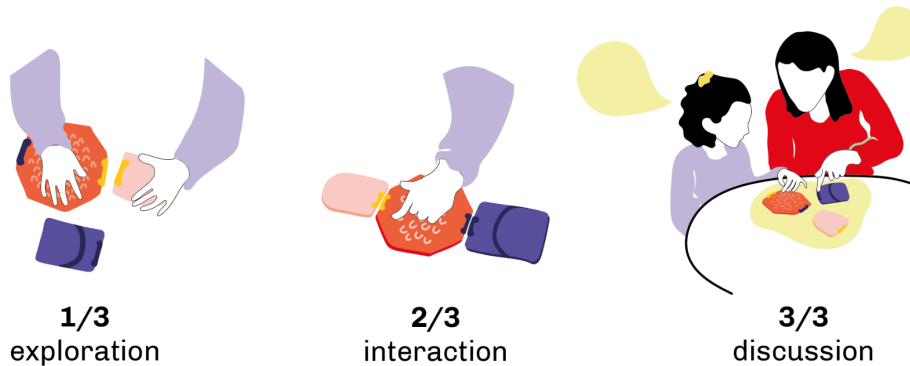


Figure 11 : Le scénario d'usage de *learning matters*.

Le scénario pédagogique 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), interrupteurs (en et-textile) et lampes (signaux), et les invite à en prendre un de chaque.
2. **Interaction** : En autonomie, les enfants peuvent ensuite assembler le circuit dans le bon ordre. 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.
3. **Discussion** : 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 été mis en œuvre, à la fois dans les différentes phases d'itérations du processus de co-conception, permettant d'aboutir à chaque version du projet (tel que décrit en section 6.2.3), et dans l'étude-pilote que nous allons maintenant décrire.

6.5. Étude-pilote.

Afin d'évaluer la pertinence du projet *learning matters*, nous avons mené une étude-pilote dans deux classes de maternelle franciliennes. Cette étude-pilote était composée d'une expérimentation en pré et post-test, avec groupe test et groupe contrôle. Elle avait pour principal objectif d'évaluer la pertinence pédagogique de l'utilisation d'interrupteurs en e-textile sur trois critères : (1) la motivation et l'engagement des élèves dans l'activité, (2) l'appropriation des élèves et de leurs enseignant-es ainsi que (3) l'apprentissage de nouvelles notions liées à l'électronique.



Figure 12 : Les élèves des groupes test (CLASSE 1 à gauche et CLASSE 2 à droite) en train de manipuler le dispositif de *learning matters* durant l'étude-pilote.

6.5.1. Participant-es.

Nous avons réuni les participant-es à notre étude-pilote au sein de deux classes de maternelle dont les enseignantes ont souhaité s'engager dans notre travail de recherche. La première classe (appelé CLASSE 1) réunissait uniquement des élèves de grande section alors que la seconde (appelée CLASSE 2) était une classe à double-niveau regroupant des élèves de moyenne et grande sections de maternelle.

Nous avons envoyé une lettre d'information ainsi qu'un formulaire de consentement qui a été transmis et recueilli par les enseignantes. Nous n'avons inclus dans l'étude que les familles consentantes. Dans un souci d'équité, les élèves non-inclus dans l'étude ont également réalisé l'atelier autour de *learning matters*.

Au total, notre étude-pilote a réuni 38 élèves dont 34 ont été inclu-es dans l'analyse des résultats, tel que décrit dans le **Tableau 3**. Puisque notre étude-pilote a eu lieu fin juin 2020 (soit en fin d'année scolaire), l'âge moyen de tous les élèves

participant-es à notre étude-pilote est relativement élevé pour des élèves de maternelle, puisqu'il est de 5,6 ans.

Tableau 3 : Sujets inclus dans l'étude-pilote de *learning matters*.

	CLASSE 2	CLASSE 1	Total
Classe	18 élèves	20 élèves	38 élèves
Genre	11 garçons 7 filles	10 garçons 10 filles	21 garçons 17 filles
Inclus	14 élèves	20 élèves	34 élèves
Genre	9 garçons 5 filles	10 garçons 10 filles	19 garçons 15 filles

6.5.2. Matériel.

Pour cette étude-pilote nous avons utilisé le dispositif de *learning matters* correspondant à la troisième version. Nous avons également conçu, spécialement pour cette étude-pilote, des « interrupteurs » classiques comprenant un bouton on/off comme on peut le voir sur la **Figure 13**. Ainsi, nous avons équipé les enfants des groupes contrôle d'interrupteurs « classiques », et les enfants des groupes contrôles d'interrupteurs en e-textile [**Figure 12**].

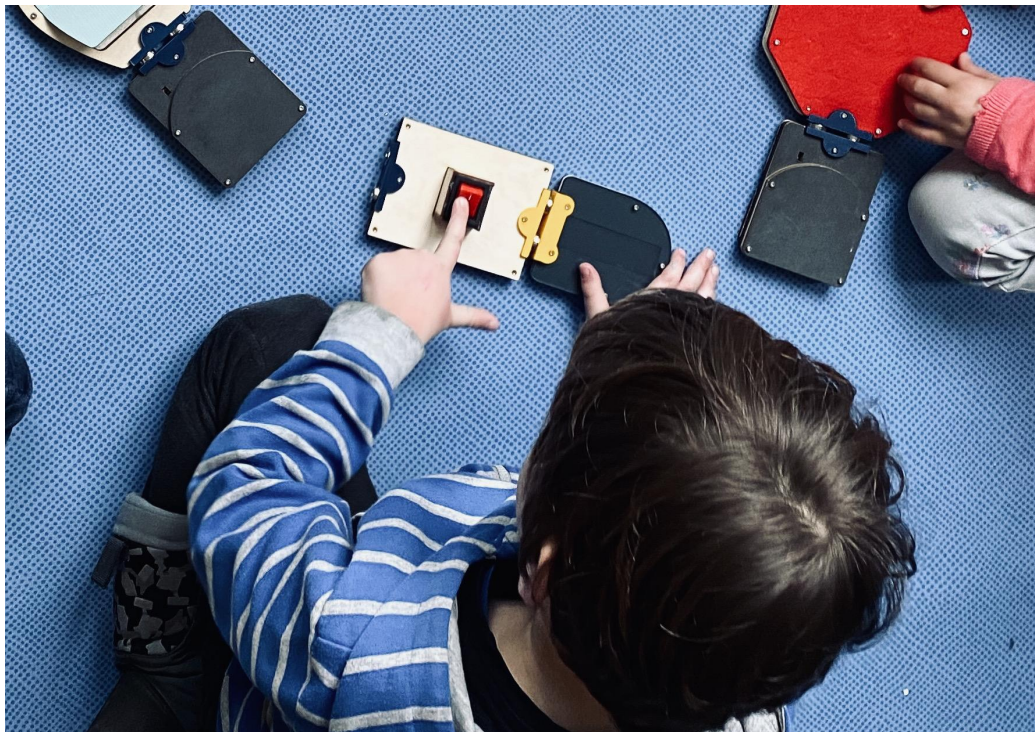


Figure 13 : Interaction d'un élève de maternelle avec un interrupteur « classique » (dont dispose le groupe contrôle de notre étude-pilote pour *learning matters*).

6.5.3. Méthode et récolte des données.

Afin de répondre aux trois objectifs présentés en introduction (c'est-à-dire la motivation, l'appropriation et la montée en compétences des élèves), nous avons choisi de réaliser une étude en pré/post test auprès d'une groupe contrôle et d'un groupe test.

- **Procédure expérimentale.**

Les différentes étapes de la procédure expérimental décrite en **Figure 12**, sont les suivantes :

- **Répartition des élèves en petits groupes** de 4 à 6 élèves, définis par l'enseignante.
- **Pré-test** : entretien individuel (1 à 2 minute par élève)
- **Scénario d'utilisation** composé des trois phases : 1. Exploration, 2. Interaction, 3. Discussion (tel que décrit en section 6.).
- **Post-test** : entretien individuel (1 à 2 minute par élève)
- **Restitution avec toute la classe** : discussion avec les élèves et leur enseignante.

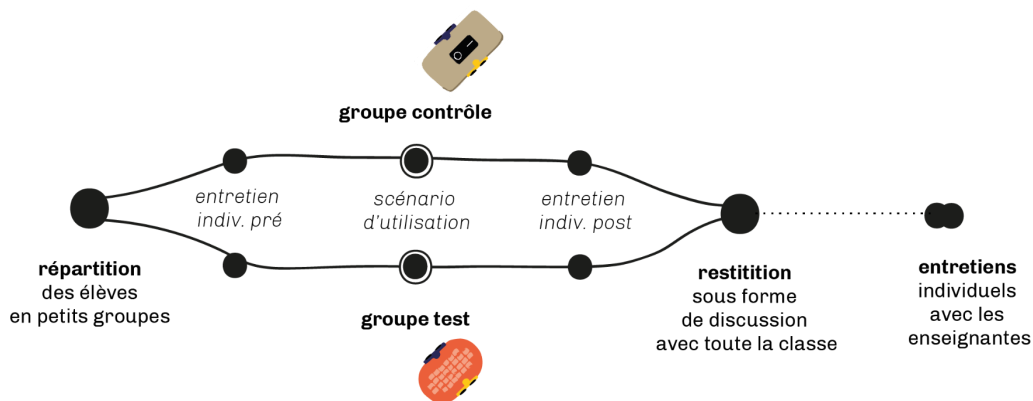


Figure 14 : La procédure expérimentale de l'étude-pilote du dispositif de *learning matters*, en classe de maternelle.

Alors que les élèves du groupe contrôle avaient à leur disposition des interrupteurs « classique » [Figure 13], les élèves du groupe contrôle disposaient d'interrupteurs en e-textile, spécifiques au dispositif de *learning matters* (tels que décrit dans la section 6.3 et le Tableau 1).

Le procédure expérimentale a été réalisée par deux expérimentatrices (la doctorante accompagnée d'une stagiaire). La première expérimentatrice (doctorante) a réalisé les entretiens individuels et joué le rôle de médiatrice dans la

mise en œuvre du scénario pédagogique, pendant que la deuxième expérimentatrice (stagiaire) prenait des notes sur ce qui était en train de se passer.

Récolte des données. En amont de l'expérimentation sur le terrain, nous avons préparé deux questionnaires : pré et post test. Ces questionnaires ont fait l'objet d'entretiens individuels, qui ont lieu avant et après la mise en œuvre du scénario pédagogique afin de comparer les résultats pré et post manipulation des deux typologies du dispositif (avec interrupteurs classiques et avec interrupteurs e-textile). L'ensemble des étapes de la procédure expérimentale a été filmé à l'aide d'une caméra grand angle, permettant de récolter simultanément sons et images de qualité.

Suite aux expérimentations en classe, nous avons transmis les vidéos aux deux enseignantes (qui ne pouvaient pas être présentes car elles étaient en charge du reste de la classe) associées à l'étude-pilote. Nous les avons ensuite interrogées au cours de deux entretiens individuels, qui ont été enregistrés de manière vocale. Le guide d'entretien, préparé en amont de ces entretiens, est décrit dans le **Tableau 5**.

Tableau 5: Questionnaires pré/post test de l'étude-pilote de *learning matters*.

PRÉ-TEST		POST-TEST	
Question	Réponse(s) attendue(s)	Question	Réponses attendues
1		Est-ce que tu as aimé l'atelier ?	<ul style="list-style-type: none"> • Oui (1) • Non (0)
2		Peux-tu refaire le circuit dans l'ordre ?	L'élève assemble correctement : 1, 2 ou 3 composants.
3	Comment allume-t-on la lumière ?		
	<ul style="list-style-type: none"> • Avec un bouton/interrupteur (B/I) • Grâce à l'électricité, une lampe (E/L) • Ne sait pas (R) 		
4	Qu'est-ce qui permet de produire de la lumière ?		
	<ul style="list-style-type: none"> • Mentionne l'électricité 		
5		Peux-tu nommer les différents composants du circuit ?	L'élève nomme correctement 1, 2 ou 3 composants.

6.5.4. Analyse des résultats.

Les vidéos ont été analysées par les deux expérimentatrices présentes en classe (doctorante et stagiaire) et par une chercheuse de notre laboratoire qui n'avait pas assisté à l'expérimentation. Nous avons pu retranscrire les réponses données lors des entretiens individuels en pré/post test de manière quantitative suivant une grille de réponses prédéfinies (cf. **Tableau 3**). À partir des vidéos, nous avons également analysé le comportement des élèves et leurs verbatims de manière qualitative durant la mise en œuvre du scénario pédagogique.

Les enregistrements des entretiens individuels auprès des enseignantes ont également été retranscrits par les expérimentatrices.

Dans les paragraphes suivants, nous expliciterons l'analyse des résultats en commençant par l'analyse des questionnaires (données quantitatives) et les observations de terrain (données qualitatives) issus des enregistrements vidéo, ainsi que les retranscriptions des entretiens réalisés auprès des enseignants impliqués dans l'étude-pilote (données qualitatives).

- **Résultats issus des entretiens individuels auprès des élèves, à partir des questionnaires [Tableau 6]**

Les entretiens individuels pré-test menés auprès des élèves nous indiquent principalement que les élèves possédaient déjà des connaissances sur le fonctionnement de la lumière et sur la notion d'électricité en amont de l'expérimentation. En effet, ils-elles étaient 59,7% (64,3% dans la classe 1, et 55 % dans la classe 2) à mentionner la présence d'un bouton ou d'un interrupteur servant à « allumer la lumière » et 62,5% à mentionner la notion d'électricité associée (50% dans la classe 1, et 75% dans la classe 2). Certains élèves sont même allés plus loin dans leurs explications : « *L'électricité c'est fabriqué par le soleil* » précise un élève de la Classe 1, « *L'électricité éclaire les salles et ce sont les usines qui font la lumière* », « *L'électricité ça sert à faire marcher les téléphones, et aussi les satellites* » mentionnent deux élèves de la Classe 2¹⁰.

Concernant les résultats issus des entretiens post-test, ils nous apportent des précisions quant à l'impact de l'utilisation du projet *learning matters* sur la motivation et l'engagement des élèves (objectif 1). Tout d'abord, les élèves ayant

¹⁰ Une précision importante : Dans les deux classes, des activités de manipulation de l'électricité avaient eu lieu. À l'origine, nos ateliers auraient dû avoir lieu en milieu d'année scolaire, mais à cause de la pandémie de Covid-19, nous avons repoussé nos expérimentations à la fin de l'année, et donc certaines notions avaient déjà été abordées en classe par les enseignantes.

utilisé les interrupteurs classiques (groupe contrôle) semblent avoir légèrement moins apprécié l'activité que les élèves ayant utilisé les interrupteurs e-textile, spécifiques à *learning matters* (groupe test) (cf. question 1 du **Tableau 4**).

Tableau 6 : Synthèse des résultats post-test issus des entretiens individuels menés auprès des élèves des deux classes impliquées dans l'étude-pilote de *learning matters*.

Question	CLASSE 1		CLASSE 2		MOYENNE	
	Groupe contrôle	Groupe test	Groupe contrôle	Groupe test	Groupes contrôle	Groupes test
Nb d'enfants	9	5	10	10	19	15
1 L'enfant dit avoir aimé l'atelier	79%	100%	90%	90%	85%	100%
Nb d'enfants	7	5	9	9	16	14
2 L'enfant sait reproduire le circuit	89%	100%	90%	100%	89,5%	100%
Nb d'enfants	8	5	10	10	18	15
5 Moyenne des éléments du circuit nommés par l'enfant (sur 3)	2	2	2,1	2,6	2	2,3

Concernant la montée en compétences des élèves (objectif 3), les élèves du groupe contrôle ont légèrement moins réussi à reproduire le circuit interactif que les élèves du groupe test (cf. question 2 du **Tableau 5**). Les élèves du groupe contrôle ont également un peu moins bien retenu (2 sur 3 en moyenne) le nom des différents éléments constituant nos circuits électroniques - batterie, capteur, lumière - que les élèves du groupe test (2,3 sur 3 en moyenne).

Une autre donnée intéressante concerne la compréhension de la notion d'électricité entre les pré et post test et les groupes contrôle et test. On observe généralement une évolution entre les pré et post test, c'est-à-dire que les enfants mentionnent le fait que la lumière s'active grâce à l'électricité de manière plus significative après avoir manipulé les dispositifs. On constate également que ce résultat est un peu plus important chez les élèves du groupe test (+25%) que sur ceux du groupe contrôle (+22%), comme mentionné dans le **Tableau 6bis**.

Tableau 6 bis : Synthèse des résultats post-test issus des entretiens individuels menés auprès des élèves des deux classes impliquées dans l'étude-pilote de *learning matters* : appréhension de la notion d'électricité

Question	CLASSE 1		CLASSE 2		MOYENNE	
	Groupe contrôle	Groupe test	Groupe contrôle	Groupe test	Groupes contrôle	Groupes test
4 L'élève mentionne l'électricité						
Pré-test (%)	44	60	70	80	57	70
Nb d'enfants	4	3	7	8	11	11
Post-test (%)	78	60	80	90	79	75
Nb d'enfants	7	3	8	8	15	11
					+22%	+25%

L'analyse des réponses aux questionnaires issus des entretiens pré/post nous informe donc d'une évolution des connaissances et de la compréhension d'un circuit électronique grâce à la manipulation d'objets physiques que forment le dispositif de *learning matters* (correspondant à l'objectif 3) influant également sur la motivation et l'engagement des élèves (objectif 1).

Il se trouve également que cette évolution est un peu plus importante chez les élèves ayant manipulé les circuits interactifs possédant des interrupteurs en e-textile (groupes test) que pour ceux ayant manipulé des interrupteurs classiques (groupes contrôle). Il est également intéressant de souligner le fait que les élèves semblent avoir plus apprécié la manipulation des interrupteurs e-textile que des interrupteurs classiques puisqu'ils sont plus nombreux à dire avoir apprécié l'activité.

- **Résultats issus des observations de terrain**

Les observations de terrain sont issues de la prise de note effectuée par nos trois analystes (les deux expérimentatrices et une chercheuse du laboratoire) grâce au visionnage des vidéos. Ces prises de note ont d'abord été réalisées de manière individuelle, puis ont été regroupées autour d'une discussion commune.

De ces prises de notes, nous avons donc pu observer les comportements suivants que nous avons divisé en quatre catégories :

- Motivation : Les élèves se sont montrés intéressés par l'activité et nous pouvons noter qu'aucun élève n'a souhaité interrompre sa participation de manière prématurée, ce qui nous semble important de notifier surtout à cet âge. Les élèves qui se sont peu exprimés à l'oral, ont tout de même participé activement (par la manipulation des objets) à l'activité proposée.
 - Stratégies de pratique de l'activité : Certain-es élèves se sont montrés très entreprenant-es c'est-à-dire qu'ils ont tout de suite testé et manipulé les éléments du dispositif (notamment lors de la deuxième étape du scénario), alors que d'autres enfants ont d'abord observé les autres faire pour ensuite tester par eux-mêmes (parfois sur sollicitation de la médiatrice). Nous avons également observé que les élèves souhaitaient souvent associer plusieurs interrupteurs les uns avec les autres comme nous pouvons le voir sur la **Figure 15**.
 - Entraide : Certains élèves ont su faire preuve d'entraide lorsqu'ils constataient que leurs camarades ne comprenaient pas l'assemblage du circuit. Nous avons aussi observé des élèves qui ne souhaitaient pas du tout collaborer, ou même partager certains éléments du dispositif. Pour les élèves des groupes tests, il est arrivé à plusieurs reprises que l'élève s'approprie fortement l'interrupteur testé en premier comme si ce dernier lui appartenait.
 - Imaginaires : Pour les groupes contrôle, certains élèves ont su associer l'interrupteur « classique » du dispositif aux interrupteurs présents dans leur vie quotidienne, faisant le parallèle entre les deux (« *ah mais c'est comme le bouton pour allumer la lumière dans la classe ou dans ma chambre à la maison* »).
- Dans les groupes test, les élèves ont fait preuve d'une grande imagination puisque certains enfants ont associé le circuit à un « bonhomme » : en relevant les circuits de manière verticale, la batterie devient les pieds du bonhomme, l'interrupteur, son ventre et la lampe, sa tête et ses yeux. D'autres élèves ont comparé les circuits à des ordinateurs : la batterie est la souris, le capteur un clavier et la lampe devient l'écran **[Figure 15]**.

Ces observations de terrain illustrent une forme d'appropriation des élèves dans leur utilisation du dispositif de *learning matters* en les associant à des expériences vécues ou des observations individuelles (correspondant à notre objectif 2).



Figure 15 : Les élèves imaginant de nouveaux usages de *learning matters*
 - à gauche, une élève compare le dispositif à un petit ordinateur ,
 alors qu'à droite, un élève imagine un circuit « infini ».

- **Résultats issus des entretiens avec les enseignantes**

Afin de compléter les réponses et les comportements des élèves impliqués dans notre étude-pilote, nous avons souhaité réaliser des entretiens individuels auprès de leurs enseignantes. Comme nous l'avons déjà mentionné, ces entretiens ont fait suite au visionnage des vidéos réalisées lors des expérimentations en classe. Le **Tableau 7** présente le guide d'entretien destiné aux deux enseignantes, que nous avons choisi de diviser en quatre catégories : (1) pratique en classe, (2) à propos de *learning matters*, (3) scénario d'usage en classe, et (4) évolution des pratiques et des usages.

Tableau 7 : Guide d'entretien individuel destiné aux enseignant·es, dans le cadre de l'étude-pilote de *learning matters*

Thématique	Questions
1 Pratique actuelle en classe	<ul style="list-style-type: none"> • Comment abordez-vous la notion d'électricité actuellement en classe ? • Quelle(s) activité(s) proposez-vous ?
2 À propos de <i>learning matters</i>	<ul style="list-style-type: none"> • En quoi le projet <i>learning matters</i> se différencie-t-il de ces activités ? • Quelles sont les principales qualités de ce projet selon vous ? • Au contraire, quels sont les points faibles ?
3 Scénario d'usage en classe	<ul style="list-style-type: none"> • Quels sont les comportements des élèves qui vous ont marqués ? • Le dispositif répond-t-il à vos attentes d'un point de vue pédagogique ? • Quelles sont les possibilités d'amélioration du dispositif et de son usage ?
4 Évolution des pratiques et des usages	<ul style="list-style-type: none"> • En quoi le dispositif peut-il avoir une influence sur votre pratique pédagogique actuelle ? • Comment pourrions-nous imaginer une utilisation sur le long terme ?

Suite à l'analyse des deux entretiens, nous avons pu extraire les résultats suivants, reprenant chacune des catégories présentée dans le **Tableau 5** :

- **Pratique actuelle en classe** : Actuellement, les enseignantes abordent la notion d'électricité à partir de la grande section de maternelle, à travers notamment la réalisation d'un circuit électrique composé d'une pile et d'une lampe, auquel on introduit ensuite le composant de l'interrupteur (on/off).

Enseignante 2 : « Je demande d'abord aux élèves de faire le tri des appareils de leur quotidien électriques et non-électriques, et puis on en vient très vite à aborder les risques liés à leur utilisation; Ensuite je leur propose de manipuler une pile plate et une ampoule avec l'objectif d'allumer l'ampoule. J'ai vite observé que les élèves de grande section y arrivaient plus facilement que les élèves de moyenne section, alors je leur ai donné des interrupteurs pour que ce soit un peu plus difficile. Les élèves s'entraident, ils se montrent les uns et les autres comment il faut faire, et au final tout le monde y arrive, parfois même sans mon aide ! »

- **À propos de learning matters** : Les enseignantes ont apprécié la diversité des interrupteurs ainsi que l'utilisation du textile perçue comme « originale » et peut-être moins déstabilisante pour des élèves qui n'osaient pas toucher les composants classiques (jugés comme trop risqués ou dangereux). Aussi, l'idée de promouvoir une manipulation active c'est-à-dire le fait d'associer un geste à un signal, a été perçue comme un élément très appréciable du projet.

Enseignante 1 : « *Ce qui est intéressant dans learning matters est la manipulation et le fait qu'ils puissent observer une interaction directe entre leurs gestes et ce que cela produit.* ».

Cependant il serait plus intéressant que ce geste puisse justement faire varier l'intensité de la lumière, ce qui inciterait les élèves à être plus précis.

Enseignante 2 : « *Au début, ils agissent de manière brutale car ils veulent obtenir le résultat [que la lampe s'allume]. Je pense que la répétition du geste va venir les inciter à être plus doux. [...] En fait ce qui serait intéressant, ce serait que la précision du geste viennent agir sur l'intensité de la lumière, plus le geste est fort, plus la lumière brille fortement ou change de couleur par exemple.* »

- **Scénario d'usage : Les enseignantes ont perçu l'intérêt de leurs élèves pour le dispositif et cela s'en est ressenti sur leur implication dans le projet, y compris pour des élèves qui sont habituellement moins attentifs en classe, même si cela ne s'explique pas uniquement par le dispositif selon elles.**

Enseignante 1 : « *Les enfants les plus inhibés ou qui n'étaient pas rentrés dans les apprentissages ont manifesté davantage d'intérêt que d'habitude. Mais cela s'explique peut-être aussi par le fait qu'ils soient en petits groupes et que ce soit une personne extérieure qui anime l'activité. Même si je pense que si l'activité n'avait pas été intéressante, je l'aurais tout de suite perçu et ici ce n'est pas le cas !* »

- **Évolution des usages et des pratiques : Le projet learning matters a également donné envie aux enseignantes d'aborder différemment la notion d'électricité à travers des scénarios d'usage plus complexes par exemple**

Enseignante 1 : « *Ce projet m'a donné envie de travailler davantage des situations de problème avec l'électricité, c'est-à-dire par exemple, faire faire des branchements aux élèves en associant ce branchement à une situation précise, car j'ai vu que c'était une façon de solliciter les enfants autrement, j'ai même vu une petite lumière dans les yeux de certains.* »

Cependant les enseignantes ont aussi mentionné un manque de diversité dans les usages possibles si l'on souhaite une utilisation à plus long terme, c'est pour cela que les enseignantes ont proposé de nouvelles pistes d'amélioration afin d'ajouter de la complexité et de diversifier les usages : changement d'intensité de la lumière en fonction du geste

Enfin, on peut constater que le projet *learning matters* s'inscrit dans un réel besoin d'enseigner des notions d'électronique dès la maternelle, mais souvent le manque de matériel est un frein ainsi que les possibilités d'utilisation. Selon les enseignantes interrogées, le projet offre de nouvelles perspectives qui résonnent avec les

préoccupations et les interrogations des enfants au sujet des objets présents dans le monde qui les entoure.

Enseignante 1 : « *Souvent ce qu'il se passe c'est qu'en classe on n'a pas suffisamment de matériel et le projet learning matters répond à un réel besoin - les enfants ont besoin de comprendre et savent plus ou moins ce qu'est un interrupteur, la lumière et l'électricité ; et les circuits de learning matters aboutissent à une action concrète : allumer la lumière* ».

6.6. Discussion et Perspectives.

Le projet learning matters s'inscrit dans une démarche de recherche empirique en lien avec les enjeux de société et les préoccupations des professionnelles concernant le rôle que l'école maternelle peut jouer dans l'éducation au numérique des jeunes enfants, ainsi que du personnel enseignant . Notre démarche de co-conception démontre l'intérêt de collaborer avec le terrain et de tester les différentes versions d'un dispositif en IE(H)M avec les enfants sur le long cours (Hourcade, 2015).

6.6.1. Un dispositif pensé pour l'éducation des jeunes enfants.

Les résultats issus de notre étude-pilote mettent en évidence trois critères importants permettant d'évaluer l'impact pédagogique de notre dispositif sur les élèves: (1) la motivation et l'engagement des élèves dans l'activité proposée, (2) l'appropriation du dispositif par ces derniers, ainsi que (3) l'évolution des apprentissages sur des notions liés à l'électronique (fabrication du circuit, noms des composants et fonctionnement). Même si ces résultats sont encourageants, il faudrait envisager une étude plus approfondie, impliquant plus d'élèves et sur une période plus longue afin d'évaluer réellement des évolutions pédagogiques liées à l'utilisation du dispositif de *learning matters* en maternelle, à plus long terme.

Du côté des enseignantes interrogées, si l'originalité du dispositif a été notée, elle semble avoir un impact sur l'évolution des pratiques pédagogiques. L'idée d'associer textile et électronique, encourage le développement du toucher (haptique) et de la logique (résolution de problèmes). On note cependant que le scénario proposé est relativement « fermé » et les enseignants souhaiteraient multiplier les potentialités d'usage. Le choix de créer des circuits analogiques (sans micro-contrôleur) peut être considéré comme une limite. Afin de pallier cette limite importante, nous avons également pensé de nouvelles potentialités d'usage du projet de *learning matters*.

6.6.2. De nouvelles perspectives d'utilisation.

- **Apprendre avec et sur l'électronique.**

La troisième et dernière version du dispositif de *learning matters* favorise un assemblage facile et rapide des différents éléments qui composent un circuit, grâce à un système de couches empilables. Cela permet également de faciliter la réparation d'un élément en cas de casse (ce qui peut souvent arriver lors de l'utilisation par des jeunes enfants). Nous avons donc documenté l'ensemble du processus de fabrication de chaque élément - batterie, lampe, ainsi que les différents interrupteurs en e-textile, dans des notices.

Au-delà d'utiliser le dispositif de *learning matters* dans un scénario pédagogique avec des élèves de maternelle, nous pourrions envisager un scénario prenant en compte la fabrication des différents éléments du circuit par des élèves plus âgés, au sein d'un même complexe scolaire. L'idée présentée ici est bel et bien de promouvoir une éducation à l'électronique à tout âge : avec l'électronique chez les tout-petits (maternelle), et *sur* l'électronique chez les plus grands (CM1-CM2) [Figure 16].

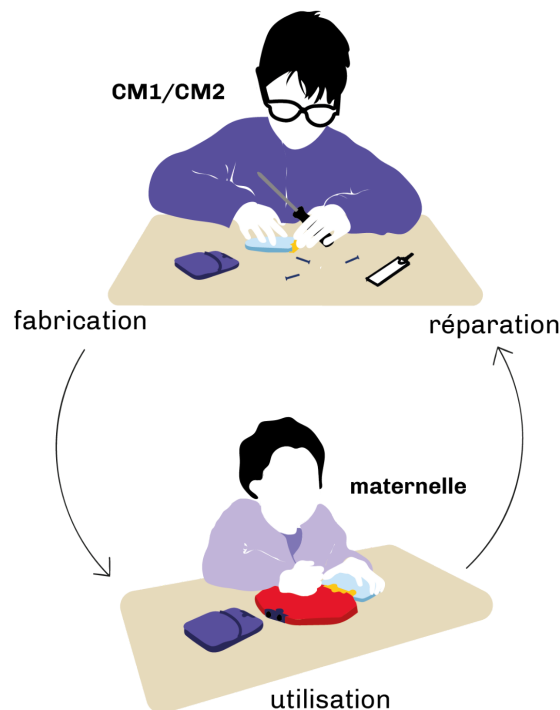


Figure 17 : Circuit court de production du dispositif de *learning matters* - les élèves de CM1/CM2 fabriquent et réparent les circuits utilisés par les élèves de maternelle.

> Nous avons testé la fabrication des éléments du dispositif *learning matters* lors du Turfu Festival organisé au Dôme, à Caen, en octobre 2020. [Figure 18].



Figure 18 : Deux enfants de 8 et 9 ans fabriquent une « lampe » du dispositif de *learning matters*, accompagnées de la notice de fabrication.

- **Démystifier le e-textile.**

La deuxième perspective d'utilisation concerne la démystification d'un domaine de recherche encore peu investigué en France est celui du e-textile. L'idée portée par la designer Claire Eliot est ainsi de promouvoir l'« artisanat numérique » (Chardonnet et. al, 2012) par l'alliance du textile et de l'électronique (Buechley & Perner-Wilson, 2012). Et même par le mode de fabrication qui relève des techniques textiles artisanales conjuguées avec une pratique de l'électronique de l'ordre de la fabrication manuelle plus qu'industrielle.

Dans ce contexte, les interrupteurs de *learning matters* possèdent une double fonctionnalité (i) démystifier les « boîtes noires » que forment actuellement les interfaces numériques (Masure, 2019), (ii) enseigner les principes de base du e-textile aux concepteurs (en ingénierie ou en design).

6.6.3. *learning matters*, un démonstrateur de possibles ?

Enfin, le projet *learning matters*, au-delà d'être un dispositif pédagogique adapté à la petite enfance, est un démonstrateur de nouvelles possibilités d'usage liées au détournement de la technologie. C'est dans ce sens que le projet a été présenté ou récompensé lors de différents événements :

- En tant que finaliste de la **Bourse Agora** pour la recherche en design du Ministère de la Culture en 2019 ;
- Nous avons exposé et organisé des ateliers autour de la fabrication du dispositif lors du **Turfu Festival** qui s'est déroulé au Dôme à Caen en octobre 2020 ;
- Le projet a été présenté au **Festival « Lumières sur le Quai »** au Quai des Savoirs à Toulouse, puis à la conférence de robotique « **Drôle d'objets** » en octobre-novembre 2021 ;
- Le projet a été exposé pour l'exposition « **LOW-TECH** - Et si on avait confondu progrès et nouveauté ? » à Meyrin en Suisse (25.09 - 24.12 2021) ;
- Enfin, le projet *learning matters* a obtenu le label « **Fabriqué à Paris** » dans la catégorie « Produit manufacturé » en mai 2022.

_Les multiples possibilités d'interaction offertes par le projet *learning matters* sont aujourd'hui multiples ouvrent des pistes intéressantes dans le domaine de l'éducation. Le dispositif pourrait également être mis à disposition d'équipes de recherche qui souhaiteraient réaliser des études sur le développement de l'enfant en relation au toucher, à l'esprit logique ou encore à l'imagination des tout-petits. Dans le chapitre suivant, nous verrons comment les interactions tangibles proposées par les interrupteurs e-textile développées dans le cadre de *learning matters* sont au cœur des interactions proposées par le projet de l'eGloo, un laboratoire mobile pensé pour les tout-petits.



Conférence « Drôle d'objets » • La Rochelle, octobre 2021.



Festival « Lumière sur le quai » • Le Quai des Savoirs, Toulouse, novembre 2021.

Bibliographie.

- 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).
- Bouvier-Patron, P. (2015). FabLab et extension de la forme réseau: vers une nouvelle dynamique industrielle?. *Innovations*, (2), 165-188
- Buechley, L., & Perner-Wilson, H. (2012). Crafting technology: Reimagining the processes, materials, and cultures of electronics. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 19(3), 1-21.
- 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).
- Cibrian, F. L., Peña, O., Ortega, D., & Tentori, M. (2017). BendableSound: An elastic multisensory surface using touch-based interactions to assist children with severe autism during music therapy. *International Journal of Human-Computer Studies*, 107, 22-37.
- Chardronnet E. sous la direction (2012). Les artisans du numérique. Editions HYX.
- Decortis, F. (2015). L'ergonomie orientée enfants: Concevoir pour le développement. Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France.
- Eliot, C & Chevrier, J. (2019). Les matériaux souples réactifs redéfinissent notre rapport aux outils numériques. In Proceedings of the Global Fashion Conference 2020.
- 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.
- Hu, F., Zekelman, A., Horn, M., & Judd, F. (2015, June). Strawbies: explorations in tangible programming. In Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children (pp. 410-413).
- 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.

- Nova, N., & Roussilhe, G. (2020). Du low-tech numérique aux numériques situés. *Sciences du Design*, 11(1), 91-101.
- Resnick, M., Ocko, S., & Papert, S. (1988). LEGO, Logo, and design. *Children's Environments Quarterly*, 14-18.
- Serres, M. (2014). *Les cinq sens*. Grasset.
- Winnicott, D. W. (2010). *Les objets transitionnels*. Éditions Payot & Rivage.
- Xu, D. (2005). Tangible user interface for children-an overview. In Proc. of the UCLAN Department of Computing Conference.
- Yu, J., & Roque, R. (2018, June). A survey of computational kits for young children. In *Proceedings of the 17th ACM conference on interaction design and children* (pp. 289-299).
- 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).
- Zuckerman, O., Grotzer, T., & Leahy, K. (2006). Flow blocks as a conceptual bridge between understanding the structure and behavior of a complex causal system.
- Zuckerman O., Resnick M. (2003). System Blocks: A Physical Interface for System Dynamics Simulation. In *Proceedings of CHI '03*, ACM Press, pp. 810-811.

État de l'art • Jeux de construction en électronique

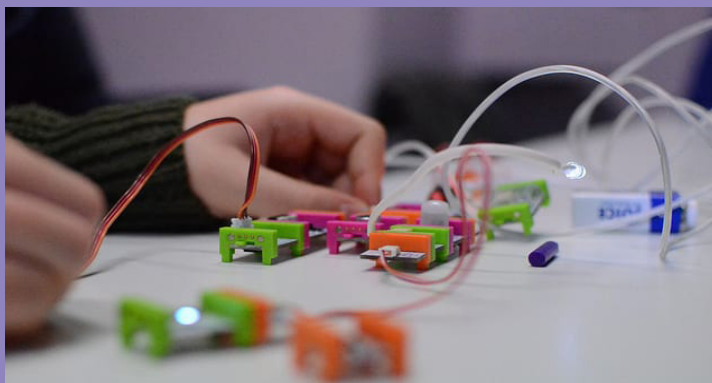
1•



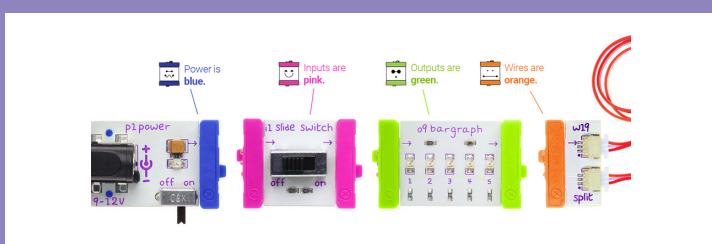
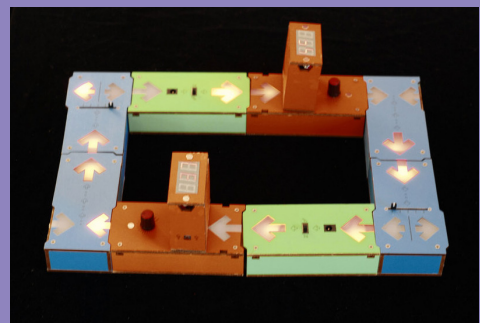
- 1• KIBO Robot
- 2• littleBits, Sphero
- 3• Flowblocks
- 4• Motor Kit, Tinkamo
- 5• Coding Awbie, Osmo (Strawbies)



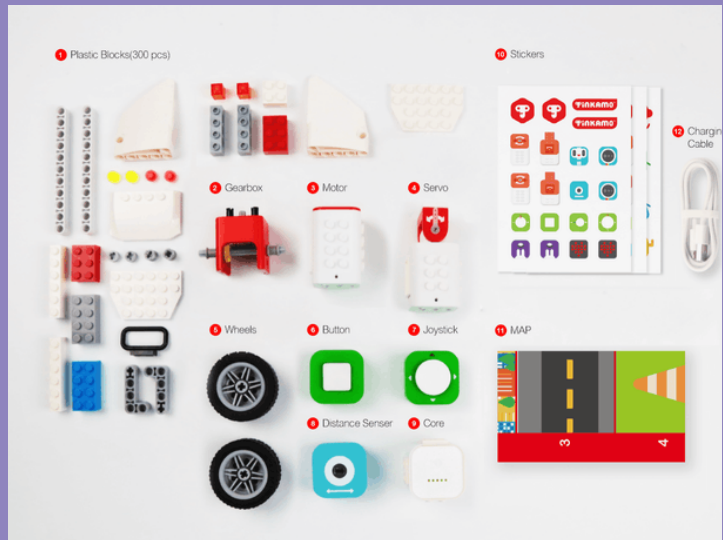
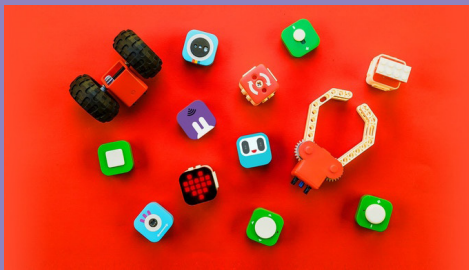
2•



3•



4•



5•



État de l'art • Interfaces en e-textile

1•



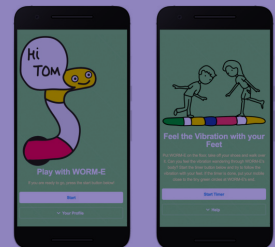
- 1•Spookies
- 2•BabyTango
- 3•WORM-E
- 4•BendableSound



2•



3•



4•





Chapitre 7

eGloo

– un living-lab mobile d'interactions tangibles, conçu pour les jeunes enfants.

Note à la lecture • La lecture de ce chapitre s'accompagne d'un BOOKLET intitulé eGloo, auquel nous ferons référence à plusieurs reprises, en indiquant les pages à consulter.

Un chapitre issu d'un article co-écrit avec Lisa Jacquey et Valentin Dettling, dans le cadre de Premiers Cris.

-

La réalisation du projet de l'eGloo a bénéficié du soutien de la Direction du Numérique pour l'Éducation (DNE) et de la Fondation Mustela.

Alors que l'utilisation des écrans par les jeunes enfants (avant l'âge de 6 ans) fait l'objet de nombreuses controverses, le développement d'environnements et d'interfaces tangibles (TUIs) offre de nouvelles perspectives pour l'éducation, et ce, dès la petite enfance. Ces nouvelles interfaces semblent être plus adaptées aux tout-petits que les écrans, car elles offrent des interactions multisensorielles, tout en favorisant la manipulation d'objets physiques et l'exploration active, des éléments essentiels au développement de l'enfant (Manches & O'Malley, 2012).

De plus, dans le domaine des interactions humain-machine (IHM) dédié à l'enfance (on parle alors d'interactions enfant-machine, simplifié dans ce manuscrit sous le terme d'IE(H)M), la création d'interfaces tangibles met en avant des considérations éthiques, prônant des processus de conception plus collaboratifs, c'est-à-dire encourageant la participation des futur-es utilisateurs-trices (enfants, professionnel-les de la petite enfance, chercheur-es ou expert-es du développement, etc.) (Van Mechelen, et al, 2020). Ces nouvelles interfaces numériques font alors l'objet d'études empiriques, i.e. des études menées dans l'environnement quotidien des enfants (à l'école maternelle ou à la maison) et mettant en avant des méthodes d'observation dites « écologiques », considérant le développement du tout-petit de manière holistique (Zaman, et al, 2012).

Parallèlement, les méthodes de recherche sur les jeunes enfants ont évolué ces dernières années. L'approche écologique, qui étudie le développement de l'enfant dans son milieu de vie naturel et qui tient compte de la richesse du monde réel, connaît un regain d'intérêt (Adolph & Sternberg, 2019). Les chercheur-es souhaitent désormais impliquer dans leurs études des écosystèmes de recherche qui présentent une validité écologique élevée et qui soutiennent des expériences répondant aux standards de la démarche scientifique (tels que la répliquabilité entre sujets ou le design expérimental non biaisé). Parallèlement, les chercheur-es s'appuient de plus en plus sur les nouvelles technologies qui améliorent le processus ainsi que la fiabilité de la collecte des données (Roy et. al, 2006).

En abordant simultanément les enjeux soulevés par les domaines des IE(H)M et des sciences du développement, nous soutenons que la recherche sur la petite enfance bénéficierait de la création de nouveaux écosystèmes expérimentaux mettant en évidence de nouvelles potentialités de conception. En effet, nous supposons que la conception d'un *living-lab* adapté aux enfants pour mener des expérimentations de qualité pourrait être une réponse. Un *living-lab* peut être défini comme un concept

de recherche introduisant un écosystème expérimental, mettant l'accent sur une approche centrée sur l'utilisateur-trice afin de relever les défis sociétaux par l'implication de ces dernier-es dans un processus de co-création (Fulgencio, et. al, 2012 ; Pallot et. al, 2010). C'est dans cette optique que nous avons conçu l'eGloo [Figure 1], un *living-lab* adapté aux jeunes enfants, prenant en compte les besoins de ses futur-es utilisateurs-trices, c'est-à-dire à la fois des jeunes enfants et des expérimentateurs-trices/chercheur-es.



Figure 1 : L'eGloo, un living-lab mobile - ici adapté au scénario « Le nid du doudou ».

Dans ce chapitre, nous allons décrire dans quelle mesure cet écosystème nous semble adapté : (1) aux besoins des jeunes enfants et (2) aux exigences des expérimentateurs-trices, en contexte écologique. Nous décrirons d'abord l'eGloo, du processus de co-création aux choix de conception, ainsi qu'à la présentation de son système d'interaction adaptatif. Nous présenterons ensuite notre étude-pilote dans laquelle l'eGloo a été testé avec 14 enfants âgés de 2 à 6 ans, menée au sein de notre centre de recherche à Paris (en raison de la pandémie de Covid-19). Pour cela, nous avons créé le scénario intitulé « Le nid du doudou » pour les enfants d'âge préscolaire et mettant en avant les potentialités de l'eGloo en termes d'espaces et de possibilités d'interactions. Cette étude visait à déterminer dans quelle mesure l'eGloo répond aux critères prévus d'un écosystème expérimental adapté aux jeunes enfants.

Puis, nous présenterons une deuxième étude menée cette fois-ci en contexte écologique, c'est-à-dire dans un lieu habituellement fréquenté par le jeune enfant. L'eGloo a été ici testé sur 30 enfants, âgés de 2 à 6 ans, au sein de *mille formes*, un centre d'art dédié aux tout-petits, situé à Clermont-Ferrand. Nous décrirons ainsi dans quelle mesure, cette étude complémentaire nous permet d'envisager aujourd'hui la poursuite d'études complémentaires en milieu écologique, un des objectifs majeurs de ce type d'écosystème expérimental mobile et adaptatif.

Enfin, nous exposerons les perspectives futures de ce projet de recherche interdisciplinaire qui ouvre la voie à de nouvelles méthodes de recherche dans le domaine de la petite enfance, basées sur les expériences d'apprentissage incorporées des tout-petit.

7.1. État de l'art.

Dans cette première partie, nous mettrons en évidence les considérations actuelles de la recherche sur le développement de l'enfant, ainsi que les avancées récentes dans le domaine des IE(H)M basées sur les interactions tangibles, qui offrent toutes deux des possibilités de créer de nouveaux écosystèmes expérimentaux conçus pour les jeunes enfants.

7.1.1. Recherche sur le développement de l'enfant : validité écologique et normes scientifiques.

Les premières recherches en psychologie du développement ont été menées par des parents (érudits) qui observaient, décrivaient et analysaient quotidiennement les comportements de leurs enfants (Taine, 1877 ; Darwin, 1877 ; Preyer, 1900). Jean

Piaget, figure importante de la psychologie du développement, s'est lui-même en partie appuyé sur les observations de ses propres enfants pour élaborer ses théories développementales (Piaget, 1935). Malgré l'intérêt indéniable de ces études, elles ne répondent pas à toutes les normes scientifiques (notamment dû au fait qu'il s'agissait d'observations subjectives). Face à ces critiques, la recherche sur les enfants en laboratoire a largement gagné en popularité. Cette approche expérimentale ne cherche plus à analyser le comportement des enfants dans leur vie quotidienne mais cherche à tester un phénomène précis dans un cadre expérimental de laboratoire, souvent à l'aide d'outils de suivi (« *eye tracker* » ou détecteur oculaire, casquette EEG ou électroencéphalogramme, etc.). Les résultats produits par les expériences de laboratoire ont en contrepartie, une validité écologique limitée, alors qu'elle peut être critique pour appréhender pleinement le développement de l'enfant.

Ces dernières années, un renouveau des méthodologies de recherche sur l'enfant s'est amorcé, plaidant pour une plus grande prise en compte de la validité écologique (Adolph, 2020). Plutôt que de s'engager dans un simple retour aux méthodologies des 19ème et 20ème siècles, les chercheur·es ont cherché à concilier les exigences de la validité écologique et les standards attendus par une approche expérimentale.

Une première approche adoptée par la recherche consiste donc à (re)créer un espace conçu au sein du laboratoire qui mime l'espace de vie d'un enfant, comme ce qui a été développé dans le *Infant Action Lab*¹ ou dans le *Developmental Intelligence Lab*². Une telle approche permet de créer un environnement comparable à l'environnement quotidien de l'enfant tout en bénéficiant des avantages du laboratoire, notamment en ce qui concerne la collecte de données. Cependant, cette approche nécessite un équipement très spécifique, dont peu de laboratoires disposent. De plus, cette approche reste relativement peu écologique : elle nécessite que l'enfant se rende au laboratoire, un environnement inconnu et potentiellement stressant.

Une deuxième approche consiste à amener le matériel expérimental sur les lieux de vie de l'enfant : son domicile, la crèche ou le jardin d'enfants. Un exemple (extrême) de ce type de méthode a été mis en place pour le projet *The Human*

¹ *Infant Action Laboratory* de l'Université de New York : <https://www.nyuactionlab.com/>

² *Developmental Intelligence Lab* de l'Université du Texas : <https://www.la.utexas.edu/users/dil/index.html>

speechome (Roy et. al, 2006). Deb Roy et Rupal Patel ont installé des caméras et des microphones dans leur maison pendant six mois, ce qui a donné lieu à 24 000 heures d'enregistrements vidéo et 33 000 heures d'enregistrements audio de leur premier-né. Plus couramment, de nombreuses études expérimentales ont été menées dans des jardins d'enfants ou des écoles maternelles (Rizzo et. al, 2003 ; Sperati et. al, 2019). Cette approche fournit des données qui reflètent le développement de l'enfant dans son environnement quotidien. Néanmoins, cette approche soulève également des difficultés. Tout d'abord, elle ne garantit pas toujours des conditions expérimentales conformes aux normes méthodologiques attendues. Des biais peuvent apparaître et interférer avec l'interprétation des données expérimentales : bruit de fond dans la pièce, pleurs d'un autre enfant, entrée d'un visiteur inattendu, etc. De plus, il n'est tout simplement pas toujours possible de déplacer ou d'adapter le matériel expérimental à l'espace de vie de l'enfant.

Outre les deux méthodes décrites ci-dessus (notons qu'il ne s'agit pas d'une revue exhaustive), de nouvelles propositions d'écosystèmes expérimentaux pour les jeunes enfants ont vu le jour ces dernières années, dont certaines spécifiquement dans le domaine des IHM.

7.1.2. Écosystèmes expérimentaux basés sur l'interaction tangible pour les jeunes enfants.

Dans le domaine des interactions enfant-machine ou IE(H)M, les approches centrées sur l'utilisateur (c'est-à-dire basées sur la responsabilisation des acteurs de terrain dans le processus de conception) dominant (Van Mechelen et. al, 2021). Concevoir pour les enfants signifie prendre en compte les caractéristiques, les besoins et les contraintes des premier-es concerné-es, c'est-à-dire les enfants et les adultes qui les entourent (professionnel-les de la petite enfance, enseignant-es ou encore professionnel-les de santé) (Hourcade, 2015). Ces interfaces numériques dédiées aux jeunes enfants sont généralement conçues dans un processus de recherche écologique, c'est-à-dire qu'elles sont testées en conditions réelles auprès des enfants afin d'être adaptées, améliorées et évaluées. Ainsi, l'observation dans l'environnement quotidien des enfants (scolaire ou familial) est la méthode de recherche empirique la plus utilisée dans le domaine des IE(H)M. Si le passage à l'échelle (et donc la reproductibilité) est un objectif final souhaité, les considérations éthiques sont importantes. Il est donc important de comprendre comment et

pourquoi ces technologies peuvent améliorer l'environnement quotidien des enfants (Antle et. al, 2020).

De nombreux projets de création d'interfaces dédiées aux jeunes enfants prennent en compte les éléments essentiels du développement (le langage, la créativité ou encore la collaboration entre enfants) ainsi que les enjeux pédagogiques fondamentaux (c'est-à-dire apprendre à lire, écrire et compter) (Manches & O'Malley, 2012). Lorsqu'il s'agit de projets adaptés aux jeunes enfants (avant l'âge de 8 ans), les interfaces tangibles (ou TUIs en anglais pour Tangible User Interfaces) semblent être privilégiées. Elles offrent la possibilité aux enfants de manipuler physiquement des informations numériques avec des objets tangibles (Ishii, 2008). De plus, elles permettent la création d'environnements pédagogiques actifs, basés sur des interactions multisensorielles et souvent collectives (Ponticorvo et. al, 2018).

Par exemple, les projets *Story Mat* (Cassell et Kimiko, 2001) et *POGO* (Rizzo et. al, 2003) ont fait l'objet de travaux de recherche intéressants, en tant qu'interfaces tangibles destinées aux jeunes enfants (entre 5 et 8 ans). Plus que de simples interfaces, ces deux projets forment des écosystèmes expérimentaux à la fois numériques et pédagogiques. Grâce à l'utilisation de la réalité augmentée ou à la manipulation d'objets tangibles, ils soutiennent la narration et l'imagination des enfants par le biais d'interactions multisensorielles. Il est important de noter que chacun de ces projets a fait l'objet d'un processus de création itératif réalisé en collaboration avec les enfants et leurs enseignant-es.

Nous avons également observé des tendances dans la conception d'interfaces tangibles pour les enfants d'âge préscolaire. En effet, deux typologies d'interfaces semblent être privilégiées : les interfaces sonores et les interfaces en textile connecté (parfois les deux à la fois). On peut par exemple citer le projet *Bendable Sound* qui permet aux enfants de créer des interactions sonores par le toucher d'une surface interactive en textile (Cibrian et. al, 2017). Le projet *OVAOM*® se présente quant à lui sous la forme de deux manettes de jeux sonores couplées à une application sur smartphone proposant des scénarios d'usage ludiques qui permettent de développer l'écoute et l'attention, par la manipulation de ces objets physiques (Barbier et. al, 2021). Un autre projet récent propose même de créer un écosystème musical prenant la forme d'une aire de jeux au sein de l'école maternelle (Core et. al, 2017).

Concernant les interfaces en textile connecté, les projets fleurissent avec des usages très variés destinés aux enfants d'âge préscolaire. Dans ces projets, les propriétés intrinsèques du textile (douceur et haptique) en font un support idéal pour les interactions corporelles. Par exemple, Baby Tango (Berzowska et. al, 2019), WORM-E (Honauer et. al, 2020) et Spookies (Berglin, 2005) sont des jouets souples utilisant l'haptique pour favoriser les jeux corporels et sociaux. L'association du textile et de l'électronique ouvre de nouvelles voies pour concevoir des écosystèmes expérimentaux pour la petite enfance (Honauer et. al, 2019). Il est également intéressant de noter que certains de ces projets utilisant le son et les textiles intelligents ont été développés pour des enfants à besoins spécifiques, ce qui favorise une vision inclusive des technologies faites et conçues pour les très jeunes enfants (tels que les projets OVAOM© ou *Bendable Sound* précédemment cités).

Les projets présentés ici sont donc des pistes prometteuses pour la création d'un *living-lab* à la fois accueillant et sécurisant pour les enfants et adapté à la recherche sur la petite enfance. Dans la section suivante, nous allons alors décrire notre proposition de *living-lab* permettant de répondre à ces enjeux.

7.2. Conception d'un living-lab adapté aux enfants.

La conception d'un living-lab adapté aux jeunes enfants a nécessité l'implication de divers acteurs et actrices (universitaires et non universitaires) au sein d'un processus de co-création. Un processus de co-création est défini comme « tout acte de créativité collective, c'est-à-dire partagée par deux ou plusieurs personnes » (Zimmerman et. al, 2007). Ce processus permet d'établir une méthodologie de conception organisée principalement autour d'une communauté interdisciplinaire. Il s'agit ainsi de s'accorder sur un ensemble de prérequis à la conception et de faire des choix qui guident l'ensemble du processus de co-création, afin de dépasser les préférences individuelles au profit d'orientations définies collectivement (Sanders & Stappers, 2008). Avant de revenir en détail sur le processus de co-création, revenons dans un premier temps sur les exigences de conception du dispositif de l'eGloo.

7.2.1. Exigences de conception.

Comme mentionné dans l'introduction, l'objectif de ce projet est double : (1) nous voulions concevoir un écosystème adapté aux enfants, et (2) nous voulions que cet écosystème supporte des expériences de qualité. Concernant le premier objectif, nous avons considéré que notre *living-lab* devait être un espace ludique, sécurisé et

agréable pour les jeunes enfants, à la fois en termes d'espace et d'interactions. Nous souhaitions également que l'écosystème offre des expériences adaptées aux enfants. Pour atteindre notre deuxième objectif, ie. concevoir un écosystème pour des expériences de qualité, nous devons créer un écosystème supportant des expériences standardisées, c'est-à-dire qui puissent être comparables d'un enfant à l'autre. En complément, ce living-lab devait permettre la collecte de données à haute validité écologique. Il devait donc garantir la récolte de données comportementales précises. De plus, nous souhaitions que l'eGloo puisse être utilisé par différentes équipes de recherche. Pour cela, les chercheurs devaient être en mesure de sélectionner les interactions ou stimuli en fonction de leurs questions de recherche. Nous espérions ainsi que l'eGloo puisse soutenir différents types d'études. Par exemple, des études testant de nouvelles interfaces tangibles adaptées aux jeunes enfants, mais aussi des études abordant des questions de recherche plus théoriques, telles que le sens de l'agentivité chez les tout-petits (c'est-à-dire le sentiment que l'agent, ici l'enfant, a d'être l'auteur de cette action et des conséquences de celle-ci).

7.2.2. Processus de co-crédation.

La conception d'un *living-lab* adapté aux enfants a nécessité la mobilisation d'une équipe interdisciplinaire aux compétences complémentaires, ainsi que la définition d'un processus de conception commun, propice aux enjeux de collaboration.

- **Une équipe interdisciplinaire.**

Ainsi, nous avons réuni une équipe composée de personnes issues de domaines très différents, de chercheur-es universitaires et de praticien-nes. De plus, comme nous souhaitions créer un écosystème numérique, la composition de l'équipe s'est enrichie d'ingénieur-es spécialisé-es en électronique et en développement informatique. Cette collaboration ambitieuse a nécessité l'implication de designers comme moyen d'interaction entre diverses communautés (Gaver, 2012). La figure 1 représente le statut et le groupe de chaque acteur impliqué dans le processus de co-crédation, avec le designer d'interaction au centre, pour assurer la coordination générale.

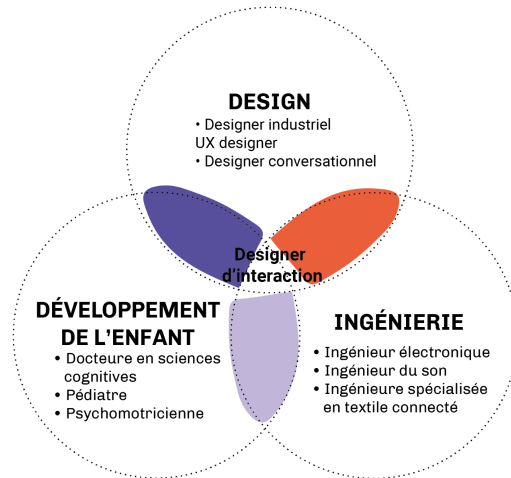


Figure 2 : L'équipe interdisciplinaire de l'eGloo entre Design, Développement de l'enfant et Ingénierie

Notre équipe de conception était composée de trois groupes différents. Chaque groupe a joué un rôle spécifique dans le processus de co-création :

- **Le groupe « développement de l'enfant »** composé d'une chercheuse universitaire et de deux praticiennes (une pédiatre et une psychomotricienne). Très complémentaires, ces expertes de la petite enfance ont veillé à ce que le projet soit adapté aux besoins et aux capacités des jeunes enfants, ainsi qu'à son adéquation avec des expérimentations de qualité.
- **Le groupe « ingénierie »** réuni deux ingénieurs (spécialisés en électronique et en sonification), ainsi qu'une ingénieure (également designer) spécialisée dans le textile connecté. Ce groupe était chargé du développement électronique et informatique du *living lab*, c'est-à-dire du choix du matériel électronique à la conception de l'interface utilisateur-trice, afin de créer un écosystème à la fois adaptatif et interactif.
- **Le groupe « design »** s'est composé de designers issus des différentes disciplines liés au design allant du design industriel au design conversationnel ou spécialisé en expérience utilisateur (UX), ce groupe a conçu le *living lab* en termes d'espace et d'interactions, ainsi que de la narration interactive proposée par l'enfant au sein de l'eGloo.

Ensemble, nous avons identifié les besoins de l'eGloo, ce qui a constitué la première étape du processus de conception.

BOOKLET • Les membres détaillés de l'équipe sont décrits aux pages 84-85.

- **Processus de conception**³

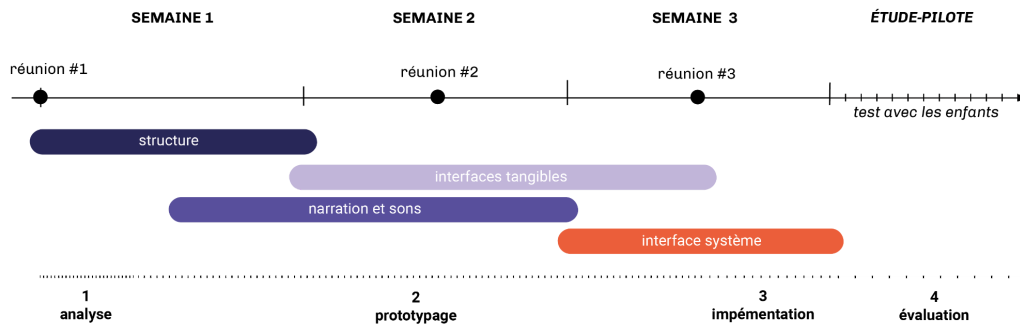


Figure 3 : Le processus de conception de l'eGloo divisé en 4 phases: analyse - prototypage - implémentation - évaluation

Afin de faciliter le processus de co-création, nous avons organisé un *workshop*⁴ de trois semaines réunissant toutes les actrices impliquées dans le processus de conception au sein d'un même lieu. Ce workshop s'est tenu, en septembre 2019 au sein du centre de recherche nommé *Learning Planet Institute* (anciennement CRI) situé au centre de Paris et possédant un espace de fabrication de type « fablab » appelé « *MakerLab* » (Walter-Herrmann & Büching, 2014). En effet, le *MakerLab* du LPI est équipé de machines numériques telles que des imprimantes 3D et une découpeuse laser, ainsi que d'outils de fabrication classiques (tournevis, pinces, cutters, fers à souder etc.). Ce fablab dispose également de ressources en matière première (carton, textile et bois) nous ayant permis de prototyper rapidement nos idées.

L'objectif principal de ce workshop était de concevoir une première version de l'eGloo qui pourrait être testée avec des enfants. Le processus de conception du projet eGloo a été divisé en 4 phases [Figure 3] :

1. **Analyse du contexte**, permettant de définir collectivement les exigences du projet ;
2. **Prototypage du projet**, dans notre cas, composé de la structure, de l'environnement narratif et sonore ainsi que des manipulateurs intégrés ;
3. **Implémentation** dans l'environnement quotidien de l'enfant ;
4. **Évaluation** de la pertinence de cet écosystème expérimental pour la recherche sur la petite enfance.

³ Nous avons documenté le processus du workshop dans une vidéo disponible sur la chaîne YouTube de Premiers Cris : <https://www.youtube.com/watch?v=6s37o9NNH-c>

⁴ On peut ici définir le terme de « workshop » comme un atelier collaboratif de conception.

Nous avons planifié plusieurs réunions tout au long du processus. Ainsi, la réunion de lancement nous a permis de définir le cahier des charges du projet (décrit ci-après) qui a conduit à la construction d'une première maquette considérée comme le point de départ du projet [Fig.4]. À partir de cette maquette, nous avons pu organiser la suite du workshop en fonction de nos choix de conception notamment en termes d'aménagement de l'espace et de système interactif. Afin de pouvoir tester rapidement le dispositif auprès d'enfants, nous avons également conçu un premier scénario composé d'un environnement narratif et sonore, ainsi que d'interfaces tangibles intégrées à l'écosystème.

7.2.3. Cahier des charges.

Pour répondre aux exigences de conception (tel que décrit en section 7.2.1) et grâce à la mobilisation des compétences interdisciplinaires de notre équipe, nous avons établi le cahier des charges suivant :

- L'écosystème expérimental doit être semi-clos pour séparer l'enfant de l'environnement extérieur et créer ainsi un espace expérimental indépendant de l'environnement dans lequel il est intégré ;
- Un scénario d'usage est créé pour chaque expérimentation, décrivant ainsi toutes les étapes de l'expérience - de la découverte du dispositif, son introduction à l'enfant, à l'expérience vécue puis la restitution de l'enfant. Ce scénario prend donc en compte les actions de l'expérimentateur·trice qui conduit l'expérience ;
- Une narration guide l'exploration de l'enfant à travers le système, composé de plusieurs éléments manipulables aux retours multisensoriels (interfaces tangibles). Cette narration permet ainsi de comparer le comportement d'un enfant à un autre. Cette narration peut prendre la forme d'une histoire enregistrée puis diffusée au sein de l'eGloo ou bien de phrases prononcées par l'expérimentateur·trice qui accompagne l'enfant ;
- D'interface tangibles aux retours multisensoriels (son, vibration et lumière), composé par exemple de textile connecté qui semble tout à fait adapté à une utilisation par les jeunes enfants (comme décrit en section 7.1.2).

Dans les paragraphes suivants, nous décrivons comment nous avons incarné nos choix de conception au sein de l'eGloo.

7.3. L'eGloo, un *living-lab* d'interactions tangibles.

L'eGloo est un *living-lab* d'interactions tangibles conçu à la fois pour ses utilisateur-trices : les enfants d'âge préscolaire et les expérimentateur-trices. Dans les prochains paragraphes, nous décrirons dans un premier temps les choix de conception du dispositif puis le système d'interaction tangible « *plug & play* » spécifiquement conçu pour l'eGloo.

7.3.1 Les choix de conception d'un *living-lab* pensé...

- **...pour les enfants : un écosystème adapté aux enfants**

Afin de mener des expérimentations avec de jeunes enfants, nous voulions, d'une part, concevoir un écosystème interactif adapté aux besoins et aux contraintes des premiers concernés, les enfants âgés de 2 à 6 ans. D'autre part, nous souhaitions que cet écosystème soit facile à transporter et à installer d'un lieu à un autre, les espaces fréquentés par le jeune enfant étant multiples (de l'école à la maison en passant par la bibliothèque ou encore les musées ou centres d'art).

L'eGloo prend donc la forme d'un espace semi-clos, en forme de cabane de jeu pour enfant, sans plafond. En effet, nous avons choisi de ne pas ajouter de plafond afin que l'enfant ne se sente pas enfermé et puisse se souvenir du lieu dans lequel il se trouve en levant les yeux. De cette façon, nous avons évité l'effet « boîte expérimentale » qui pourrait inquiéter l'enfant et lui faire arrêter l'expérience de manière prématurée. L'espace est donc constitué d'un sol (surface = 2 m²) et de six parois de 1,20 m de hauteur (largeur = 0,85 m pour trois des murs et 1 m pour les trois autres), sachant que la taille moyenne d'un enfant de 5 ans est de 110 cm. L'une des parois de l'eGloo est composée d'une petite porte, par laquelle les enfants peuvent entrer [Figure 2].

Les différents éléments (sol et parois) sont composés de carton recouverts de mousse et de housses en tissu bleu foncé. Nous avons choisi le bleu foncé pour deux raisons : premièrement, le bleu marine est une couleur naturellement apaisante pour les enfants, et deuxièmement, c'est une couleur relativement neutre, ce qui nous permet de jouer avec d'autres couleurs plus vives dans la conception des interfaces tangibles intégrées à l'espace et qui seront ainsi plus facilement identifiées par les enfants. Grâce à ses housses de tissu, l'eGloo peut être facilement déhousé et lavé, ce qui s'avère particulièrement pertinent lorsque l'on travaille avec de jeunes enfants. De plus, l'association de mousse et d'une housse en textile crée un espace relativement confortable, ce qui incite l'enfant à se positionner comme il le souhaite au sein de cet espace (debout, assis, couché).

En prenant en compte tous ses détails de conception, nous pensons que l'eGloo constitue un espace sécurisé qui pourrait fournir une expérience agréable à l'enfant.

BOOKLET • L'ensemble de la structure et ses étapes de fabrication sont décrites de la page 24 à la page 38.



Figure 4 : L'entrée de l'eGloo se fait par une petite porte, également composée de textile.

- **...pour les expérimentateurs : un écosystème pour des expériences de qualité**

Les instructions données à l'enfant au sein de l'eGloo ainsi que le déroulement des différentes étapes expérimentales sont semi-automatiques, et par conséquent similaires pour tous les enfants (voir section 7.3 pour plus de détails). De plus, l'eGloo est isolé visuellement et acoustiquement de l'environnement extérieur. Ces éléments favorisent donc l'implémentation de protocoles expérimentaux standardisés, c'est-à-dire des protocoles expérimentaux reproductibles d'un enfant à l'autre.

En favorisant des expériences à la fois confortables et ludiques au sein de l'eGloo, nous souhaitons nous assurer que les enfants se sentent en confiance à l'intérieur de l'écosystème, et n'aient pas le sentiment d'être observés ou évalués (comme cela pourrait être le cas dans un laboratoire classique). De plus, l'eGloo est

facilement transportable et peut être installé dans différents lieux fréquentés par les jeunes enfants. L'eGloo peut ainsi soutenir la collecte de données dites écologiques. En tant qu'écosystème expérimental intégrant des outils numériques, l'eGloo permet d'enregistrer les comportements de l'enfant pendant toute la durée de l'expérience, grâce à une caméra montée sur l'une de ses parois.

Enfin, l'eGloo est un écosystème expérimental qui peut être utilisé par différentes équipes de recherche étudiant des problématiques variées. Grâce à son système d'interaction « *plug & play* »⁵, l'eGloo est en effet adaptable à différents protocoles expérimentaux : les interfaces tangibles utilisées, ainsi que le déroulement de l'expérience, sont facilement modulables par toute équipe de recherche.

7.3.2. Le système d'interaction « *plug & play* ».

L'originalité de l'eGloo réside techniquement dans le système interactif spécialement conçu pour cet écosystème expérimental (Figure 5). Le système est composé d'une unité de contrôle (*hardware*) reliée aux interfaces tangibles et au système sonore (*hardware*) grâce à un système bluetooth à basse énergie et connecté à un ordinateur possédant l'interface de contrôle de l'eGloo.

- **Unité de contrôle et interfaces tangibles (*hardware*).**

L'unité de contrôle (ou boîtier de commande) est constituée d'une carte Arduino (Nano 33 BLE[®]) composée de cinq entrées et cinq sorties permettant de connecter n'importe quelle interface tangible en textile connecté, ainsi que d'une sortie audio spécifique pour la diffusion des histoires sonores, et d'une alimentation de 5 Volts. Les interfaces tangibles sont connectées au boîtier de commande à l'aide de câbles munis de bornes (du côté de l'unité) et de pinces crocodiles (sur la surface du textile connecté). Par conséquent, il suffit de clipper les pinces crocodiles sur une surface en textile électronique pour que le retour sensoriel sélectionné soit activé par le toucher, comme un capteur capacitif. Les rétroactions sensorielles actuellement prises en charge par les interfaces tangibles proposées sont les suivantes : lumière, vibration et son.

⁵ L'expression « *plug & play* » signifie littéralement « Brancher et Jouer » en français. Cette expression signifie que le système requiert un minimum d'intervention technique de la part de son utilisateur-trice, il est ainsi « prêt à l'emploi » tout en étant adaptatif en fonction de ses besoins.

- **Interface informatique (software).**

L'interface informatique a été développée sur Max/MSP (Cycling '74). Cette interface contrôle la narration sonore, ainsi que le feedback sensoriel fourni par les interfaces en textile connecté intégrées à l'eGloo. Grâce à cette interface, l'expérimentateur peut faire défiler les différentes étapes de la narration, ce qui lui permet de contrôler le déroulement de l'histoire en jouant chaque étape de la narration à entendre par l'enfant. De plus, grâce à ce logiciel, l'expérimentateur peut choisir d'activer ou de désactiver le retour sensoriel des interfaces utilisateur (à noter qu'il s'agit d'un système binaire : soit toutes les interfaces tangibles produisent un retour sensoriel, soit aucune n'en produise).

- **Enregistrement vidéo.**

Les actions et donc le comportement de l'enfant (vidéo et audio), nécessaires pour l'analyse des données, sont enregistrés par une caméra grand angle fixée à l'intérieur de l'eGloo. La caméra est directement connectée à l'ordinateur pour collecter les données en interne.

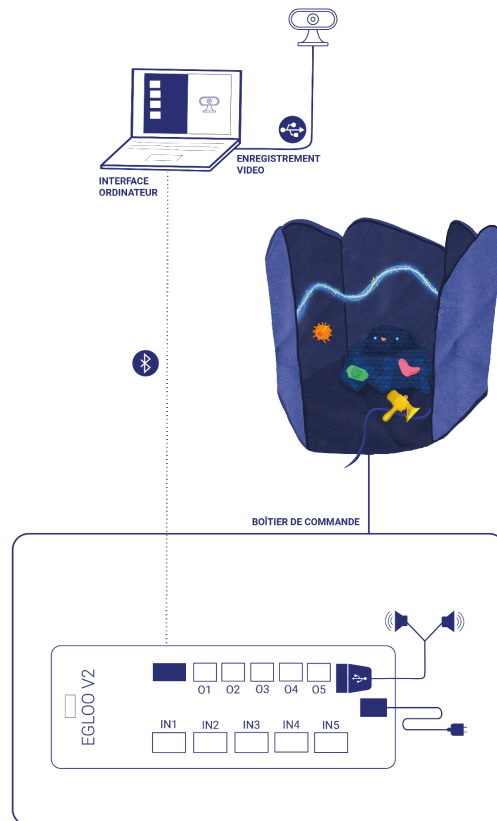


Figure 5: Le système d'interaction *plug & play* de l'eGloo

7.4. Étude-pilote.

Dans cette section, nous présentons l'étude-pilote de l'eGloo. Pour cette étude, l'eGloo a été testé en utilisant un scénario expérimental conçu par notre équipe, nommé « Le nid du doudou ». L'objectif principal de cette étude-pilote était de réaliser une première évaluation de l'eGloo en tant qu'écosystème expérimental adapté à la fois aux besoins des jeunes enfants et aux exigences des expérimentateurs.

7.4.1. Moyens et méthodes.

- **Moyens : Scénario « Le nid du doudou ».**

Les moyens mis en œuvre dans notre étude-pilote sont inclus dans un scénario intitulé «Le nid du doudou » composé d'une narration et de quatre interfaces tangibles suscitant cinq interactions.

La narration. Dans un premier temps, l'enfant a été accueilli par une médiatrice qui l'invitait alors à entrer dans l'eGloo. À l'intérieur de l'eGloo, une narration sonore guidait l'enfant tout au long de son expérience. Les éléments narratifs de l'histoire sont décrits dans le **Tableau 1**.

Les interactions. Tout au long de la narration sonore, l'enfant était invité à interagir avec quatre interfaces tangibles suscitant cinq interactions, composées de textile connecté (interactions #1 et 5, #2, #3) ou prenant la forme d'un objet sonore interactif (interaction #4). Nous avons conçu l'affordance de chaque interface intégrée à l'eGloo, c'est-à-dire que l'aspect de l'interface suscite le geste permettant d'activer le retour sensoriel associé (Norman, 2004). Les quatre interfaces tangibles sont décrites dans le **Tableau 2** et la **Figure 6**.

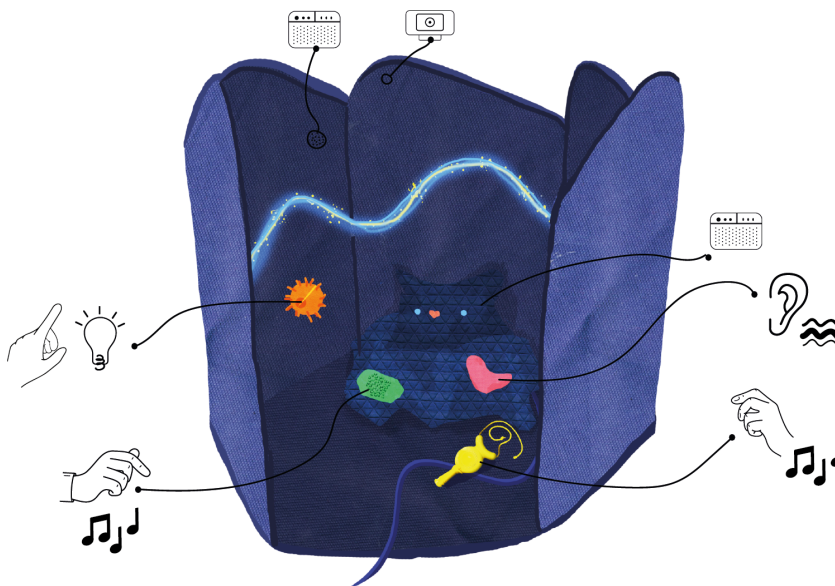
Le dispositif. Le système d'interaction « plug & play » de l'eGloo (décrit en Figure 5) a donc été adapté au scénario « Le nid du doudou » (Figure 5 bis). Le doudou a été placé au centre de la structure. Concernant les interfaces tangibles, deux d'entre elles sont situées sur le doudou (#2 et #3) et l'une sur les parois (#1). Ces dernières sont reliées au boîtier de commande, lui-même relié en Bluetooth à l'ordinateur de contrôle. Pour le jouet jaune, nous avons choisi d'utiliser l'application CoMo•education décrite au Chapitre 5 permettant ainsi d'associer facilement geste et son. L'objet jaune est relié à l'ordinateur via un réseau Wi-Fi créé localement.

Tableau 1 : Éléments narratifs et interactions associées du scénario pédagogique "Le nid du doudou"

Élément narratif	Inter face	Action à réaliser	Retour sensoriel associé
Le ou la médiateur-trice invite l'enfant à entrer dans l'eGloo et à appuyer sur le bouton orange pour allumer la lumière	#1	Appuyer sur le bouton orange	Retour visuel : changement de couleur du ruban LED, du bleu foncé à l'orange vif
La narratrice (voix hors champ émise par l'enceinte générale de l'eGloo) se présente et présente "Doudou", un compagnon joueur et bon dormeur	-	-	-
La narratrice invite l'enfant à poser sa joue contre le coeur de "Doudou" afin de le réveiller	#2	Poser sa joue contre le coeur rose	Retour tactile : une vibration est émise au niveau du coeur rose quand (et seulement quand) l'action est réalisée - correspond au ronronnement de "Doudou"
La narratrice invite l'enfant à chatouiller "Doudou" au niveau de sa tâche verte poilue pour jouer avec lui	#3	Chatouiller la tâche verte poilue	Retour auditif : un son est joué par une enceinte intégrée à "Doudou" pendant 6 secondes après la réalisation de l'action - correspond au rire de "Doudou"
La narratrice invite l'enfant à trouver un jouet jaune caché dans l'eGloo	-	-	-
La narratrice invite l'enfant à secouer le jouet jaune pour jouer avec "Doudou"	#4	Secouer le jouet jaune	Retour auditif : une musique est jouée par le smartphone intégré au jouet jaune, la durée et la vitesse de la musique sont traduits par synthèse granulaire à l'intensité du mouvement de l'enfant
La narratrice demande à l'enfant de cacher le jouet jaune dans l'eGloo	-	-	-
"Doudou" s'endort et se met à ronfler - le son est émis par l'enceinte intégrée à "Doudou"	-	-	-
La narratrice invite l'enfant à appuyer sur le bouton orange pour éteindre la lumière afin que "Doudou" puisse dormir	#1	Appuyer sur le bouton orange	Retour visuel : changement de couleur du ruban LED, passant de l'orange vif au bleu foncé
La narratrice invite l'enfant à sortir de l'eGloo pour laisser "Doudou" dormir, et lui demande de garder le secret de sa visite auprès des autres enfants	-	-	-

Tableau 2 : Les interfaces tangibles intégrées à l'eGloo et leurs interactions.

	Interface tangible	Action	Enveloppe extérieure	Matériel électronique	Retour sensoriel
# 1	Bouton orange	Appuyer sur le bouton	Rond en feutrine orange	Système analogique en textile électronique + Ruban LED	Retour visuel : changement de couleur du ruban LED, du bleu foncé à l'orange vif
# 2	Coeur Rose	Poser sa joue sur le coeur	Coeur en velours rose	Capteur capacitif en textile électronique	Retour tactile : une vibration est émise au niveau du coeur rose quand l'action est réalisée
# 3	Tâche Verte	Chatouiller la tâche	Parallélogramme en feutrine verte avec écailles	Capteur capacitif en textile électronique	Retour auditif : un son est joué par une enceinte intégrée à "Doudou"
# 4	Objet Jaune	Secouer l'objet	Objet en forme de mini-mégaphone en PLA jaune	Smartphone connecté à l'application CoMo.education ⁶	Retour auditif : une musique est jouée par le haut-parleur du smartphone intégré dans l'objet jaune

**Figure 6** : Les interfaces tangibles intégrées à l'eGloo et leurs interactions (gestes et retours sensoriels associés).

⁶ S'appuyant sur une technologie de reconnaissance du geste, l'application CoMo.education a été développée conjointement entre l'équipe Interaction Son Musique Mouvement de l'IRCAM-STMS et le Motion Lab du CRI Paris.

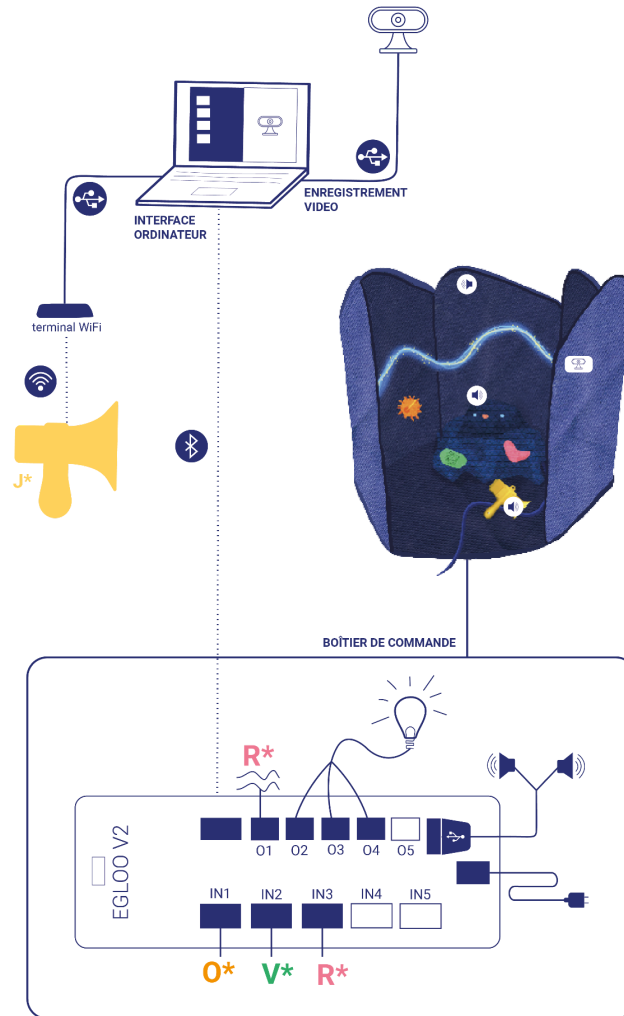


Figure 5 bis: Le système d'interaction plug & play de l'eGloo adapté au scénario « Le nid du doudou »

BOOKLET • L'ensemble des interfaces tangibles sont décrites de la page 44 à la page 64. Concernant l'installation de l'eGloo, se référer aux pages 66-76.

- **Méthode**

Sujets. Cette étude a été approuvée par le comité d'éthique de l'Université Paris-Cité. Elle a été menée sur 14 enfants âgés de 3 à 6 ans (moyenne = 4,7 ; ET = 1,2 ; min = 2,6 ; max = 6,7). Les familles ont été recrutées au sein de notre institut de recherche⁷. Les données de 13 enfants ont été incluses dans les analyses, un enfant (G1) ayant été retiré en raison de problèmes de récupération des données (défaillance de l'expérimentation). Les détails des sujets inclus dans cette étude sont présentés dans le Tableau 3.

⁷ Le Learning Planet Institute (anciennement CRI), associé à l'Université de Paris.

Tableau 3: Sujets inclus dans l'étude-pilote de l'eGloo.

	Total	Inclus dans l'analyse
Nombre	14	13
Genre	7 filles 7 garçons	6 filles 7 garçons
Âge (moyen \pm sd)	4.8 (\pm 1.2)	4.7 (\pm 1.2)

Procédure expérimentale. En raison de la pandémie de Covid-19, l'étude a été menée au sein de notre institut de recherche (et non dans une école maternelle comme initialement prévu). Les familles ont été accueillies au sein de l'espace proche de la salle où était placé l'eGloo par l'équipe de l'étude-pilote composé d'une expérimentatrice (jouant le rôle de médiatrice de l'expérience) et d'un expérimentateur (jouant le rôle de contrôle et d'observation de l'expérience).

**Figure 7 :** La configuration de l'espace pour l'étude-pilote de l'eGloo.

Pendant l'expérimentation. Afin que chaque enfant puisse s'habituer en douceur au lieu, nous leur avons proposé quelques jeux (dessins, petits trains, collages) en amont de l'expérimentation. C'est seulement après un certain moment et en accord avec les parents que l'expérimentatrice pouvait proposer à l'enfant de participer à notre expérience. Une fois que l'enfant avait donné son accord, l'expérimentatrice le-la conduisait vers l'espace d'expérimentation [Figure 7]. Elle invitait ensuite l'enfant à entrer dans l'eGloo, en lui expliquant qu'elle ne pouvait pas l'accompagner, étant trop grande pour passer par la petite porte. L'expérimentatrice rappelait aussi à l'enfant qu'elle l'attendait à la porte tout au long de l'expérience. L'expérimentatrice donnait enfin à l'enfant la première instruction du scénario expérimental : « *Une fois entré-e dans l'eGloo, appuie sur le bouton orange pour commencer l'histoire.* »

Durant le déroulé de l'expérimentation de l'enfant au sein de l'eGloo, le second expérimentateur (invisible pour l'enfant) se chargeait de dérouler les étapes du scénario en utilisant l'interface-contrôle. Le second expérimentateur pouvait également observer le comportement de l'enfant dans l'eGloo en temps réel, grâce au retour vidéo proposé par l'interface. Dès que l'enfant effectuait l'action demandée (par la narration), l'expérimentateur déclenchait la séquence narrative suivante. Si l'enfant n'effectuait pas l'action demandée, l'expérimentateur jouait l'encouragement suivant : « *Tu as trouvé ?* ». Si après un encouragement, l'enfant n'avait toujours pas effectué l'action, l'expérimentateur jouait la séquence narrative suivante. À la fin de l'expérience, lorsque l'enfant sortait de l'eGloo, l'expérimentatrice lui posait alors les questions suivantes : « *C'était bien ?* » et « *Voudrais-tu le refaire ?* ».

Suite à l'expérimentation. Sur la base des enregistrements vidéo, deux assistant-es de recherche (hors expérimentatrice/médiatrice) ont effectué le codage du comportement des enfants. Pour chaque enfant, les données suivantes ont été collectées :

- si l'enfant est resté ou non dans l'eGloo pendant toute l'expérience ;
- si l'enfant a correctement réalisé chacune des cinq actions décrites dans le récit ;
- et enfin, si l'enfant a déclaré avoir apprécié l'expérience.

Les critères utilisés pour définir si une action a été correctement exécutée ou non sont présentés en **Tableau 4**. Le degré d'accord entre les deux codeurs était de 78,5%, ce qui correspond à une fiabilité inter-correcteurs (IRR) de 0,531 (κ de

Cohen). Pour chaque désaccord, les deux codeurs ont visionné à nouveau ensemble la séquence et ont trouvé un consensus. Les résultats, après consensus, sont présentés dans le **Tableau 5**.

Tableau 4 : Critères utilisés pour déterminer la réussite des interactions réalisées à l'intérieur de l'eGloo.

Interface tangible	Action correctement réalisée	Action non-correctement réalisée
#1 Bouton orange	L'enfant appuie sur le bouton orange, ce qui déclenche la narration.	<ul style="list-style-type: none"> - appuie sur le nez du doudou au lieu du bouton orange - effectue d'autres interactions avant d'appuyer sur le bouton orange
#2 Coeur Rose	L'enfant pose sa tête contre le cœur rose	<ul style="list-style-type: none"> - ne place pas sa tête contre le cœur rose - appuie trop brièvement ou à peine sur sa tête, ce qui empêche l'activation du retour tactile - touche le cœur rose avec une autre partie de son corps.
#3 Tâche Verte	L'enfant chatouille le carré vert ou pose sa main dessus suffisamment bien pour déclencher le rire du doudou	<ul style="list-style-type: none"> - pose sa tête au lieu de sa main sur le carré vert
#4 Objet Jaune	L'enfant trouve l'objet jaune et le secoue, ce qui déclenche la musique	<ul style="list-style-type: none"> - confond l'objet jaune avec la mousse jaune qui constitue le doudou (cachée par le tissu bleu)
#5 Bouton orange (1 bis)	L'enfant appuie sur le bouton orange, avant de quitter l'eGloo.	<ul style="list-style-type: none"> - appuie sur le nez du doudou au lieu du bouton orange ou sur un autre dispositif
<i>En général</i>		<ul style="list-style-type: none"> - aide de l'expérimentateur - ne réalise pas l'action

7.4.2. Analyse des résultats.

Tableau 5: Résultats de l'étude d'évaluation de l'eGloo.

Code	Âge (ans)	Attractivité (si l'enfant a effectué la totalité de l'exp. Oui, sinon Non)	Interactions (si l'action a été correctement effectuée 1, sinon 0)						Retour d'expérience
			#1	#2	#3	#4	#5	Total	
B1	4.5	Oui	0	1	1	0	0	2	Positif
B2	6.7	Oui	0	1	1	1	1	4	Positif
B3	2.5	Non	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
B4	5.5	Oui	1	1	1	1	1	5	Positif
G2	6.1	Oui	1	1	1	1	1	5	Positif
G3	3.4	Oui	0	0	0	0	1	1	Positif
G4	5.4	Oui	1	0	1	1	1	4	Positif
G5	4.4	Oui	1	0	1	0	0	2	Positif
G6	5.2	Oui	1	1	1	1	1	5	Positif
B5	5.5	Oui	1	1	0	1	1	4	Positif
G7	5.5	Oui	0	0	1	1	0	2	Positif
B6	3.4	Oui	1	0	0	0	0	1	Positif
B7	3.4	Oui	0	0	0	0	0	0	Positif
Moyenne	4.7	-	-	-	-	-	-	2.9	-
Total	-	12	7	6	8	7	7	-	12
%	-	92	58	50	67	58	58	58	100

Chaque ligne représente un sujet. En colonnes sont indiqués, pour chaque enfant : l'âge, l'attractivité (si oui ou non l'enfant est resté dans l'eGloo pendant toute l'expérience, 0 ou 1), la facilité d'utilisation (si oui ou non l'enfant a correctement effectué chacune des cinq actions décrites dans la narration, 0 ou 1) et le feedback qualitatif (positif ou négatif).

- **Un écosystème adapté aux enfants.**

Afin de déterminer dans quelle mesure l'eGloo peut être considéré comme un environnement adapté aux enfants, nous avons effectué les mesures quantitatives et qualitatives suivantes : attractivité, utilisabilité et enthousiasme.

Premièrement, nous avons mesuré le nombre d'enfants qui sont entrés dans l'eGloo et qui n'ont pas exprimé le désir de le quitter pendant toute l'expérience. Cette mesure reflète l'attractivité de l'enfant pour l'eGloo. 12 enfants sur 13 (92%) ont entièrement effectué l'expérience (sans quitter l'eGloo). Un seul enfant n'a pas

rempli ce critère, car il a refusé d'entrer dans l'eGloo. Cet enfant a donc été exclu des analyses ultérieures.

Ensuite, nous avons mesuré ce que nous avons appelé l'utilisabilité de l'eGloo, qui correspond à la propension des enfants à suivre le scénario en interagissant avec les interfaces tangibles intégrées. Plus précisément, nous avons mesuré (1) le nombre moyen d'actions correctement exécutées par enfant ; et (2) pour chaque action, le pourcentage d'enfants ayant correctement exécuté l'action. Les critères utilisés pour définir si une action a été correctement réalisée ou non sont présentés en Annexe 2. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau 3. Parmi les enfants qui ont terminé toute l'expérience (n=12), le nombre moyen d'actions réussies par enfant était de 2,9 sur 5 (SD = 1,8 ; min = 0 ; max = 5). Le pourcentage d'enfants ayant correctement réalisé l'action est de : 58% pour l'interaction #1, 50% pour l'interaction #2, 67% pour l'interaction #3 et 58% pour les interactions #4 et #5.

En outre, nous avons effectué des analyses post-hoc. Nous avons cherché à savoir si l'âge des enfants avait un impact sur le nombre d'actions correctement réalisées (Tableau 3). Nous avons trouvé une corrélation positive de 0,79 (R de Pearson) entre l'âge et le nombre d'actions correctement exécutées [**Figure 8**]. Plus les enfants étaient âgés et plus leurs performances étaient bonnes, ce qui suggère que ce scénario semble être plus adapté aux enfants âgés de plus de 5 ans.

Enfin, nous avons mesuré combien d'enfants ont déclaré avoir apprécié l'expérience, ce que nous avons défini comme une mesure de l'enthousiasme. Pour ce faire, nous avons établi le nombre d'enfants ayant répondu « Oui » à la question suivante, posée à l'enfant après l'expérience : « C'était bien ? » et « Voudrais-tu le refaire ? ». Parmi les enfants ayant réalisé l'ensemble de l'expérience (n=12), 12 sur 12 (soit 100%) ont répondu positivement.

Dans l'ensemble, ces résultats montrent qu'une grande majorité des enfants ont apprécié leur expérience au sein de l'eGloo et ont suivi le scénario expérimental en interagissant avec plusieurs interfaces tangibles. En plus de cela, tous les enfants ont déclaré avoir apprécié l'expérience. Pour conclure, ces résultats quantitatifs et qualitatifs suggèrent que l'eGloo, ainsi que le scénario associé (« Le nid du doudou », peuvent être considérés comme un écosystème expérimental pertinent et adapté aux enfants.

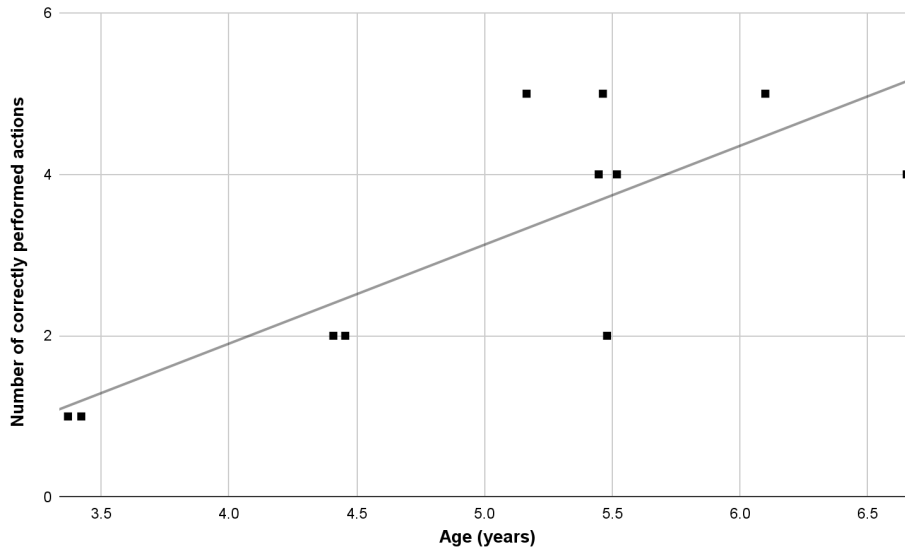


Figure 8: Nombre d'actions correctement réalisées par les enfants en fonction de leur âge (n=11). Pearson's R = 0.79.

- **Des conditions rigoureuses pour les expérimentateurs.**

Afin de déterminer dans quelle mesure l'eGloo assure des expériences de qualité, nous avons mesuré la robustesse de l'écosystème expérimental. Tout d'abord, nous avons évalué si le système *plug & play* de l'eGloo était fiable. Dans l'ensemble, nous n'avons rencontré que des problèmes techniques mineurs concernant le système. En outre, nous avons quantifié le nombre d'enfants pour lesquels il était possible de collecter des données comportementales (enregistrements vidéo). À part un problème de récupération de données imputable à l'expérimentateur, nous avons pu collecter des données pour tous les enfants (100%). Ce résultat suggère que l'eGloo est un écosystème fiable pour la collecte de données.

Dans l'ensemble, ces résultats sont une preuve prometteuse que l'eGloo peut être considéré comme un écosystème expérimental permettant de conduire des expériences de qualité. Néanmoins, nous ne pouvons pas apporter de conclusion en ce qui concerne la validité écologique de l'eGloo, car nous n'avons pas pu conduire nos expériences dans l'environnement quotidien des enfants, telle qu'une école maternelle ou une médiathèque.

_La pandémie de Covid-19 ne nous ayant pas permis de répondre à l'un des objectifs majeurs du projet de l'eGloo, à savoir son insertion en milieu écologique, nous avons choisi de réaliser une seconde étude, en contexte écologique. Le contexte scolaire étant toujours perturbé début 2022 par la pandémie, nous avons

choisi de mener notre étude complémentaire à *mille formes*, un centre d'art dédié aux tout-petits, que nous décrirons dans la partie suivante.

7.5. Étude en contexte écologique.

Suite à l'étude-pilote menée au sein de notre centre de recherche, nous avons reçu la proposition d'installer l'eGloo à *mille formes*, le premier centre d'art dédié aux 0-6 ans. Situé à Clermont-Ferrand, mille formes accueille de nombreux projets promouvant l'éveil culturel et artistique des tout-petits. Nous avons ainsi saisi l'opportunité de tester l'eGloo en contexte écologique, c'est-à-dire dans un lieu fréquenté par le jeune enfant, ici un lieu culturel.

L'eGloo a donc été installé à mille formes durant 3 semaines du 9 au 27 février 2022. Bien que nous ayons repris le scénario du « Le nid du doudou » co-créé par notre équipe et utilisé lors de l'étude-pilote, nous avons effectué quelques changements relativement minimes dans la narration racontée à l'enfant d'après les retours d'expérience des enfants, issus de notre étude-pilote. Le scénario proposé à l'enfant est quant à lui resté identique.

Dans les parties suivantes, nous décrirons dans un premier temps les moyens et les méthodes ainsi que la procédure expérimentale mis en œuvre dans cette étude en contexte écologique. Puis, nous présenterons les résultats obtenus ainsi que leur analyse.

7.5.1. Objectifs, moyens et méthodes.

Les résultats de l'étude-pilote que nous avons mené au sein de notre centre de recherche se sont révélés particulièrement prometteurs concernant la pertinence de l'eGloo vis-à-vis de la qualité de l'expérience vécue par les enfants ainsi que de la récolte de données en tant qu'écosystème expérimental. Par conséquent, cette seconde étude visait à évaluer le dispositif en milieu écologique ainsi que la pertinence du scénario proposé. Nous avons ainsi défini trois objectifs majeurs à cette étude et mis en œuvre les moyens et une méthode qui nous a semblé approprié à ces derniers.



Figure 9 : L'eGloo installé à mille formes et prêt pour les expérimentations de l'étude en contexte écologique qui a eu lieu en février 2022.

- **Objectifs.**

Les objectifs de cette étude en contexte étaient les suivants :

(1) s'assurer que l'eGloo puisse être utilisé en contexte écologique, c'est-à-dire dans un lieu habituellement fréquenté par le jeune enfant ;

(2) évaluer la pertinence du scénario « Le nid du doudou » chez les enfants d'âge préscolaire (à quel âge les enfants ont-ils réalisé au mieux les interactions proposées ? à quel âge les enfants ont-ils été capables de restituer l'expérience vécue ?) ;

(3) comprendre l'impact des interfaces tangibles sur la compréhension d'une narration interactive chez le jeune enfant.

- **Moyens.**

La narration et les interactions. Nous avons repris la narration « Le nid du Doudou » que nous avons légèrement améliorée. Par exemple, pour l'interaction avec le cœur rose, nous avons remplacé le terme « poser », trop ambigu pour les enfants, par «

appuyer »,,. Nous avons également pris soin de préciser à l'enfant de « déposer » le jouet jaune dans la cachette et non de le « cacher » - rendant la consigne trop confuse dans l'ancienne version de la narration. Les quatre interactions (associations geste/retours sensoriel) proposées et telles que décrites dans le **Tableau 2** ont été conservées: appuyer sur le bouton orange (> retour lumineux), châtouiller la tâche verte (> retour sonore), poser son oreille sur le coeur rose (> retour vibratoire), secouer le jouet jaune (> retour sonore) et enfin rappuyer le bouton orange (> retour lumineux).

BOOKLET • La narration détaillée ainsi que les interactions suscitées au cours de la narration sont décrites aux pages 12 et 13.

Le dispositif. Pour cette étude en contexte écologique, nous avons réutilisé le même dispositif que pour l'étude-pilote, c'est-à-dire le dispositif de l'eGloo adapté au scénario et à la narration « Le nid du doudou » [**Tableau 1**]. Nous avons cependant ajouté un puzzle (positionné en dehors de l'eGloo). Ce puzzle constituait un moyen de restitution, afin que l'enfant puisse revenir sur chaque interaction vécue au sein de l'eGloo et que l'on puisse ainsi évaluer la mémorisation de la narration interactive. Ce puzzle prend la forme de cinq pièces de formes identiques reprenant les quatre interactions de l'histoire (l'interaction sur le bouton orange étant répété deux fois), à placer dans l'ordre suivant : bouton orange, coeur rose, tâche verte, jouet jaune, bouton orange. Nous décrivons dans la procédure expérimentale l'utilisation de ce puzzle par la médiatrice.

BOOKLET • Le puzzle est décrit aux pages 62 et 63.

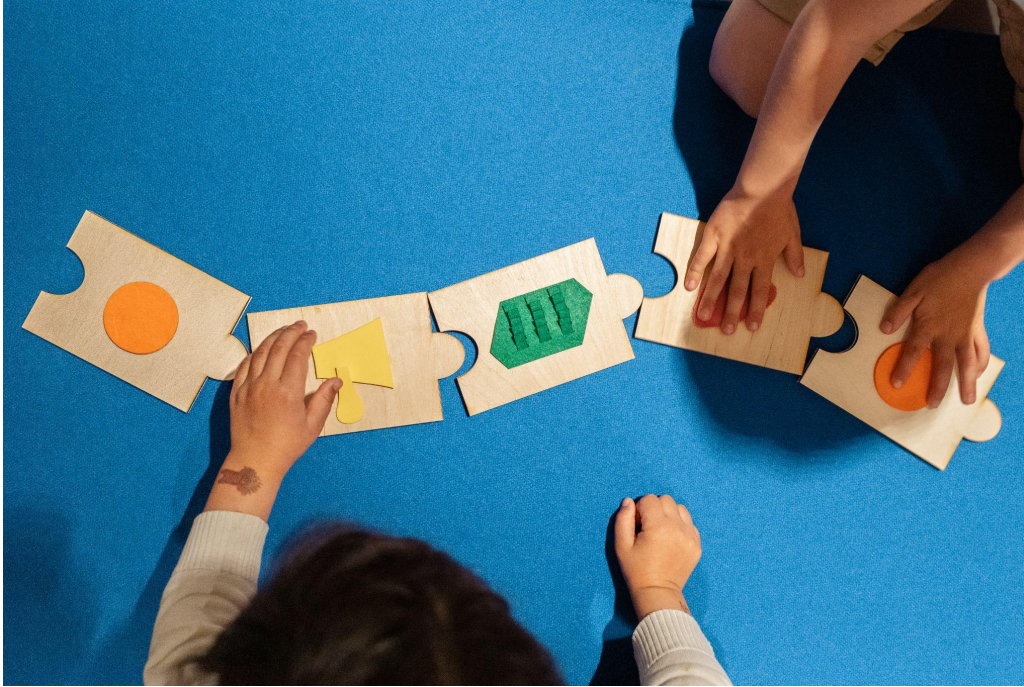


Figure 10 : Le puzzle de restitution des différentes interactions du scénario « Le nid du doudou » de l'eGloo.

- **Méthode.**

Sujets. L'étude en contexte a été menée sur 32 enfants d'âge préscolaire, c'est-à-dire âgés de 3 à 6 ans (inclus), avec un âge médian de 5,1 ans. Tous les enfants étaient scolarisés en maternelle, la plupart d'entre eux étant scolarisés en moyenne ou grande section. Les familles ont été recrutés par *mille formes*, qui proposait dans son programme mensuel une médiation autour de l'eGloo. 30 enfants ont été inclus dans l'étude, car 2 des enfants participants ont vécu l'expérience au sein de l'eGloo sans retour sensoriel⁸. Aussi, certains des enfants ont réalisé l'expérimentation au sein de l'eGloo accompagné-e d'un-e autre enfant. Le comportement de ces enfants « accompagnateurs » n'a pas été inclus dans l'étude. Les détails des sujets inclus dans cette étude sont présentés dans le **Tableau 6**.

⁸ Nous aurions souhaité répartir les enfants selon deux groupes expérimentaux : avec et sans retour sensoriel. Ceci nous aurait permis de pouvoir répondre à notre troisième objectif, c'est-à-dire l'impact de l'utilisation d'interfaces tangibles évaluation de la mémorisation d'une histoire. Malheureusement, les médiatrices de mille formes n'ont pas entièrement respecté le protocole, souhaitant faire vivre à chaque enfant l'expérience « complète » c'est-à-dire multisensorielle.

Tableau 6: Sujets de l'étude en contexte autour de l'eGloo.

	Total	Inclus dans l'analyse
Nombre	32	30
Genre	23 filles 9 garçons	22 filles 9 garçons
Classe	3 PS 16 MS 13 GS	2 PS 14 MS 13 GS
Âge (médian)	5,1	5,1

Procédure expérimentale. L'équipe de recherche ne pouvait être présente durant toute la durée de l'installation de l'eGloo à *mille formes*. Nous avons donc formé l'équipe de médiation culturelle de *mille formes* afin que chaque médiatrice puisse suivre le scénario expérimental ici proposé. Le dispositif a donc été utilisé de manière autonome par les médiatrices du centre d'art.

Chaque famille a dû inscrire à l'avance son enfant à l'activité de médiation proposée autour de l'eGloo. Lors de la médiation, la médiatrice a ainsi pu proposer à la famille de participer à notre étude. En cas d'accord, les parents remplissaient alors le formulaire de consentement, afin que l'enfant puisse participer à l'étude.

Le scénario expérimental était organisé autour d'une médiation en trois temps :

1. Découverte et présentation de l'eGloo > entrée de l'enfant dans l'eGloo
2. Narration et interactions au sein de l'eGloo
3. Sortie de l'enfant de l'eGloo > Puzzle de restitution

Les deux premières étapes du scénario étaient donc identiques à celui mené lors de l'étude-pilote (décrite en section **7.3.1**). La médiatrice présentait l'eGloo puis invitait l'enfant à entrer dans l'espace, en lui indiquant d'appuyer sur le bouton orange dès son entrée dans l'eGloo, afin d'activer la narration. La médiatrice procédait ensuite au déroulement des étapes de la narration, tout en suivant le comportement de l'enfant sur l'ordinateur. Une fois la narration terminée, la médiatrice attendait l'enfant à la sortie de l'eGloo.

Une fois l'enfant sorti de l'eGloo, la médiatrice lui posait deux questions, identiques à celles de l'étude-pilote : « C'était bien ? » et « Voudrais-tu le refaire ? ». Cette étape permettait de récolter un retour sur l'expérience de la part de l'enfant, rendant compte de son appréciation de l'eGloo et du scénario utilisé.

En troisième étape, la médiatrice demandait à l'enfant de faire le puzzle (voir ci-avant, **Figure 10**) et de lui expliquer les différentes étapes de la narration vécue au sein de l'eGloo. Pour chaque étape de la narration, l'enfant était invité à rappeler l'interface tangible mobilisée (bouton orange, coeur rose, tâche verte, jouet jaune), l'action réalisée (appuyer, poser l'oreille, châtouiller, secouer) et le retour sensoriel associé (lumineux, vibratoire ou sonore).

Cette étape a été employée dans un but préparatoire d'une future étude sur l'impact des interfaces tangibles sur la compréhension de l'histoire chez des enfants d'âge préscolaire. Nous souhaitons dans la présente étude explorer l'emploi de ce puzzle comme outil de restitution des différentes péripéties d'une histoire chez des enfants âgés de 3 à 6 ans.

BOOKLET • Le scénario complet est disponible aux pages 14 et 15.

Récolte de données. Afin de récolter les données, nous avons demandé aux médiatrices de compléter un questionnaire durant l'expérimentation, dans lequel elles devaient renseigner les informations suivantes : le nom et prénom de l'enfant ainsi que la date et l'heure de l'expérimentation, puis répondre aux quatre questions suivantes :

- Retour sensoriel : avec ou sans
- L'enfant était-il seul dans l'eGloo ? Oui / Non (Si non, classe de l'autre enfant)
- L'enfant dit-il avoir apprécié l'expérience ? Oui / Non (réponse à la question : « C'était bien ? » comme pour l'étude-pilote)
- L'enfant voudrait-il refaire l'expérience ? Oui / Non (réponse à la question : « Voudrais-tu le refaire ? » comme pour l'étude-pilote)

Ce questionnaire comportait également un tableau à compléter [**Tableau 7**] permettant de récolter plusieurs éléments qui pouvaient être restitués par l'enfant : l'interface énoncée, l'action réalisée, et le retour sensoriel associé. Enfin nous demandions également à la médiatrice d'apprécier subjectivement le niveau de participation de l'enfant à la médiation en trois étapes proposée (entrée dans l'eGloo, puis suivi de la narration, puis réalisation du puzzle), parmi ces trois niveaux :

- Active et principalement spontanée,
- Moyennement active - plutôt spontanée
- Plutôt passive.
-

Tableau 7 : Tableau de restitution du puzzle, issu du questionnaire complété par les médiatrices.

	Interface	Énonciation (si oui, cochez)	Énonciation de l'action sur chaque interface (si oui, cochez)	Énonciation du retour sensoriel associé (si oui cochez)	Ordre
#1	Bouton orange		Appuyer	Lumière (orange)	
#2	Coeur Rose		Poser l'oreille	Vibration	
#3	Tâche Verte		Chatouiller	Son (rire)	
#4	Objet Jaune		Secouer	Musique	
#5	Bouton orange		Appuyer	Lumière (bleu)	

Les données des questionnaires ont été analysées par un des deux membres de notre équipe, qui avait déjà analysé les résultats de l'étude-pilote.

7.5.2. Analyse des résultats.

Les résultats obtenus dans les questionnaires complétés par les médiatrices ont été retranscrits dans le **Tableau 8**.

Tableau 8 : Résultats issus des questionnaires complétés par les médiatrices lors de l'étude en contexte écologique réalisés à mille formes autour du scénario « Le nid du doudou » de l'eGloo.

Enfant			Interactions (puzzle) Colonne 1 : interface Colonne 2 : action Colonne 3 : retour sensoriel															Puzzle	Retour sur l'expérience		Médiation
Code	Age (ans)	Seul 1 = Oui 0 = Non	#1			#2			#3			#4			#5			Nombre de pièces bien placées	A apprécié 1 = Oui 0 = Non	Voudrait le refaire 1 = Oui 0 = Non	Qualité de la participation de l'enfant 0 : Passive 0.5 : Moyenne 1 : Active
1	5,5	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
2	5,5	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0,5
3	4,9	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0,5	
4	5,6	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1
5	-	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
6	-	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0,5
7	3,9	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	0	0
8	5,7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	4,7	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1
10	4,4	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
10	5,8	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
12	4,2	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	-	0,5
13	5,3	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	-	-	1
15	5,5	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
16	5,6	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0,5
17	6,5	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	-	0,5
18	5,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
19	4,3	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
20	4,5	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0,5
21	4,5	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
22	4,8	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1
23	5,5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	1	1	1
24	4,4	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
25	5,7	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1
26	4,8	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
27	5,5	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	-	-	1
28	5,8	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5
29	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	4,6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0,5
Total	-	13	25	25	12	19	17	12	21	25	14	21	16	14	19	22	13	9	28	23	-
Moy	5,1	43,3	89,3	89,3	42,9	67,9	60,7	42,9	75,0	89,3	50,0	75,0	57,1	50,0	67,9	78,6	46,4	30,0	100,0	88,5	0,95

Afin d'analyser au mieux les résultats obtenus lors de notre étude en contexte, nous allons reprendre chacun des trois objectifs.

- **Utiliser l'eGloo en contexte écologique.**

En quelques minutes, l'eGloo peut entièrement être démonté et remonté, grâce un système de fermeture éclair qui relie les parois au sol de la structure. Le Doudou, indépendant de la structure, est ensuite installé dans l'eGloo. Puis, les interfaces tangibles, que nous avons déjà prépositionnées dans le « doudou » et la structure, sont installées et reliées au boîtier de commande, lui-même connecté à l'ordinateur par Bluetooth. Seules les enceintes sont reliées à l'ordinateur par un câble jack.

Ainsi, l'eGloo a été démonté de notre centre de recherche (situé à Paris), pour être transporté en véhicule utilitaire à *mille formes* (à Clermont-Ferrand) et réinstallé sur place. Notre équipe a réalisé le transport ainsi que l'installation sur place. Afin que l'équipe de *mille formes* puisse être la plus autonome possible, nous avons également créé un support de médiation, d'installation et de suivi technique, que nous avons distribué à chaque médiateur·trice. Sous forme de livret imprimé, le « cahier de médiation » permettait de revenir sur les enjeux de l'eGloo, la procédure expérimentale à suivre (recueil du consentement des familles et scénario expérimental) ainsi que le processus d'installation (système d'interaction eGloo/ordinateur de contrôle) et une liste de questions-réponses en cas de problème technique⁹.

L'expérimentation à *mille formes*, s'est déroulée comme prévue, sur 3 semaines, malgré quelques problèmes techniques auxquels l'équipe de *mille formes* a su pallier, grâce à l'aide du livret de support technique ou bien à la disponibilité de notre équipe (en recherche ou en ingénierie). Ces problèmes techniques ont été le fruit soit (i) d'une mauvaise connexion entre l'ordinateur et le boîtier de commande reliés en Bluetooth, soit (ii) du débranchement d'un câble, résultant en une interface dysfonctionnelle. Ces problèmes ont été ainsi facilement résolus, par redémarrage de l'ordinateur ou par la reconnexion du câble, respectivement.

L'expérimentation, n'ayant pas été interrompue, et l'absence de notre équipe sur place, nous encourage à poursuivre l'utilisation de l'eGloo en contexte écologique, hors du laboratoire et habituellement fréquenté par les jeunes enfants. Ceci démontre aussi qu'un tel dispositif peut être approprié par des

⁹ Ce livret appelé « Carnet de médiation » était composé de différentes parties : 1 / Comprendre l'eGoo (projet, scénario expérimental, scénario de médiation), 2/Récolter des données (participant·es, processus), 3/Installer l'eGloo (préparation du système d'interaction, pilotage et dépannage). Le carnet de médiation de l'eGloo est disponible sur le site internet de Premiers Cris : <https://www.premierscris.cri-paris.net/egloo>

professionnel·les de l'enfance qui ne sont pas chercheur·es et peuvent ainsi prendre le rôle d'expérimentateur·trices sur une période donnée.

- **Évaluer de la pertinence du scénario « Le nid du doudou » chez les enfants d'âge préscolaire.**

Bien que le scénario « Le nid du doudou » ait également été utilisé lors de l'étude-pilote, nous avons effectué quelques changements dans la narration. Nous avons ainsi pu évaluer cette nouvelle version, lors de cette étude en contexte. De plus, nous avons rajouté l'étape du puzzle dit « de restitution », dans l'objectif d'analyser la compréhension et la mémorisation de l'histoire par le jeune enfant.

À la fin de la narration dans l'eGloo, nous avons posé deux questions nous permettant de comprendre si l'enfant avait passé un moment agréable : (1) Tu as aimé ? (2) Voudrais-tu le refaire ? À la première question, les enfants ont répondu à l'unanimité (100%) qu'ils avaient apprécié l'histoire et ils sont même une majorité (88,5 %) à avoir demandé à revivre l'expérience au sein de l'eGloo. Les enfants semblent donc avoir apprécié l'expérience au sein de l'eGloo, la narration, ainsi que les interactions proposées.

À travers l'utilisation du puzzle, nous avons pu également obtenir une mesure de la compréhension et de la mémorisation de l'histoire par l'enfant. Ainsi, seul environ un tiers des enfants (30%) ont parfaitement réalisé le puzzle, c'est-à-dire ont qu'ils-elles posé les pièces dans le bon ordre. L'âge moyen de ces enfants est de 5,1 ans, une moyenne identique à celle du groupe d'enfants n'ayant pas réalisé parfaitement le puzzle.

Enfin, nous avons également intégré une mesure subjective par les médiatrices de la qualité de la participation de l'enfant à la médiation. Selon elles, la majorité des enfants ont participé de manière active au scénario (soit 66,7% des enfants), alors qu'une seule participation a été qualifiée de passive. Ceci démontre donc l'intérêt des enfants pour le scénario proposé.

Ces résultats démontrent que notre scénario peut s'adresser à des enfants d'âge préscolaire puisque tous les enfants disent avoir apprécié l'expérience et l'ont réalisée jusqu'au bout, en incluant la reconstitution du puzzle.

- **Comprendre l'impact des interfaces tangibles sur la compréhension d'une narration interactive chez le jeune enfant.**

Grâce à la restitution des interactions dans les tableaux, nous avons pu observer que :

- la liste des interfaces les plus énoncées étaient, dans l'ordre : bouton orange #1 (89,3%), puis la tâche verte et l'objet jaune (toutes deux 75%), et enfin le coeur rose et le bouton orange #2 (toutes deux 67,9 %).
- concernant les actions énoncées sur ces dispositifs, dans l'ordre : bouton orange #1 et tâche verte (89,3%), puis le bouton orange #2 (78,6%), le coeur rose (60,7%) et l'objet jaune (57,1%).
- enfin, les retours sensoriels les plus énoncés étaient : la tâche verte et l'objet jaune (50%), puis le bouton orange #2 (46,4), et enfin, le bouton orange #1 et le cœur rose (42,9%).

Ainsi, de manière générale, les interfaces et les actions effectuées sur ces dernières ont été mieux restitué par les enfants que les retours sensoriels. Si on ne peut pas réellement tirer de conclusions, nous pouvons cependant énoncer quelques observations anecdotiques, qui nécessiteraient de réaliser des études complémentaires basées sur l'eGloo et le scénario « Le nid du doudou».

Ainsi, certaines interfaces ont été très bien restitué des enfants, et cela se ressent sur l'explicitation de l'action effectuée - ce qui est valable pour le bouton orange #1 et la tâche verte, mais pas pour l'objet jaune. Le cœur rose est un des dispositifs les moins bien restitués (action et le retour sensoriel associé, rappelons que le cœur rose nécessite de poser son oreille sur le cœur pour ressentir une vibration).

On remarque que les retours sensoriels qui ont été le plus souvent restitué par les enfants, c'est-à-dire par la moitié des enfants, sont les retours sonores - soit le rire du doudou provoqué par le châouillement de la tâche verte et la musique de l'objet jaune secoué. La vibration du coeur rose n'a pas toujours su être énoncé - cela peut s'expliquer soit par le fait que le geste n'ait pas bien été réalisé (il faut vraiment poser sa tête sur le coeur pour la déclencher et non juste le frôler) soit parce que les enfants ne sont pas habitués au retour vibratoire. Le retour lumineux du bouton orange (#1 et #2) s'est plus ou moins fait ressentir des enfants. Nous pensons que c'est surtout dû au fait que la première action (bouton orange #1) enclenche également le début de la narration sonore, ce qui entraîne deux retours pour une seule et même action et peut-être plus difficilement compréhensible des enfants.

7.5.3. Retours à propos de l'étude en contexte écologique.

- **Installation de l'eGloo à mille formes.**

Cette étude complémentaire nous a permis de vérifier la validité écologique de l'eGloo. En effet, l'eGloo est un écosystème expérimental mobile, facilement démontable et remontable en quelques minutes seulement. Relativement léger grâce à sa structure faite uniquement de tissu, de carton et de mousse, il est aussi facile à transporter d'un lieu à l'autre. De plus, le boîtier de contrôle (créé par le studio *Club Sandwich*) permet la mise en place d'un système « *plug & play* » facile à l'emploi dans lesquelles interfaces tangibles communiquent vers l'ordinateur afin de réaliser les interactions demandées (action/retour sensoriel). Ainsi, le transport et l'installation à mille formes s'est déroulé assez facilement.

L'équipe de *mille formes* a su s'approprier le dispositif. Bien que quelques problèmes techniques soient apparus, certains ont pu être réglés par l'équipe de médiation, d'autres grâce à l'aide à distance de notre équipe technique. De plus, la durée d'expérimentation de 3 semaines n'a pas été interrompue. Nous avons également réalisé un livret d'accompagnement pour l'équipe de *mille formes*, qui a constitué un précieux repères pour saisir à la fois les enjeux du projet de l'eGloo, appréhender le scénario « Le nid du doudou », comprendre le processus d'installation, et agir en cas de problèmes techniques.

- **Médiation autour de l'eGloo.**

Enfin, nous avons originellement souhaité comprendre l'impact de la manipulation d'interfaces tangibles lors d'une narration, mais cet objectif n'a pas pu être atteint lors de cette étude à mille formes. En effet, il a été difficile pour l'équipe de médiation, habituée à des expériences interactives et multisensorielles aux tout-petits, de ne pas proposer à tous les enfants de bénéficier des retours sensoriels et de se placer en tant qu'expérimentateur·trice. Cependant, les résultats obtenus concernant la qualité de la participation de l'enfant à la médiation sont plutôt encourageants puisque deux tiers des enfants (soit 66,7%) ont fait preuve d'une attitude active, selon les médiatrices.

Suite à l'étude, nous avons mené un entretien avec la responsable de l'équipe de médiation, également médiatrice à mille formes. Cette personne nous a confirmé l'intérêt ressenti des enfants, et de leur famille, pour l'eGloo ainsi que l'étude menée autour (« *Les enfants apprécient l'eGloo et veulent le refaire plusieurs fois, les parents apprécient le dispositif aussi et ont majoritairement accepté de participer à une étude réalisée dans le cadre de mille formes* » - « *Même si certains*

appréhendaient de rentrer à l'intérieur, ils étaient tous ravis de rentrer dans cet eGloo : la forme paraît adaptée pour que les enfants aient envie de participer. »). Les familles ont apprécié le fait que leur enfant puisse vivre une expérience en toute autonomie (« *L'eGloo offre à l'enfant un moment de totale autonomie, et c'est appréciable pour les familles ! Certains parents étaient heureux de découvrir, à travers la caméra, leur enfant en autonomie.* ») Enfin, le fait que l'eGloo soit un dispositif numérique et sans écran a été une qualité appréciée de l'équipe de médiation (« *Nous avons apprécié l'idée de développer des pièces interactives et sans écran au sein de mille formes.* »)

Cependant, des limites ont été observées et concernent principalement les problèmes techniques liés à ce genre de dispositif (à la fois *low-cost* et *low-tech*), certains capteurs ont parfois dysfonctionné et le système interactif a été considéré comme trop visible des enfants par l'équipe de médiation (« *Certains enfants grimpent sur le doudou et donc débranchent les capteurs [...] il faudrait trouver un moyen de mieux cacher les fils pour des questions de sécurité.* ») D'autre part, même si la mise en oeuvre du questionnaire s'est bien déroulée selon la responsable de l'équipe de médiation, l'explicitation de ce dispositif en particulier, et du scénario expérimental aurait dû nécessiter plus de temps car certaines médiatrices ont estimé avoir manqué d'explications à ce sujet (« *Pour une prochaine expérimentation, il serait bien de donner au dispositif une vraie particularité au sein de mille formes, il a été vu comme les autres dispositifs présents sur le lieu alors qu'il ne se vit pas de la même façon. [...] Le fait de ne pas vraiment savoir ce qu'est une étude universitaire et de ne pas comprendre le but précis de cette recherche a posé problème à certaines médiatrices.* »)

Cette étude en contexte a ouvert la voie à de nouvelles études utilisant l'eGloo en milieu écologique, c'est-à-dire dans les lieux habituellement fréquentés par le jeune enfant (en dehors du laboratoire). En effet l'eGloo est un écosystème interactif de recherche adapté aux tout-petits. Ainsi, il pourrait à la fois s'adapter à d'autres questions de recherche et permettre d'accompagner les acteurs et actrices de terrain à récolter des données dans un processus de recherche-action collaborative (Premiers Cris, 2021).

7.6. Conclusion & perspectives.

À l'heure où l'on s'interroge sur la place de la technologie dans nos sociétés et dans la vie des jeunes et très jeunes enfants, l'eGloo semble ouvrir de nouvelles voies de

recherche. À cette fin, la mise en œuvre d'un processus de co-création impliquant la mobilisation d'une équipe interdisciplinaire dans laquelle le design occupe une place centrale est fondamentale. En effet, c'est en suivant une méthodologie de conception avec des objectifs clairement définis de manière commune que le processus de co-création présenté ici semble répondre au double défi énoncé dans l'introduction : la création d'un *living lab* prenant à la fois en compte à la fois les besoins des jeunes enfants et des expérimentateur-trice, c'est-à-dire de ses futur-es utilisateur-trices.

Dans une approche inclusive, ce laboratoire vivant adapté aux enfants est aujourd'hui un dispositif fonctionnel qui permet de faire de la recherche avec de jeunes enfants, en associant un système d'interaction *plug & play*, une expérience ludique et agréable, et les attentes rigoureuses de la méthodologie expérimentale. L'étude en contexte écologique a également souligné la pertinence de créer des études en lien direct avec le terrain à partir de l'eGloo. Ainsi, l'expertise des professionnel·les de l'enfance nous a permis d'enrichir le processus de recherche en adaptant entre autres, les outils et les méthodes aux problématiques du terrain. Et inversement, les professionnel·les ont su faire preuve de réflexivité sur leurs propres pratiques afin d'améliorer leurs compétences au travail.

Les deux études que nous avons réalisées au cours de la thèse, et en lien avec l'écosystème de Premiers Cris, nous conduisent aujourd'hui à envisager de nouvelles perspectives de développement à la fois technique et expérimental.

7.6.1. Nouvelles perspectives.

- **D'un point de vue technique**

D'un point de vue technique, nous avons également prévu quelques améliorations futures. En effet, en intégrant une intelligence artificielle (IA) au sein de l'eGloo, chaque interaction pourrait déclencher automatiquement la suite de la narration invitant l'enfant à réaliser l'interaction suivante. Cela permettra également d'enregistrer le nombre exact ainsi que le moment et la durée associés à chaque action correctement réalisée par l'enfant (sans avoir recours à l'analyse vidéo). Ainsi, les données quantitatives (système d'IA) et les données qualitatives (puzzle de restitution) pourront être directement corrélées.

- **D'un point de vue expérimental**

Bien que les résultats de l'étude-pilote et de l'étude en contexte soient encourageants, des études complémentaires sont nécessaires pour explorer la pertinence d'un tel écosystème pour la recherche sur la petite enfance. Il est en effet nécessaire de réaliser une étude avec et sans eGloo et utilisant le même scénario pour étudier rigoureusement l'impact de cet écosystème sur la qualité des données récoltées. Nous pourrions également utiliser un autre scénario pour montrer l'adaptabilité de l'eGloo à différents projets de recherche. Ces deux études complémentaires montreraient ainsi l'intérêt spécifique de l'utilisation d'un tel écosystème expérimental par la communauté d'acteurs et d'actrices s'intéressant au développement de l'enfant.

7.6.2. Un espace en circulation.

L'ensemble du processus de conception de l'eGloo a été documenté afin que le dispositif puisse être librement re-produit par d'autres acteur-trices, soucieux de voir évoluer les méthodes de recherche et d'interaction, à l'ère numérique. C'est précisément pour cela qu'ont été créés le *Booklet* qui accompagne la lecture de ce chapitre ainsi qu'un onglet dédié sur le site de Premiers Cris¹⁰.

Lors de notre processus de recherche, nous avons eu l'occasion de présenter ce dispositif lors de différents événements, faisant circuler physiquement ou virtuellement notre living-lab mobile :

- Le *Turfu Festival* en octobre 2020, organisé par « Le Dôme », un espace collaboratif d'innovation basé à Caen¹¹ [Figure 11] ;
- La conférence *Ripsydeve* (Réseau interuniversitaire de Psychologie du développement et de l'éducation) en novembre 2020¹² ;
- Les conférences organisé pour le forum *IN-FINE* (Forum international du numérique pour l'éducation) en avril 2021 ;
- Les « démonstrations » de la conférence *IHM'20-21* qui a finalement eu lieu en virtuel également en avril 2021.

L'eGloo, est un dispositif qui reprend à la fois le concept des capteurs e-textile de *learning matters*, et de geste sonore introduit avec l'application CoMo•education

¹⁰ <https://www.premierscris.cri-paris.net/egloo>

¹¹ À cette occasion un épisode du podcast « Sixième Sens » a été enregistré pour le média *20 minutes* en collaboration avec la revue *Science et Avenir* : <https://www.20minutes.fr/podcast/2788279-20200528-numerique-peut-participer-developpement-enfants>

¹² La vidéo de présentation de l'eGloo est disponible sur la chaîne YouTube de Premiers Cris à ce lien : https://www.youtube.com/watch?v=X_Cf1pJQ2bM

(avec l'objet jaune) dans une narration sonore qui accompagne l'enfant dans son exploration active et autonome de l'espace proposé. En proposant une diversité d'interactions multimodales, l'eGloo véhicule une expérience d'apprentissage incorporée, c'est-à-dire que le corps est mobilisé dans son ensemble pour appréhender le scénario proposé. Le dispositif de l'eGloo ouvre également de nouvelles perspectives de recherche dans lesquelles recherche-action et recherche-crédation se réunissent pour penser l'éducation au numérique dans la petite enfance, grâce à la mobilisation du design comme élément « entre ».



Figure 11 : L'eGloo, ici exposé au Dôme à Caen lors du Turfu Festival en octobre 2020.

Bibliographie.

- Antle, A. N., Frauenberger, C., Landoni, M., Fails, J. A., Jirotko, M., Webb, H., & Tutiya-phuengprasert, N. (2020, June). Emergent, situated and prospective ethics for child-computer interaction research. In *Proceedings of the 2020 ACM Interaction Design and Children Conference: Extended Abstracts* (pp. 54-61).
- Adolph, K. E., & Sternberg, R. J. (2019). Ecological validity. My biggest research mistake: Adventures and misadventures in psychological research, 187.
- Barbier, C., Voillot, M., Buchot, M., Sander, E., & Colagrande, M. (2021, October). Toucher le son d'avant d'écrire (Touching Sound, Learning Writing). In *ERGO'IA 2021*
- 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)
- Cassell, J., & Ryokai, K. (2001). Making space for voice: Technologies to support children's fantasy and storytelling. *Personal and ubiquitous computing*, 5(3), 169-190.
- Cibrian, F. L., Peña, O., Ortega, D., & Tentori, M. (2017). BendableSound: An elastic multisensory surface using touch-based interactions to assist children with severe autism during music therapy. *International Journal of Human-Computer Studies*, 107, 22-37.
- Core, C., Conci, A., Angeli, A. D., Masu, R., & Morreale, F. (2017). Designing a musical playground in the kindergarten. *Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2017)*, 1-12
- Darwin, C. (1877). A biographical sketch of an infant. *Mind*, 2(7), 285-294.
- Fulgencio, H., Le Fever, H., & Katzy, B. (2012). Living Lab: Innovation through Pastiche. In *Proceedings of the eChallenges e-2012 Conference, Lisbon: IMC* (pp. 1-8).
- Gaver, W. (2012, May). What should we expect from research through design?. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 937-946).
- 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)
- Honauer, M., Yavuz, S. U., & Kuusk, K. (2020, July). WORM-E: An Interactive Toy Enriching Children's Bodily and Social Play. In *Companion Publication of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference* (pp. 333-336).
- Hourcade, J. P. (2015). Child-computer interaction. *Self*, Iowa City, Iowa.
- Ishii, H. (2008, February). Tangible bits: beyond pixels. In *Proceedings of the 2nd international conference on Tangible and embedded interaction* (pp. xv-xxv).
- Manches, A., & O'malley, C. (2012). Tangibles for learning: a representational analysis of physical manipulation. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(4), 405-419
- Norman, D. (2004). Affordances and design. Unpublished article, available online at: <http://www.jnd.org/dn.mss/affordances-and-design.html>.

- Pallot, Marc, Brigitte Trousse, Bernard Senach, and Dominique Scapin. "Living lab research landscape: From user centred design and user experience towards user cocreation." In *First European Summer School "Living Labs"*. 2010
- Piaget, J. (1935). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant* (p. 216). Neuchatel-Paris: Delachaux et Niestlé.
- Ponticorvo, M., Fuccio, R. D., Ferrara, F., Rega, A., & Miglino, O. (2018, June). Multisensory educational materials: five senses to learn. In *International Conference in Methodologies and intelligent Systems for Technology Enhanced Learning* (pp. 45-52). Springer, Cham
- Preyer, W. T. (1900). *Die Seele des Kindes: Beobachtungen über die geistige Entwicklung des Menschen in den ersten Lebensjahren*. T. Grieben
- Rizzo, A., Marti, P., Decortis, F., Rutgers, J., & Thursfield, P. (2003). Building narrative experiences for children through real time media manipulation: POGO World. In *Funology* (pp. 189-199). Springer, Dordrecht
- Roy, D., Patel, R., DeCamp, P., Kubat, R., Fleischman, M., Roy, B., ... & Gorniak, P. (2006, September). The human speechome project. In *International workshop on emergence and evolution of linguistic communication* (pp. 192-196). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-design*, 4(1), 5-18.
- Sperati, V., Özcan, B., Romano, L., Moretta, T., Scaffaro, S., Faedda, N., ... & Baldassarre, G. (2020). Acceptability of the transitional wearable companion "+ me" in children with autism spectrum disorder: a comparative pilot study. *Frontiers in psychology*, 11, 951
- Taine, H. (1877). Note sur l'acquisition du langage chez les enfants et dans l'espece humaine, *Rev. Phil.*, 1876, 1, 3-23. Trans.: *Mind*, 2, 252-259.
- Van Mechelen, M., Have Musaeus, L., Iversen, O. S., Dindler, C., & Hjorth, A. (2021, June). A systematic review of empowerment in child-computer interaction research. In *Interaction Design and Children* (pp. 119-130)
- Walter-Herrmann, J., & Büching, C. (Eds.). (2014). *FabLab: Of machines, makers and inventors*. transcript Verlag.
- Zaman, B., Vanden Abeele, V., Markopoulos, P., & Marshall, P. (2012). the evolving field of tangible interaction for children: the challenge of empirical validation. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16(4), 367-378.
- Zimmerman, J., Forlizzi, J., & Evenson, S. (2007, April). Research through design as a method for interaction design research in HCI. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 493-502)

synthèse

Proposition d'un nouveau paradigme. Vers des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique - dès la petite enfance.

•

La conception des trois dispositifs de *CoMo•education*, *learning matters*, et *eGloo*, de cette thèse nous permet finalement d'introduire la contribution majeure de notre travail de recherche, à savoir l'introduction du concept d' *Expérience d'Apprentissage Incorporé à l'ère du Numérique*. Ainsi, cette partie aussi qualifiée de « synthèse » de notre deuxième partie de manuscrit prend la forme d'un *white paper* qui laisse libre notre processus d'écriture afin d'exprimer une idée forte que nous portons sous la proposition de paradigme pour l'éducation dès la petite enfance. Nous nous appuyons pour cela sur les expériences vécues au travers des dispositifs, en amont, pendant et après les expérimentations que nous avons présentées.

Dans la première partie de cette thèse, nous avons présenté les notions fondamentales à l'introduction du concept d'expérience d'apprentissage incorporée - grâce au numérique. Si les chapitres 1 et 2 ont permis d'explorer le développement et l'éducation du jeune enfant, à l'ère numérique, les chapitres 3 et 4 ont ancré notre démarche dans un contexte plus large que celui de la petite enfance.

En effet, le changement de paradigme introduit ici repose sur plusieurs concepts fondamentaux :

- La cognition humaine, au-delà d'être incarnée, est **incorporée**, c'est-à-dire qu'elle trouve ses fondements dans notre perception (à travers la mobilisation des sens multiples aux qualités intrinsèques propres) et nos actions sensori-motrices que l'on peut traduire par notre manière d'agir et d'être au monde (Varela);

- Le corps est le **support** de tous les apprentissages, étant le lieu d'hébergement de notre cerveau (cognition) ainsi que de tous les capteurs sensoriels (action) qui nous permettent d'appréhender le monde (Berthoz, ;
- L'**expérience** est le *médium* de notre existence puisque que c'est au travers de nos expériences quotidiennes que l'on donne sens au monde (Merleau-Ponty) ;
- Enfin, le **numérique** en mouvement bouscule notre rapport au savoir (Serres, 2015), et modifie notre perception (Vial, 2013), nous permettant d'envisager aujourd'hui une transformation de l'éducation à cause ou grâce au numérique.

Ainsi, si notre système d'éducation reste ancré dans le dualisme cartésien corps/esprit, le concept d'ExpAI_Num promeut une vision de l'éducation basée sur le lien entre le corps, l'esprit et l'environnement.

Dans les paragraphes suivants nous aborderons les éléments essentiels d'une expérience d'apprentissage incorporée grâce au numérique que nous avons qualifié de *invariants* et de *variants*. Sous le terme d'*invariants*, nous désignons les « éléments-socles » qui posent les bases de notre paradigme : ils ne peuvent évoluer en fonction du contexte, et doivent apparaître dans toute expérience située dans ce paradigme. À l'inverse, les *variants*, s'ils sont des « éléments-clés » nécessairement présents dans la conception de ce type d'expérience, évoluent au gré des situations et s'adaptent ainsi au contexte.

8.1.1. Les Invariants

Le concept d'*Expérience d'apprentissage incorporée par le numérique* trouve ses origines aussi bien dans les théories développementales que dans les pédagogies alternatives - que nous avons introduits dans les premiers chapitres. Ils s'appuient avant tout sur une vision holistique du développement et de l'éducation et mettent ainsi en évidence des valeurs et des fondements.

- **Valeurs**

Si les valeurs décrites ici reposent sur des principes énoncés dans les pédagogies alternatives, elles s'intègrent également à une société en mouvement, à l'ère numérique.

- **Le lien entre pédagogues et apprenant-es est essentiel.**

Dans l'introduction aux pédagogies alternatives, nous sommes revenus sur le lien fondamental entre le-la pédagogue et l'élève, qui prime depuis les théories antiques

autour de l'éducation. Ce lien ne peut qu'être renforcé par l'ExpAI qui met au cœur de son concept les notions de « médiation » et de « transmission » : le ou la pédagogue (enseignant-e) est celui ou celle qui guide, facilite, aide, en somme accompagne l'apprenant-e au cours de ses apprentissages « naturels » pour reprendre les termes de Montessori.

> *Au sein de l'ExpAI_Num, l'éducateur-trice a autant à apprendre de l'élève, que l'élève n'apprend grâce à l'accompagnement de l'éducateur - à la manière de la notion de « double-empathie » introduite par Hatchuel (2018). Alors qu'avec le dispositif de CoMo•education cette relation d'interdépendance a lieu directement tout au long du scénario (puisqu'il-elles réalisent ensemble la narration interactive), avec l'eGloo elle est entrecoupée de moments individuels. Pourtant, même lors de ces moments individuels, le lien entre le-la médiateur-trice et l'apprenant-e existe : l'enfant est dans l'eGloo alors que l'adulte contrôle la narration.*

- **L'apprentissage est aussi théorique que pratique.**

L'ExpAI_num prône une non-hiérarchisation entre les savoirs (théoriques), savoir-faire (pratiques) et savoir-être qui se vivent de manière complémentaire. Chaque apprentissage nécessite la pleine mobilisation de chacune de ces typologies. De plus, en plaçant le corps au centre, il s'agit de placer également la pratique comme le vecteur du processus d'apprentissage, de promouvoir ainsi le *learning by doing* de Dewey ainsi que l'essai-erreur continu.

> *On peut d'ailleurs considérer la réalisation d'une ExpAI_num lorsque savoirs, savoir-faire et savoir-être ont été mobilisés de manière complémentaire. Nous pouvons prendre exemple pour illustrer ici notre propos sur une narration interactive réalisée à partir de CoMo•education qui mobilise simultanément les savoirs (théoriques) par le développement des compétences narratives de l'enfant, les savoir-faire par l'imitation des gestes sonores (faire le bon mouvement pour produire le bon son) et les savoir-être par le fait d'être ensemble et de s'écouter mutuellement.*

- **L'individualité et l'inclusivité cohabitent.**

L'individualité en éducation inclut la nécessaire prise en compte des qualités individuelles propres à chaque individu, c'est-à-dire l'idée que le développement n'est pas linéaire et normé (comme l'illustraient les stades piagétiens) mais varient et évoluent en fonction des individus. Cela nécessite également de laisser aux enfants, la possibilité de mobiliser les moyens d'expression qui leur sont propres, à l'image de la théorie des *Cent Langages* développée par Loris Malaguzzi.

> La libre expression permet également à l'enfant de trouver sa place au sein de la société, c'est-à-dire un citoyen engagé par ses choix et ses actions. Lors de la réalisation des expérimentations réalisées à partir du dispositif de learning matters, il était très intéressant d'observer les différentes stratégies employées par les enfants pour assembler le dispositif. Certain-es voulaient tout de suite manipuler rapidement, alors que d'autres observaient. Il n'en restait pas moins qu'à la fin, les deux étaient parfaitement capables d'assembler un circuit interactif dans le bon ordre.

- **Fondements.**

La conception d'expériences d'apprentissage incorporées - grâce au numérique, propose de composer avec la réalité tout en l'amplifiant, la modifiant, se l'appropriant afin que cette expérience aboutisse à une nouvelle interprétation, à la fois personnelle et collective, du monde qui nous entoure. Pour cela, seul le corps « peut », pour reprendre les termes de Michel Serres (1999). Et ce que peut le corps se traduit en trois phénomènes qui constituent les fondements des expériences d'apprentissage incorporées grâce au numérique : le lien entre les mondes réel et virtuel, les interactions multisensorielles permises grâce aux interfaces multimodales, et enfin la transmission d'une culture numérique. Revenons ensemble sur chacun de ses fondements :

- **Créer du lien entre les mondes réel et virtuel.**

Au fondement même des premières interfaces numériques pour enfant dédiées aux apprentissages, se trouve l'idée de créer des ponts entre les deux mondes via le contact avec d'objets physiques. Il s'agit ainsi de matérialiser des concepts abstraits (algorithmie, mathématiques) par la manipulation tangible. Dans nos expériences, ce lien est essentiel car il permet de rendre l'apprenant-e actif-ve et d'encourager le mouvement.

> Le dispositif de learning matters illustre cette première possibilité (interaction avec des objets physiques), alors que CoMo-education est un dispositif d'immersion sonore basé sur le mouvement et réalisé au sein d'une salle de classe.

- **Favoriser les interactions multimodales.**

La mobilisation des sens est à l'origine même de notre relation au monde qui nous entoure (Berthoz). Au cours du processus d'apprentissage, ces sens sont convoqués pour devenir des sources d'émotions et de motivation, vecteurs pour d'apprentissage. C'est ainsi que la création d'interfaces multimodales à des fins

pédagogiques est intéressante. Les interfaces multimodales peuvent être définies ainsi :

« Multimodal interfaces describe interactive systems that seek to leverage natural human capabilities to communicate via speech, gesture, touch, facial expression, and other modalities, bringing more sophisticated pattern recognition and classification methods to human-computer interaction¹. »
(Turk, 2014)

Comme le précise cette définition, il s'agit donc de favoriser différentes formes d'interaction tels que la parole, le geste, le toucher ou les expressions faciales via des systèmes de reconnaissance numériques. Une fois ces informations captées, elles peuvent être traduites en retours sensoriels (sonore, visuel, haptique).

> *Le dispositif de l'eGloo est basé sur des interactions multimodales. Chaque élément de l'environnement interactif propose de capter une interaction gestuelle produite par l'enfant pour la traduire en retour sensoriel (musique et son, vibration ou lumière).*

- **Transmettre une culture numérique.**

La vision pédagogique des ExpAI_num ne concerne pas seulement la transmission de savoirs traditionnels de l'école maternelle mais concerne surtout la transmission de nouvelles compétences en lien avec la société numérique. Il s'agit ainsi d'apprendre à la fois à collaborer avec les autres et de faire preuve de créativité gestuelle et corporelle, tout en développant un esprit critique vis-à-vis de la technologie, c'est-à-dire expliquer et faire comprendre aux apprenant-es les systèmes d'interaction.

> *Le dispositif de CoMo•education invite l'enfant à s'interroger sur ce qu'est un smartphone, objet du quotidien tout en le détournant de ses usages actuels via la narration d'histoires, permettant de développer des compétences narratives. Les circuits interactifs de learning matters invitent les élèves à prendre conscience de leur toucher, tout en apprenant ce qu'est un système de traitement de l'information et de transport de l'énergie.*

La conception d'une expérience d'apprentissage incorporée s'appuie donc sur des valeurs et des fondements qui forment les *invariants* de notre « pensée en acte », pour reprendre les termes de Manning et Massumi (2018). En ce qui concerne son implémentation sur le terrain, elle dépend des éléments constitutifs de cette

¹ « Les interfaces multimodales décrivent des systèmes interactifs qui cherchent à tirer parti des capacités naturelles de l'homme à communiquer par la parole, le geste, le toucher, l'expression faciale et d'autres modalités, en apportant des méthodes plus sophistiquées de reconnaissance des formes et de classification à l'interaction humain-machine. »

expérience, essentiels mais variables d'un contexte à l'autre - c'est ce qu'on nomme les *variants* d'une ExpAI_num.

8.1.2. Les variants.

Une expérience d'apprentissage incorporée - par le numérique, s'oriente, se prépare et se scénarise afin de créer pour les « expérienceur·ses » (pour reprendre les termes de Hatchuel, 2018) un espace d'apprentissage unique. Ainsi, si le scénario d'expérience, aussi appelé scénario pédagogique dans notre cas, pose les conditions de l'expérience. Il s'adapte à chaque contexte en jouant avec les variants qui constituent des éléments essentiels mais adaptables [Figure 1]

- Les acteurs et actrices : les apprenant·es et leurs médiateur·trices.

Bien que nous appuyons notre principe d'ExpAI_num sur les principes fondamentaux des pédagogies alternatives tels que l'autonomie, l'essai-erreur continu et l'exploration active, le rôle du·de la médiateur·trice (qui peut être exercé par l'enseignant·e mais pas seulement) est essentiel. Si le numérique a souvent questionné le rôle du·de la médiateur·trice, l'ExpAI_num, loin de le remettre en question, lui accorde une place centrale. Concernant les apprenant·es, il est indispensable de connaître leurs profils et leurs caractéristiques afin d'adapter au mieux la situation d'apprentissage.

- Les objectifs pédagogiques.

La conception puis la mise en œuvre d'une expérience d'apprentissage est soumise à des enjeux pédagogiques qui sont à considérer dès sa conception. Ces enjeux suivent les objectifs de l'école maternelle, réunis au sein du Programme d'enseignement de l'école maternelle (dont le dernier en date est le Bulletin officiel spécial n°2 du 26 mars 2015).

- Le dispositif.

Les caractéristiques du dispositif s'appuient à la fois sur les caractéristiques des apprenant·es (en premier) et des médiateur·trices (par extension), ainsi que les enjeux pédagogiques que nous venons de détailler. Mais pas seulement. Il s'appuie également sur des intuitions (liées des intentions) de création venant du ou de la concepteur·trice, et c'est l'alliance des deux qui composent le dispositif. Le dispositif est avant tout source d'interactions, entre le concepteur·trice, l'apprenant·e, le·la médiateur·trice et le milieu.

- **Le cadre spatio-temporel.**

Toute expérience se vit en contexte. C'est-à-dire qu'elle s'appuie sur ou choisit les conditions de sa mise en œuvre. Ainsi, le lieu ainsi que la temporalité sont à prendre en compte, afin de créer le milieu adéquat.

- **Les lignes narratives.**

Le choix du terme de « lignes narratives » fait référence aux arts vivants ou au fait de raconter une histoire, ou bien de lire un scénario de théâtre, de cinéma. Ce « script » constitue la base de la relation triangulaire entre le-la médiateur-trice, le dispositif et l'apprenant-e, et des interactions provoquées, suscitées, imaginées dans cette relation.

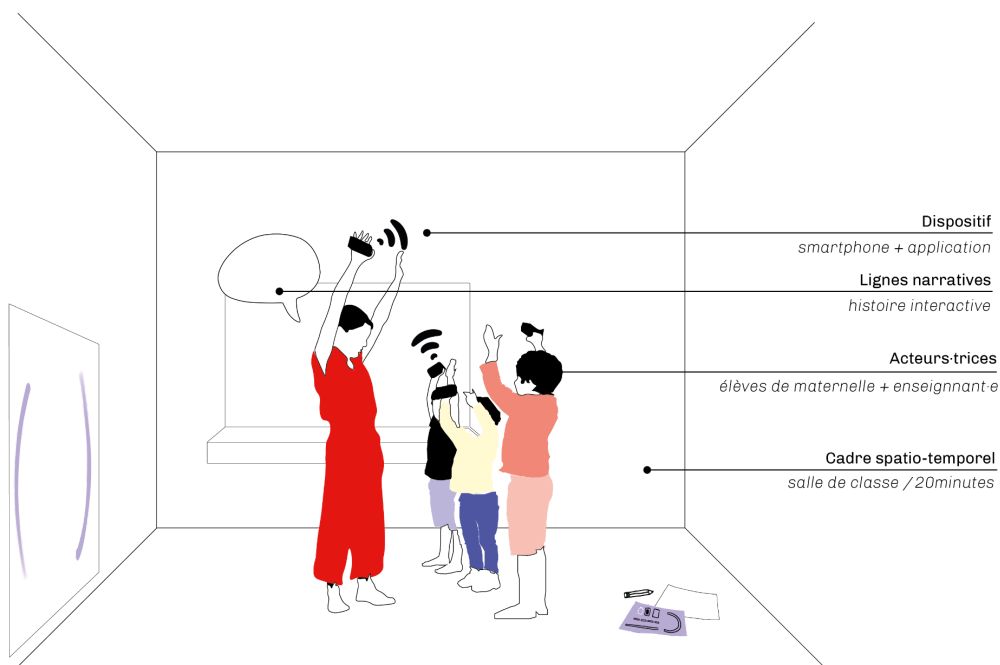
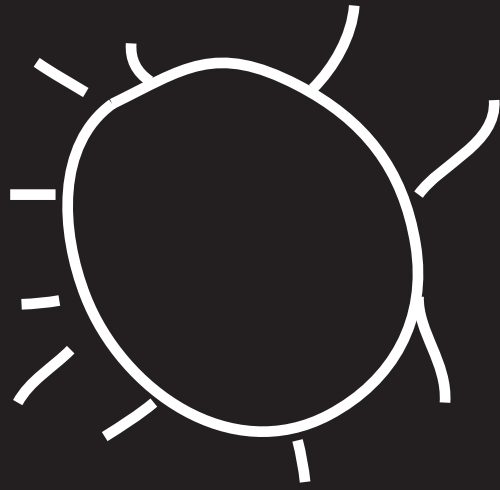


Figure 1 : Les *variants* d'une expérience d'apprentissage incorporée par le numérique - exemple du scénario basé sur le dispositif de CoMo•education

_Finalement, l'expérience d'apprentissage incorporée grâce au numérique peut être résumée en ces termes :

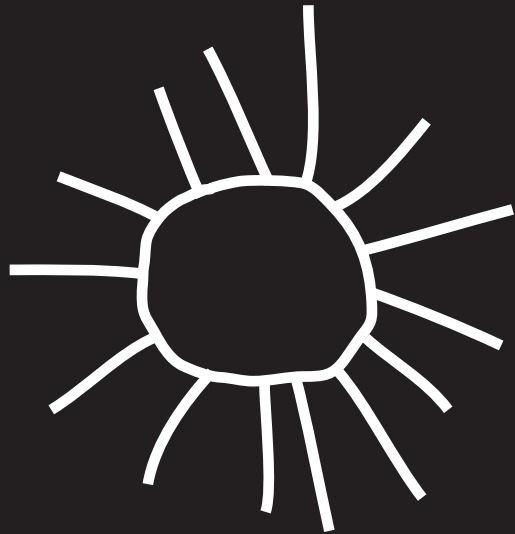
En plaçant le corps au cœur de l'apprentissage, l'expérience d'apprentissage incorporée par le numérique porte une proposition de paradigme pour l'éducation, entre transmission et médiation des savoirs, savoir-faire et savoir être, à l'ère numérique. Dans un lien permanent entre le corps, l'esprit et l'environnement, l'ExpAI promeut la libre expression de chaque individu au sein de la société, par la transmission d'une culture numérique.

Ainsi l'expérience d'apprentissage incorporée par le numérique se situe à la frontière entre médiation et transmission ; il ne s'agit pas seulement de transmettre des savoirs et des connaissances aux individus qui la vivent (transmission) mais de laisser place à une forme d'appropriation (médiation) qui constitue finalement le fondement de tout apprentissage. Si nous avons positionné dans cette thèse, l'introduction de ce paradigme dans le contexte de la petite enfance, nous pensons que ce dernier peut s'adapter à tous les âges de la vie.



Partie 3

Discussion





Chapitre 8

Discussion.

« Notre esprit dépend d'un corps mais on ne sait pas ce qui se passe à l'intérieur de notre corps. Il a fallu d'abord (très tard) qu'on découvre que le cerveau était le lieu où était localisée la pensée [...] C'est très tard que nous avons découvert que nous sommes faits de plusieurs milliards de cellules. Alors moi, je ne sais pas que je suis fait de milliards de cellules et mes cellules ne savent pas que je suis moi. L'inconscient est partout, c'est ça qui est merveilleux dans la recherche, c'est qu'on est dans un nuage - dans un océan - d'inconnaissance et d'inconscience. »

Edgar Morin, 1990.

Alors que nous venons d'introduire le concept d'Expérience apprentissage incorporé par le numérique [ExpAI_num] comme contribution majeure de la thèse, guidant le fil conducteur de notre processus de recherche, l'idée de ce huitième et dernier chapitre est d'ouvrir un espace de discussion autour de contributions complémentaires essentielles à la compréhension de notre travail de recherche. Chaque point abordé est construit comme un espace de réflexivité qui s'appuie à la fois sur des fondements scientifiques interdisciplinaires, et sur des expériences vécues tout au long du processus de recherche.

Avant de revenir en détail sur cette proposition, nous nous attarderons sur le lien essentiel entre pédagogies alternatives et éducation à la culture numérique qui a fait l'objet de nombreux échanges avec le monde de l'enseignement. Ce lien porte, selon nous, les vecteurs d'un « autre numérique » qui prend en compte des dimensions éthiques essentielles à la conception de dispositifs d'ExpAI_num pensés pour les jeunes enfants dans lequel le-la designer joue un rôle central.

Puis nous évoquerons les leçons, les limites et les perspectives issus des résultats de notre travail de recherche. Afin de conclure notre processus réflexif, nous éclairerons chacun de ces points par des exemples précis issus de nos expériences vécues par la création des dispositifs de *CoMo•education*, de *learning matters* et de *l'eGloo*.

8.1. Vers un « autre » numérique.

La culture numérique, telle que nous la connaissons aujourd'hui, est majoritairement le produit des GAFAM (*Google, Apple, Facebook, Amazon* et *Microsoft*), entreprises californiennes de la *Silicon Valley*. Au-delà de s'être immiscées dans les sphères les plus intimes de nos vies quotidiennes, elles s'emparent également du domaine de l'éducation, s'offrant ainsi des partenariats avec les systèmes éducatifs dont l'Éducation Nationale en France¹.

Pourtant, un article publié en 2011 dans le journal du *New York Times* intitulé « *A Silicon Valley School That Doesn't Compute*² » nous informait déjà que les dirigeants des plus grandes entreprises de la *Silicon Valley* (à entendre les GAFAM) mettaient leurs enfants dans des écoles « sans numérique ». Dans cet article il s'agit d'un établissement appliquant la pédagogie Steiner-Waldorf, aussi considérée comme l'une des pédagogies alternatives du mouvement de l'*Éducation Nouvelle*³. Une première interprétation de ce phénomène serait de considérer le potentiel éducatif perçu de ses pédagogies par les porteur-ses de ladite culture numérique, afin d'équiper au mieux leurs enfants face à la digitalisation de nos sociétés. Une seconde interprétation consisterait à pointer le fait que les outils numériques produits par les GAFAM (incluant aussi bien les *contenus* que les *contenants* c'est-à-dire les applications à but éducatif disponibles sur des interfaces à écran) destinés au grand public ne sont pas adaptés aux jeunes enfants - un phénomène souvent dénoncé surtout lorsqu'il s'agit de l'utilisation des écrans.⁴

Dans ces conditions, il semblerait intéressant de proposer la conception d'un « autre » numérique qui poserait de nouvelles dimensions éthiques propres à une éducation à la culture numérique, dès la petite enfance.

8.1.1. Repères alternatifs.

L'étude des pédagogies alternatives issues du mouvement de l'Éducation Nouvelle a guidé l'écriture de cette thèse. En effet, les éléments-clés de celles-ci ont été aux

¹https://www.lemonde.fr/economie/article/2018/09/02/les-alliances-gafam-education-nationale-font-grincer-des-dents_5349214_3234.html

² À traduire par : « Une école de la *Silicon Valley* sans numérique » ; <https://www.nytimes.com/2011/10/23/technology/at-waldorf-school-in-silicon-valley-technology-can-wait.html>

³ Pour des raisons également éthiques, je n'ai pas choisi de m'attarder sur cette pédagogie au Chapitre 1 qui bien qu'ayant été reconnu comme une pédagogie du courant de l'Éducation Nouvelle, fait l'objet de nombreuses controverses en France et dans le monde. En effet, les écrits de son fondateur Rudolf Steiner seraient considérés comme des textes ésotériques encourageant les enfants à des croyances sans réel fondement théorique. Pour en savoir plus : Maulini, O. (2019). *Que penser... de la pédagogie Steiner-Waldorf ?* Université de Genève.

⁴ À l'image du documentaire « Génération écran, génération malade » réalisé par Raphaël Hitier et diffusé sur Arte en 2020.

fondements de la création du concept d'*expérience d'apprentissage incorporée par le numérique* porté dans la conception des dispositifs de CoMo•education, de *learning matters* et de l'eGloo, parmi lesquels : la place accordée à l'apprentissage en mouvement portée par une vision holistique du développement de l'enfant - *apprendre en faisant*, en respectant le développement individuel de chacun-e au sein d'un collectif (l'écosystème de l'école).

Au début du 20e siècle, le monde occidental est touché par d'importants bouleversements sociétaux issus de la révolution industrielle puis des deux guerres mondiales. En parallèle, l'arrivée des pédagogies alternatives (issues du mouvement de l'Éducation Nouvelle) bouleverse le monde de l'éducation. On s'interroge sur les moyens et méthodes d'apprentissage aussi bien que sur la nature des espaces scolaires (Médici, 1990). À l'inverse, l'arrivée de l'informatique dans la deuxième moitié du 20e siècle ne bouscule que très peu nos systèmes éducatifs - en France, les plans informatiques se multiplient sans changer pour autant les pratiques pédagogiques au sein de l'école (Bihouix et Mauvilly, 2016).

C'est véritablement le passage de l'informatique au numérique, considéré comme une « révolution » du 21e siècle (Harai, 2018), qui transforme en profondeur notre vision de l'éducation. En conséquence, les moyens de transmission des savoirs, ainsi que l'accès à la connaissance se multiplient, tout autant que leurs définitions (Morin, 2014, Serres, 2015). C'est ainsi que l'on voit apparaître un changement culturel engendré par nos pratiques et usages du numérique au sein de la société, d'où le terme de « culture numérique » (Doueïhi, 2013, Cardon, 2019). Parallèlement, on assiste aussi à un regain d'intérêt pour les pédagogies « nouvelles », qui ne le sont pourtant plus vraiment, et agissent plutôt comme des repères pour l'éducation au 21e siècle (Galland & Samarine, 2020) vers la transmission d'une culture numérique.

Pour rappel, nous avons défini l'éducation à la culture numérique comme suit (au **Chapitre 2**) : « l'accompagnement des enfants vers les transformations résultant de la dissémination d'une culture numérique au sein de nos sociétés par la création d'espaces (physiques ou non) et la mise en œuvre de scénarios pédagogiques adaptées à la transmission des compétences essentielles au 21e siècle ». Dans les paragraphes suivants, nous verrons quels sont les liens entre les pédagogies alternatives et l'éducation à la culture numérique autour de la construction de repères « alternatifs ».

- « *Learning by doing* » : apprendre en faisant

Le premier repère concerne l'apprentissage actif et autonome mis en avant par le concept de « learning by doing » introduit par le pédagogue et philosophe américain John Dewey. Dans son ouvrage dédié à la *Culture numérique* (2019), Dominique Cardon associe les verbes d'action « coder/décoder » comme un double-enjeu de société pour l'éducation à la culture numérique. Le sociologue associe ainsi la théorie à la pratique, le faire au développement de la pensée qui va avec : le code est le langage (pratique) et le décodage, sa littératie (analyse des pratiques). Il ne s'agit pas seulement de produire des contenus à même d'être diffusés, mais également d'analyser ses propres productions ainsi que les processus de diffusion afin de faire preuve de réflexivité, d'être critique aussi bien sur ses pratiques que sur celles des autres :

« *Le numérique, pratique éminemment interactive, exige de comprendre en faisant et de faire en comprenant. Jamais ces deux faces de l'apprentissage n'ont été aussi étroitement articulées que dans le cas des technologies numériques.* »
(Cardon, 2019)

Comme le précise Tessier (2019) dans son ouvrage *Éduquer au numérique*, les outils numériques s'expérimentent « en faisant » - on peut suivre un cours théorique sur l'utilisation d'un logiciel ou même d'une interface, tant que l'on ne l'a pas concrètement utilisé, on ne peut en saisir toutes les potentialités issues des différentes fonctionnalités (qu'elles soient *fermées*, c'est-à-dire préalablement définies ou *ouvertes*, co-crées avec les usagers). L'apprentissage est issu de l'expérience vécue par l'apprenant-e.

L'éducation à la culture numérique s'approprie les principes de l'apprentissage par le « faire », évoqué dans le « tâtonnement expérimental » par essai-erreur de Célestin Freinet et la manipulation du matériel pédagogique de Maria Montessori. Les nouveaux langages de programmation ainsi que les fonctionnalités d'usage des outils numériques sont autant de nouveaux moyens d'expression (le code et la photographie par exemple) tel qu'évoqué par Loris Malaguzzi dans la pédagogie à Reggio Emilia, à travers les *Cent langages*.

> *Exemple* : Les dispositifs de *CoMo•education* et *learning matters* sont à la fois des vecteurs d'expériences multisensorielles et permettent de transmettre des principes numériques - *CoMo•education* autour des capteurs de mouvement présents dans les smartphones, et *learning matters* autour de l'interrupteur qui permet de faire fonctionner tout artefact numérique.

- **L'environnement « numérique » comme enseignant**

Le deuxième repère concerne la notion d'environnement comme « enseignant ». Cette notion est essentiellement apparue dans les pédagogies italiennes de Montessori et de Reggio Emilia. Chez Montessori, l'environnement est une ressource essentiel pour l'enfant, qui peut disposer de l'espace et accéder au matériel dont il a besoin pour effectuer une activité en autonomie. Dans la pédagogie à Reggio Emilia, l'environnement est considéré comme le « 3e enseignant » de l'élève apprenant-e, avec l'enseignant-e et son assistant artistique, aussi appelé « *atelierista* ». Ainsi l'environnement de l'école s'adapte aux besoins des enfants ainsi qu'aux activités (artistiques) en cours.

En éducation, on associe souvent le numérique à la notion d'environnement pour parler d' « environnement numérique », un terme qui prend en compte aussi bien l'évolution des espaces physiques par l'intégration d'outils numériques, que les espaces virtuels disponibles sur les interfaces (à écran) associés. Ainsi, les environnements numériques forment des ressources éducatives importantes puisqu'ils donnent accès au savoir de manière instantanée et multimodale (sous forme de vidéo, de podcast, ou d'article en ligne, etc.) (Serres, 2015).

Au 21e siècle, et tout comme chez Reggio Emilia, l'environnement numérique peut être considéré comme le « 3e enseignant de l'enfant ». C'est précisément cet environnement qui est le support d'interactions numériques comprenant le triangle suivant : le support (outil numérique), l'activité pédagogique et les modalités d'usage⁵. Ce triangle d'interaction offre des potentialités d'usage que les enseignant-es peuvent associer à leur pratique pédagogique afin de porter une éducation à la culture numérique, à travers notamment la transmission de compétences numériques et des compétences du 21e siècle (ou 4Cs) : Collaboration, Créativité, Communication et esprit Critique.

> *Exemple* : Le projet de l'eGloo propose à l'enfant un nouvel environnement d'interactions. Si ce dernier est basé sur un système numérique interactif (interface de contrôle sur ordinateurs), les interactions proposées à l'enfant sont elles physiques et tangibles. Ainsi l'utilisation de ces interfaces permet de diversifier les retours sensoriels et d'offrir un nouvel environnement à la fois ludique et expérimental.

⁵ Comme le précise Olivier Masson-Halimi dans l'épisode 5 du MOOC #petiteculnum.

- **La citoyenneté numérique**

Enfin, le troisième repère « alternatif » concerne l'enjeu de citoyenneté numérique. Le statut d'élève-citoyen est particulièrement mis en avant dans les écoles de pédagogies alternatives, en considérant que l'école occupe une place centrale dans la société où les enfants participent de son organisation (Preston, 2021). Ainsi, l'éducation à la citoyenneté est incluse dans les enjeux des pédagogies alternatives puisque l'enfant est acteur-actrice de ses apprentissages, mais joue aussi un rôle important dans le fonctionnement de l'école et son organisation, alors considéré comme une « mini-société ». Chez Freinet comme chez Dewey, la notion de citoyenneté est au cœur du projet pédagogique de l'école, qu'il s'agisse de l'organisation d'assemblée citoyenne ou de cours à ce sujet⁶.

L'éducation à la citoyenneté numérique est de plus en plus présente dans les préoccupations collectives aux niveaux politique, éducatif et social. Il s'agit de donner aux enfants les moyens d'agir en tant que « citoyens éthiques et démocratiques [...] au sein d'une société en constante évolution à l'ère numérique » (Pellerin, et. al, 2021). Ainsi, l'éducation à la citoyenneté numérique est définie comme :

« une pédagogie qui guide les enseignants et les élèves à penser de façon critique au monde qui les entoure; elle leur donne plus de pouvoir (empowerment) pour agir en tant que citoyens et citoyennes responsables avec des habiletés et une conscience sociale pour s'élever contre l'injustice ».

(Pellerin, et. al, 2021)

Comme l'ont précisé Plantard & Le Boucher (2020), la principale préoccupation de l'éducation au 21^e siècle doit être la lutte contre les inégalités d'usages liées au numérique. L'école a donc un rôle à jouer, comme l'on précisé également les enseignant-es interrogées dans le cadre de ce travail de recherche, dans l'éducation au numérique dès la petite enfance. Cette dernière est à la fois *alternative*, c'est-à-dire qu'elle adapte ses moyens, méthodes et environnements d'apprentissage aux innovations technologiques et *culturelle*, afin d'être comprise dans une société en perpétuelle évolution.

> *Exemple* : Dans le scénario d'une expérience d'apprentissage incorporée à l'ère numérique, nous avons choisi d'intégrer un espace de discussion suite à

⁶ Rappelons ici que le projet de l'Éducation Nouvelle était éminemment politique et qu'au sortir de la seconde guerre mondiale, il s'agissait de favoriser une éducation de qualité, accessible à tous les enfants et assurer la paix au XX^e siècle, considéré comme le « siècle de l'enfant » (Médici, 1990).

l'utilisation du dispositif. Cet espace de discussion est un moyen pour l'élève de faire preuve de réflexivité sur ce qu'il vient de vivre (et d'apprendre) de manière individuelle et collective, en s'écoutant les uns, les autres. Ces moments de discussion ont souvent été intéressants à analyser, notamment pour notre travail de conception itératif. Ils ont aussi permis d'éclaircir les incompréhensions quant à l'utilisation de chaque dispositif afin d'expliquer à l'enfant, de « démystifier » certaines notions associées au numérique (par exemple, capteur de mouvement dans le smartphone pour *CoMo•education*, la lumière comme signal d'interaction chez learning matters ou encore la source sonore de la narration dans l'*eGloo*).

_Ces trois repères « alternatifs » pour l'éducation à la culture numérique - l'apprentissage par le faire, la prise de conscience de l'environnement comme enseignant ainsi que l'éducation à la citoyenneté numérique, amènent également à se questionner sur les dimensions éthiques sous-jacentes.

8.1.2. Les dimensions éthiques.

Pour soutenir notre réflexion autour de l'éthique, nous nous appuyerons sur la définition donnée par Francisco J. Varela (dont le principe d'énaction, explicité au Chapitre 3 a inspiré la création du concept d'*Expérience d'apprentissage incorporée par le numérique*) :

« Je partirai du principe que l'éthique se rapproche plus de la sagesse que de la raison : il s'agit de comprendre ce qu'est être bon plutôt que d'avoir un jugement correct dans une situation particulière. » (Varela, 2004)

Ainsi pour Varela, l'éthique s'éloigne du jugement et rejoint plutôt un système de valeurs. Pour étayer sa réflexion, Varela s'appuie entre autres, sur les conceptions éthiques de Mencius, penseur chinois confucéen, composées des trois termes interdépendants suivants :

- L'*extension*, c'est-à-dire que l'être humain « met la vertu en pratique, c'est-à-dire en partant de situations où l'action est considérée comme correcte », ce que nous faisons d'ailleurs pour l'apprentissage de toute compétence - si nous sommes au départ des débutants, « nous apprenons à élargir le champ d'application de nos connaissances » par la suite ;
- L'*attention*, soit « notre aptitude naturelle à se concentrer sur des objets concrets ». Varela ajoute que « l'absence d'attention révèle une mauvaise orientation dans le perfectionnement de soi ». Ainsi notre attention dépend,

selon lui, de notre capacité à analyser une situation, et ne pas suivre des règles prédéfinies, ce qui conduit alors à notre troisième point ;

- Et enfin, la *conscience intelligente* qui se traduit par une « intelligence qui doit guider nos actions, mais de telle sorte qu'elle corresponde à la structure des situations ; elle échappe ainsi à la codification en règles ou en procédures. » C'est-à-dire que nous ne rationalisons nos actes qu'après les avoir effectués, ce qui est un « tremplin pour l'apprentissage permanent » (Varela, 2004).

Nous retenons ces principes comme des repères dans le vaste champ de recherche qu'est l'éthique. Ils mettent en avant, selon moi, des qualités essentielles qui m'ont accompagnée dans ce travail de recherche engageant un processus de co-conception : (i) une humilité perceptible, c'est-à-dire la capacité à écouter et apprendre des expertises complémentaires à la nôtre, (ii) une créativité, qui s'exprime par l'originalité d'un sujet « entre » science, design et société, et bien sûr (iii) une certaine rigueur propre aux attentes de la recherche qu'elle soit action ou création.

Afin de concevoir un « autre numérique » pour reprendre le titre de cette partie, et afin de suivre les repères alternatifs ainsi que les qualités que nous venons d'énoncer, nous pouvons lister les valeurs qui devraient être respectées dans la conception de dispositifs numériques pour la petite enfance :

- Engager un processus de co-conception qui implique les différentes parties prenantes, c'est-à-dire celles et ceux qui prennent soin des enfants mais également les enfants eux-mêmes, ainsi que des experts de la petite enfance aux connaissances complémentaires issues de la recherche scientifique ou de pratiques de terrain ; ainsi que des ingénieur-es qui ne soient pas considéré-es comme des « exécutant-es » mais bel et bien comme des concepteur-trices conscient-es des usages numériques qu'il-elles créent.
- Considérer le corps comme *médium* d'interaction avec les technologies, c'est-à-dire que la conception des futurs est pensée pour favoriser les interactions en mouvement et multisensorielles.
- Penser l'adaptabilité du dispositif en fonction du contexte, c'est-à-dire que le dispositif ne répond pas aux enjeux d'un contexte unique mais répond à une multiplicité d'attentes et de contraintes et peut varier en fonction. Le système de variants et d'invariants inhérent à la conception d'une

expérience d'apprentissage incorporée par le numérique en est l'illustration.

Nous avons tenté de respecter ses fondements dans la conception de dispositifs proposant des expériences d'apprentissage incorporées par le numérique. En effet, notre processus de conception convoque des dimensions éthiques qui viennent compléter les repères « alternatifs » explicités précédemment et guident ainsi le processus de conception mené par le-la designer [Figure 2]. Dans les paragraphes suivants, nous nous attacherons à définir le rôle relativement complexe du-de la designer qui adopte une posture entre recherche et matérialité, dans la conception d'ExpAI_num.

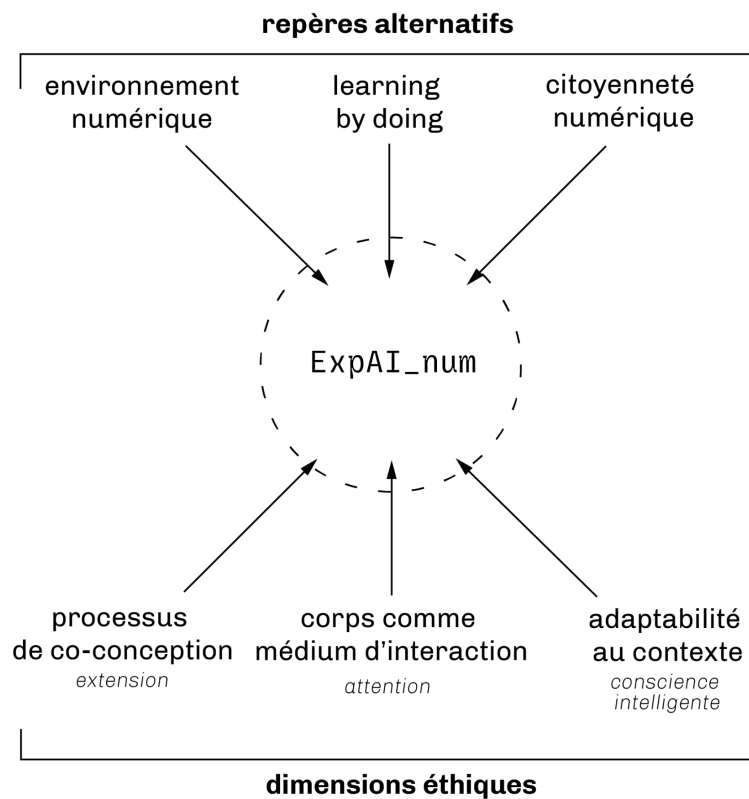


Figure 2 : L'expérience d'apprentissage incorporée par le numérique - entre repères alternatifs et dimensions éthiques.

8.1.3. Le rôle du-de la designer.

Nous avons choisi de nommer « design de la pédagogie », l'alliance du design à l'éducation dans la création de nouvelles expériences d'apprentissage, dont cette

thèse en est l'illustration (Annexe). Les enjeux et les contraintes de ces deux mondes s'associent autour d'un même *projet* qui allie les enjeux pédagogiques aux enjeux de conception.

Le-la designer pédagogique exerce un rôle-double : il-elle est à la fois un-e chercheur-se réflexif et un-e diplomate matérialiste⁷[Figure 3]. Enfin, le designer-la pédagogique mobilise différentes compétences du design, afin de créer de véritables expériences pédagogiques.

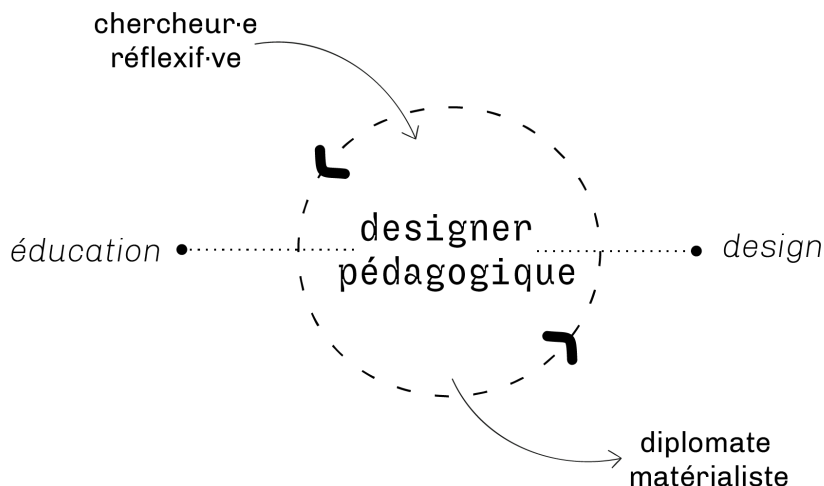


Figure 3 : Le rôle double du designer pédagogique - un-e diplomate matérialiste et un-e chercheur-e réflexif-ve.

- **Un-e chercheur-e réflexif-ve.**

Avant toute conception, le-la designer de l'expérience pédagogique doit explorer le milieu dans lequel s'intègre le projet (de recherche). Pour cela, il mobilise des outils multiples que sont les entretiens et les groupes de discussion, la création de « parcours utilisateurs » ou encore la prise de croquis *in situ*, qui forment tout autant d'objets intermédiaires de conception (Bassereau et. al, 2015). Ces outils sont également connus de la recherche qualitative pour laquelle la notion de « réflexivité » est centrale (Dumez, 2021).

Ainsi, l'attention ne porte pas tant sur la conception d'un dispositif que sur les enjeux que soulève ce projet dans sa globalité, c'est-à-dire la prise en compte de questionnements de recherche, ainsi que l'expérience sensible vécue par les acteurs et actrices de ce milieu, entre autres.

⁷ Cette partie s'appuie principalement sur un article co-écrit avec le philosophe Théo Samain-Raimbault pour les Rencontres Annuelles Internationales du Design (RAID) 2022 intitulé « Une diplomatie matérialiste : le rôle des designers au sein de Premiers Cris, collaboratoire de recherche sur la petite enfance ».

Cette réflexivité s'incarne dans un processus d'itérations continu tout au long du processus de conception constitué d'allers-retours entre la recherche et le terrain, alliant théorie et pratique, bien connu de la recherche en design (Findeli, 2015). *Finally, cette fonction réflexive portera [le-la designer] à considérer puis à interroger de manière continue, dynamique et expérimentale, l'ensemble des affects stimulés par la recherche. C'est pourquoi, afin de faire valoir la pluralité des affects en jeu et de considérer leur égale importance, le-la designer doit faire preuve de diplomatie.* En somme, il s'agit de jongler avec les attentes et les besoins du milieu pédagogique, issus du croisement entre la recherche et le terrain (Samain-Raimbault & Voillot, 2022).

- **Un-e diplomate matérialiste.**

Le terme de « diplomatie » est emprunté à Anne-Lyse Renon sans son ouvrage intitulé *Science & Design* (2020) qui l'introduit en ces termes « la diplomatie du designer consiste [...] en sa capacité à faire de la politique, de la controverse et de la médiation par sa pratique et les agencements qu'elle opère ».

En effet, le-la designer pédagogique est chargé-e d'incarner la pluralité des enjeux (intérêts, affects et langages) propres à un milieu et ses acteurs et actrices, alors considérés comme des parties prenantes. Cette incarnation se matérialise sous la forme d'un dispositif qui propose à toute partie prenante de « disposer » d'une nouvelle forme d'expérience pédagogique. *Finally, la spécificité des designers et ce qui caractérise le mieux leur geste, est peut-être l'exploration de la richesse de la matière afin d'en tirer les potentialités et d'améliorer l'expérience des personnes dans un milieu.* Cette matière issue du terrain rencontre alors le matériau, qui sera la ressource du travail du designer (Barbara Szanniecki, 2018).

Ainsi, le rôle du designer pédagogique est l'incarnation du dessin/dessein qui par la création d'un dispositif « simplifié », c'est-à-dire facilement utilisable et appropriables par les élèves et leurs enseignant-es matérialise dans un processus réflexif les enjeux complexes rencontrés par le milieu (pré)scolaire (Samain-Raimbault & Voillot, 2022).

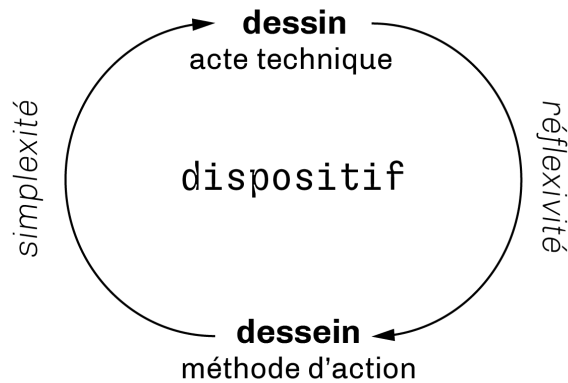


Figure 4: Le dispositif - dessin/dessein, entre réflexivité et simplicité

- **Un-e multi-designer.**

Nous avons théorisé l'expérience comme la mise en pratique du corps sensible (**Chapitre 3**). Nous avons également souligné l'importance de mobiliser le corps au sein du processus pédagogique, afin de créer des expériences d'apprentissage incorporées (**Synthèse** de la Partie 2). Au-delà de créer des dispositifs dédiés à l'apprentissage, nous partageons l'idée que le-la designer de la pédagogie conçoit des expériences d'apprentissage incorporées qui seront sources d'attention, de motivation et d'émotions - principaux vecteurs de l'apprentissage.

Finalement, la conception de ces expériences mobilise différents champs du design dans un seul et même objectif, celui de concevoir *pour* l'éducation. Ainsi le design de la pédagogie convoque différents champs d'expertise du design que sont le design d'expérience, afin de transformer la pédagogie en expérience, le design de produit (ou d'objet pédagogique), le design d'espace (pour la conception des espaces scolaires par exemple), le design sonore (si le projet nécessite la présence de sons), le design graphique (pour la conception de supports pédagogiques par exemple), etc.

À l'ère numérique, c'est aussi le design d'interaction (ou *UX design*) qui est mobilisé afin de définir des parcours utilisateur-trices qui guideront l'apprenant-e et/ou le médiateur-trice vers un usage autonome d'une interface numérique (on parle également de design d'interface ou *UI design* pour *User Interface/Interface utilisateur*).

> *Exemple(s)* : Le dispositif de CoMo-education mobilise le design sonore (création et concordance des sons qui animent une narration interactive), le design

gestuel (conception des gestes qui fonctionnent avec l'application), le design d'interface (parcours utilisateur·trice lors de l'utilisation de l'application), le design graphique (pour la conception des notices d'utilisation). Lorsque nous avons utilisé le dispositif de CoMo-education à la Nuit Blanche en 2019, nous avons même mobilisé nos compétences en design d'espace afin de créer une ambiance olfactive et lumineuse qui plonge le-la participant-e dans une expérience immersive et multisensorielle [Figure 5].



Figure 5 : La Géante Endormie, une narration interactive créée pour la Nuit Blanche 2019 à partir de CoMo•education - design de gestes, design sonore, design d'espace s'associent pour créer l'ambiance propice à une expérience immersive.

8.2. Leçons, limites & perspectives.

Dans un processus de recherche action/création, la réflexivité du ou de la chercheur-e est essentielle car elle permet à la fois d'enrichir le processus de création (ici des différents dispositifs conçus), et de garder un lien essentiel avec le terrain. Ainsi, tout au long de notre processus de recherche, les contraintes du terrain sont devenues des sources de créativité, et malgré des limites constatées dans notre démarche, chaque dispositif a ouvert de nouvelles perspectives qui s'offrent aujourd'hui en/à la discussion.

8.2.1. Leçons

Nos trois dispositifs (*CoMo•education*, *learning matters* et *eGloo*) s'appuient sur plusieurs directives de conception (*design guidelines*) proposées par les chercheurs en IE(H)M, telles que la participation des parties prenantes tout au long du processus de conception ou encore la prise en compte des connaissances sur le développement de l'enfant, ainsi que l'appropriation du dispositif par les utilisateur-trices (Antle, 2007 ; Hourcade, 2015).

Dans les prochains paragraphes, nous reviendrons sur quelques directives de conception complémentaires, révélées par notre démarche de co-conception menée dans le contexte préscolaire.

- **S'impliquer sur le terrain en tant que chercheur-e.**

En raison des contraintes du terrain (manque d'enseignant-es, crise du Covid-19, etc.), les enseignant-es n'ont pas toujours été en mesure de participer aux scénarios pédagogiques et donc de tester les dispositifs avec leurs élèves. J'ai ainsi souvent occupé le rôle de médiatrice alors que ce n'était pas prévu au départ. En effet, je souhaitais, dans une logique d'autonomisation et d'appropriation des dispositifs, que les enseignant-es puissent exercer ce rôle au sein du scénario et que je puisse observer ce qui se déroulait avec attention.

Le rôle de « médiateur-trice » est essentiel au sein du scénario pédagogique, puisqu'il est clé dans la « réussite » d'implémentation du dispositif : c'est le médiateur-trice qui introduit le dispositif auprès des élèves et s'assure de l'ensemble des étapes - de la découverte aux retours d'expérience. Il est donc important de réfléchir à ce rôle en amont de l'expérience (rédaction des lignes narratives du scénario par exemple), tout en laissant le soin au médiateur ou à la médiatrice de s'approprier le dispositif qu'il-elle présentera à ses élèves.

En exerçant finalement moi-même ce rôle, cela m'a permis de mieux saisir les enjeux du terrain, aussi bien au niveau de la scénarisation, que de l'utilisation du dispositif « *in the wild* » par les élèves - ce qui s'est avéré très utile dans le processus de co-conception..

> *Exemple(s)* : C'est suite aux expérimentations de la dernière version du dispositif de *CoMo•education* que nous avons adapté le profil « teacher » de l'application en fonction des retours d'utilisation sur le terrain et avec les élèves (ce qui est complètement différent de nos multiples tests au sein de notre laboratoire). Nous avons par exemple ajouté les options suivantes : le bouton « play/pause » afin

de pouvoir rendre « silencieux » tous les téléphones au cours d'une narration interactive (dans la fonctionnalité « Jouer » une histoire) ; et le bouton « revenir en arrière » à chaque étape de la création d'une histoire interactive (pour les fonctionnalités « Créer » ou « Modifier » une histoire) .

- **Co-concevoir le scénario pédagogique.**

Nous avons choisi de co-crée avec les enseignant-es impliqué-es dans le processus de co-conception, des scénarios pédagogiques permettant l'utilisation de chaque dispositif en classe et avec les élèves, même en phase de test. Cela nous a permis d'adapter le scénario pédagogique aux enjeux spatio-temporels, pédagogiques et interactionnels afin que ce dernier soit en accord avec les contraintes du terrain (tel que le manque de temps, de matériel ou d'espace) et les attentes de l'école maternelle (respect du programme préscolaire, besoin d'innover au sein de sa classe ou de faire évoluer ses pratiques par exemple).

Plusieurs enseignant-es aux pratiques et parcours pédagogiques différents ont été impliqués au cours du processus de co-conception. Ainsi, les retours d'expérience des un-es ont enrichi l'expérience vécue des autres. Aussi, nous avons co-écrit avec les enseignant-es les différents éléments du scénario, c'est-à-dire le choix du cadre spatio-temporel ou encore les lignes narratives (aussi qualifié d'*invariants* d'une ExpAI-num). Chaque fois le dispositif et sa scénarisation ont été améliorés afin qu'ils puissent s'adapter aux besoins de chaque enseignant-e au sein de sa classe.

Finalement, les enseignant-es ont collaboré les un-es avec les autres par l'intermédiaire du designer qui a joué le rôle de médiateur, non pas au sein du scénario mais au sein du processus de co-conception. J'ajouterai ici que les outils du design - prototypage rapide, dessins explicatifs ou encore notices explicatives, autant d'objets intermédiaires de conception, se sont révélés particulièrement puissants pour faire dialoguer les acteur-trices de terrain et l'équipe de conception (dont les ingénieur-es, développeur-es qui ne sont pas rendus sur le terrain) impliqué-es même à distance et sans se connaître.

> *Exemple(s)* : Le dispositif *learning matters* s'est avéré relativement complexe à expliquer aux élèves. Nous pensions qu'il serait relativement simple pour les élèves d'assembler les trois éléments du circuit de manière autonome. Or, l'introduction de chacun des éléments du dispositif (batterie, interrupteur, lampe) est en fait essentiel dans la compréhension du projet. Nous avons ainsi rallongé la première étape du scénario intitulée « exploration », en expliquant avec précision ce

qu'était une batterie (une source d'énergie), un interrupteur (qui fait fonctionner le circuit et circuler l'énergie) et une lampe (une lumière qui s'allume et s'éteint). De plus, c'est grâce au prototypage rapide des différentes versions du dispositif que nous avons pu aboutir à un dispositif pérenne, aussi bien au niveau de sa solidité, que de sa compréhension par les jeunes enfants.

- **Promouvoir les interactions sans écran.**

L'utilisation d'interfaces à écran en école maternelle a fait débat au cours des processus de co-conception, et ouvert de nombreuses discussions. En effet, le débat de société ouvert à ce sujet (cf. **Chapitre 2**) préoccupe grandement le corps enseignant, surtout en école maternelle. Ce sujet est revenu à plusieurs reprises lors du processus co-conception. Nous avons donc veillé à le garder en tête sans que cela devienne une « injonction », mais plutôt une contrainte de création.

Ainsi, nous avons privilégié la création de dispositifs favorisant les interactions sans écran dès les premières étapes du projet. Afin de favoriser ce type d'interactions (dites « incorporées ») nous avons choisi de promouvoir l'attention des enfants sur leurs sens, leurs gestes et leur mouvement, et plus généralement l'environnement qui les entoure - à travers des expériences favorisant la découverte de soi et des autres.

Pour cela, le détournement de technologies existantes nous a permis de créer de nouveaux usages à partir d'outils numériques faisant partie de la vie quotidienne des enfants (tel que le *smartphone*, ou l'interrupteur). En utilisant ces outils, déjà présents dans la salle de classe, nous promovons une éducation à la culture numérique qui offre des possibilités de déploiement à plus grande échelle de manière plus réaliste.

> *Exemple(s)* : Le projet *CoMo•education* a souvent fait débat, notamment autour de l'utilisation de *smartphones* en maternelle. Même si l'idée principale du projet était bien évidemment de favoriser les interactions gestuelles et sonores, l'idée d'équiper les jeunes enfants de *smartphones* pouvaient questionner les professionnel·les de l'éducation. Ainsi, il a été nécessaire de bien préciser que pour l'utilisation de *CoMo•education* en classe, l'écran (en mode « pupil ») est bloqué sur écran noir et que nous n'utilisons que les capteurs et le haut-parleur. Il s'agit donc de proposer un usage multisensoriel du *smartphone* et d'en détourner l'usage habituel des enfants au sein de leurs familles (appels, utilisation d'applications ludiques ou encore appareil photo).

- **Créer des dispositifs inclusifs.**

Tout au long du processus de conception, nous avons testé les dispositifs dans plusieurs écoles maternelles auprès d'élèves issus de différents milieux socio-économiques (dans le centre de Paris ou en banlieue parisienne). Les enseignant-es mobilisé-es avaient également des parcours et des pratiques pédagogiques très différents (en termes d'âge et de formation, en plus des écoles publiques en REP ou non, nous avons également collaboré au début du projet avec une école Montessori située en petite couronne de Paris). En maternelle, les particularités des élèves (retard ou trouble du développement /handicap) ne sont pas forcément encore diagnostiquées, et prises en charge. Ainsi, il a fallu prendre en compte cette contrainte afin de créer des dispositifs qui soient les plus inclusifs et adaptatifs possibles aux besoins des élèves, d'autant plus que nous avons favorisé les interactions collectives, notamment pour *CoMo•education* et *learning matters*⁸.

> *Exemple(s)* : Lors d'un des expérimentations tests du projet de *CoMo•education*, deux élèves d'une classe étaient diagnostiqués et pris en charge pour des troubles de l'attention et de l'hyperactivité. Or, ils se sont montrés très attentifs dans la narration de l'histoire interactive. « Je pense c'était plus intéressant pour eux de suivre une histoire en bougeant avec des sons, que comme on le fait habituellement assis et en silence » nous a indiqué leur enseignante. Nous avons également testé *CoMo•education* avec un élève ayant des troubles de la vision, et son intégration au sein du groupe a été parfaitement réussie grâce à la présence de l'environnement sonore. Enfin, les dispositifs de *learning matters* et de *CoMo•education* ont également été testés avec des élèves parlant peu (voire pas du tout) le français, ce qui n'a pas semblé perturber leur implication lors de l'activité (mais s'est avéré plus compliqué lors des groupes de discussion et entretiens individuels).

- **Les conditions de l'interdisciplinarité**

Tout au long de notre processus interdisciplinaire de recherche en design, nous avons mobilisé plusieurs acteur-trices aux expertises complémentaires issues des

⁸Les travaux de recherche d'Emeline Brûlé en IHM adaptés à ce type de public ont été des ressources intéressantes, par exemple : Brûlé, E., Metatla, O., Spiel, K., Kharrufa, A., & Robinson, C. (2019, May). Evaluating Technologies with and for Disabled Children. In Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-6).

milieux de la recherche et du terrain. Ces collaborations ont permis de créer des dispositifs qui embrassent toute la complexité des problématiques qu'ils convoquent tels que l'apprentissage en mouvement, la concordance à des objectifs pédagogiques ou encore l'appropriation par de très jeunes élèves.

De ces expériences collaboratives, nous pouvons lister plusieurs conditions de l'interdisciplinarité :

- Convoquer les savoirs scientifiques au même niveau que les savoirs pratiques, respectivement les connaissances théoriques (recherche) et les connaissances pédagogiques (terrain).
- Favoriser un dialogue constant tout au long de la recherche : en amont, pendant et après les expérimentations. Il s'agit alors de créer des espaces de discussion propres à chaque domaine d'expertise (ingénierie et développement de l'enfant par exemple) ainsi que des échanges entre ces domaines, en réunissant alors les différent-es acteurs et actrices de la recherche. Ces espaces de discussion ponctuent les moments de la recherche, et rendent le processus dynamique.
- Savoir faire des compromis afin de créer des ponts « entre » les acteur-trices, les disciplines, les savoirs mais aussi les méthodes et les outils propres à chacun-e. Il s'agit alors de faire des choix collectifs.

Suite à la réalisation de ce travail de recherche, nous partageons l'idée que ces conditions sont le fruit d'une recherche en design. Ainsi, en tant que designer, je ne suis pas expert-e des connaissances, des disciplines et des milieux qui ont été convoqués (à savoir principalement le milieu de la petite enfance ainsi que les domaines de l'ingénierie et de l'éducation) mais nous avons toujours cherché à les mobiliser afin d'engager le processus de recherche-action/création ici présenté. Cette posture « neutre » ou « entre » du-de la designer-chercheur-e peut finalement conditionner le processus de recherche interdisciplinaire ici présenté.

Bien que ces leçons puissent être aujourd'hui présentées comme des directives de conception, la création et l'utilisation de nos trois dispositifs ainsi que la mise en œuvre des expérimentations associées, ont également soulevé des limites.

8.2.2. Limites

Au cours de notre processus de recherche, nous avons rencontré de nombreuses difficultés que l'on présente aujourd'hui comme des limites.

- **Les problèmes techniques rencontrés.**

Travailler avec les nouvelles technologies nécessite des formes d'expertise multiples en développement et ingénierie (électronique et informatique). Ainsi, si nous avons évoqué à plusieurs reprises, le processus de collaboration engagée avec des experts spécialisés dans ces domaines (ingénieurs, développeurs et designers), nous ne sommes pas revenus sur les problèmes techniques qui ont parfois eu lieu avant, pendant ou après une expérimentation. Les causes de ces problèmes sont parfois complexes, et si certains problèmes ont été résolus assez rapidement, d'autres ont nécessité plus de temps ou l'implication de domaines d'expertise complémentaires que nous n'avions pas dans notre équipe. Il a donc fallu annuler et/ou reporter certaines expérimentations - ce qui n'est pas toujours compatible avec les contraintes du terrain (attentes des enseignant-es, emplois du temps ou déception des enfants lorsque le dispositif ne fonctionnait pas en classe). Les nombreux tests réalisés en amont au sein de notre laboratoire ont permis de limiter que ces problèmes techniques n'aient lieu sur le terrain. Ainsi, il est essentiel de prévoir des solutions de dépannage ou bien du matériel en plus lorsque l'on travaille avec les nouvelles technologies.

> *Exemple(s)* : Pour le dispositif *learning matters*, nous avons mis un certain temps à comprendre d'où venaient les problèmes techniques dûs à son utilisation avec les élèves. En fait, les circuits étaient rapidement abîmés et dysfonctionnants à cause de l'utilisation du textile dans la structure même de chaque élément. C'est pourquoi nous avons choisi de n'utiliser des systèmes en textile électronique que sur l'interrupteur, qui est au cœur de l'interaction gestuelle. Cela a permis de limiter les bugs techniques et de faciliter également les réparations lorsque des connexions se brisaient ou qu'un composant électronique s'avérait défectueux.

- **Les études expérimentales menées.**

Au cours de notre processus, nous avons tenté de garder un lien permanent avec le terrain en organisant de nombreuses sessions de tests-utilisateurs⁹. Ces tests nous ont permis d'aboutir à la création de dispositifs fonctionnels qui tentaient de

⁹ « Généralement, lors de ces tests, un utilisateur participe à l'exécution de tâches représentatives des tâches pour lesquelles l'outil informatique ou la nouvelle technologie a été conçu, ou à l'exploration libre de l'outil informatique ou des services. L'objectif de ces tests est d'identifier les difficultés d'usage à partir d'indices de performances variés tels que le temps requis pour l'exécution d'une tâche, l'exactitude des résultats, le nombre et le types d'erreurs commises, ou à partir des verbalisations suscitées ou spontanées des utilisateurs. Une fois les difficultés identifiées, des propositions sont faites afin de modifier les choix de conception responsables de celles-ci, ceci en vue d'augmenter la qualité ergonomique du logiciel. » (Grondin et. al, 2002)

répondre au mieux aux besoins et attentes des futur-es utilisateur-trices (les élèves et leurs enseignant-es de maternelle). Une fois les dispositifs jugés comme « opérationnels » (conception aboutie en termes d'aspects et d'usages limitant au maximum les problèmes techniques que nous venons d'évoquer), ces derniers ont fait l'objet d'études expérimentales. Suivant les besoins du projet, ces études expérimentales ont pris la forme d'étude-pilotes et d'études de cas, ainsi que d'ateliers (de type *workshop*) réunissant des expert-es interdisciplinaires (comme pour le projet *CoMo•education* et son extension *Nota•CoMo*).

Bien que nous ayons multiplié les tests utilisateurs-trices dès le début du processus de co-conception, la crise dûe au Covid-19 a ensuite perturbé nos accès aux établissements scolaires. Ainsi, nous n'avons pas pu impliquer autant de participant-es lors de nos études expérimentales finales (études-pilotes et études de cas) que nous l'aurions souhaité, et nos échantillons restent relativement restreints (environ une trentaine d'élèves et très d'enseignant-es impliqués-es).

> *Exemple(s)* : Les étude-pilotes des projets *CoMo•education* et *learning matters* n'ont finalement impliqué que deux classes de maternelle (au lieu de cinq comme initialement prévu). De plus, alors que nous avons également imaginé des études sur plusieurs semaines afin d'étudier également l'appropriation du dispositif au sein de la classe, ce qui n'a pas pu avoir lieu.

- **L'évaluation d'impact**

En terme d'évaluation d'impact, on peut considérer que les procédures expérimentales mises en œuvre sont relativement limitées. Comme nous venons de l'expliquer, le nombre de participant-es s'est retrouvé relativement limité. De plus et bien que la recherche en design ait de nombreux avantages liés à la conception (comme nous venons de l'évoquer au travers des leçons dans la section 8.4.1), elle est limitée d'un point de vue scientifique lorsque les enjeux d'éducation ou de développement du jeune enfant sont étudiés. Les protocoles expérimentaux ne correspondent pas entièrement aux standards attendus par la recherche. Ainsi les résultats obtenus ne permettent pas d'aboutir à une réelle évaluation d'impact.

Nous considérons plutôt ces procédures expérimentales et les résultats associés comme des repères pour d'autres formes de recherche. Ces dernières pourraient voir le jour, à partir de nos dispositifs, grâce à de nouvelles collaborations avec des chercheur-es d'autres disciplines.

> *Exemple(s)* : Le dispositif de *CoMo-éducation*, tout comme celui de *eGloo* peuvent s'adapter à des scénarios complètement différents de ceux créés dans le

cadre de cette thèse. L'application *CoMo-education* permet la création de nouvelles histoires mais aussi de nouvelles formes de narration au sein de l'espace scolaire (théâtre, découverte de la nature, etc.). Le projet de l'*eGloo* est à considérer comme un laboratoire mobile pouvant s'adapter à de nouvelles expérimentations avec les jeunes enfants.

Nous pouvons ainsi considérer nos études expérimentales comme des repères pour de nouvelles perspectives d'utilisation dans les domaines de la recherche et du terrain.

8.2.3. Perspectives.

Les dispositifs présentés dans cette thèse peuvent être considérés comme « opérationnels », c'est-à-dire qu'ils sont utilisables par de jeunes enfants et leurs enseignant-es dans le contexte pré-scolaire. De plus, nous avons réalisé des supports de documentation (en complément de ce manuscrit) qui sont à la fois des repères d'appropriation propres à l'utilisation de chaque dispositif. Avant de revenir sur les perspectives d'utilisation à plus long terme de ces dispositifs, nous allons maintenant ouvrir un espace de discussion autour des critères d'évaluation d'un dispositif qui pourrait donc être considéré comme un *objet* à la fois pour la recherche et sur le terrain.

- **Critères d'évaluation.**

Au cours de nos expérimentations, nous avons tenté d'évaluer l'impact de nos dispositifs à partir de plusieurs critères prenant en compte les caractéristiques attendues de la part des différent-es acteurs et actrices impliqués-es au cours du processus de co-conception. Chaque phase d'itération permet d'identifier les points d'amélioration du dispositif et de son scénario d'utilisation en contexte. Finalement, nous n'avons pas seulement considéré un dispositif comme « fonctionnel » à partir de ce que nous jugions comme « finalisé », en tant que designer ou ingénieur-e, ou bien en prenant en compte l'avis des enseignant-es (pédagogie), ou bien des ingénieur-es (technique).

Au contraire, il a fallu embrasser toute la complexité de la conception lié au contexte de l'éducation à l'ère numérique, c'est-à-dire prendre en compte les attentes de chaque domaine d'expertise. Cependant, il a fallu faire des compromis dans nos choix de conception afin que le processus d'appropriation du dispositif que nous souhaitons soit optimal - c'est-à-dire jugé comme intéressant pour tous-tes

les acteur·trices des différents milieux convoqués au cours du processus de co-conception (même s'il ne répond pas exactement à toutes les attentes de chacun·e).

Nous avons listé les critères sur lesquels nous nous sommes appuyés afin d'évaluer (de manière quantitative et qualitative) un dispositif et pouvoir ainsi le considérer ou non comme « opérationnel », soit utilisable de manière libre et autonome par ses utilisateur·trices cibles (cf. **Introduction** de la Partie 2). Nous pouvons diviser ces critères entre les attentes de l'équipe de conception (du côté de la recherche) et les attentes des expérienceur·ses (du côté du terrain) tel que décrit dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : De la recherche au terrain - Critères d'évaluation d'un dispositif.

RECHERCHE Concepteur·trices			TERRAIN Expérienceur·ses	
Designers	Ingénieur·es	Experts de la petite enfance	Élèves	Enseignant·es
<ul style="list-style-type: none"> • Les élèves et l'enseignant·e réalisent l'expérience du début à la fin • Ils souhaitent garder le dispositif au sein de la classe 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de bugs techniques au cours de l'expérience • L'ensemble des fonctionnalités pensées sont mobilisées 	<ul style="list-style-type: none"> • L'expérience proposée est adaptée aux élèves concernés • Le dispositif est considéré comme « favorable » au développement de l'enfant 	<ul style="list-style-type: none"> • L'élève apprécie l'expérience (et veut la refaire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Les objectifs pédagogiques ont été respectés • Les élèves ont acquis de nouvelles connaissances
Les utilisateur·trices s'approprient le dispositif de manière autonome (et envisagent même de nouveaux usages)			Les élèves et leur enseignant·e ont partagé une expérience pédagogique agréable	

Bien que ces critères puissent évoluer et être enrichis d'un contexte à l'autre, ils permettent d'initier les perspectives d'appropriation et d'évolution d'un dispositif par les différents milieux qu'ils convoquent - de la recherche au terrain, comme nous allons le voir dans les prochains paragraphes.

- **Appropriation des dispositifs par la recherche.**

Comme nous l'avons mentionné dans nos limites, les procédures expérimentales réalisées dans le cadre de ce travail de recherche ne permettent pas réellement d'aboutir à une évaluation d'impact. Si nous souhaitons réellement évaluer l'impact

de ses dispositifs sur plusieurs aspects en lien avec le développement et l'éducation du jeune enfant (tels que l'évolution des compétences numériques et/ou des compétences du 21^e siècle, ou bien l'évolution des pratiques enseignantes par exemple), il faudrait réaliser des études à plus long terme, sur un plus grand nombre de classes et envisager ainsi une procédure expérimentale plus complexe. Pour cela, l'implication de chercheur-es issu-es d'autres disciplines serait nécessaire. Ces dernier-es pourraient tout à fait s'approprier chaque dispositif afin de les adapter à leurs propres questionnements de recherche.

En effet, la recherche en milieu écologique, et surtout en milieu scolaire nécessite de concevoir des dispositifs attractifs dans leurs usages. En expérimentant nos dispositifs sur le terrain, nous nous sommes aperçus assez rapidement qu'un enfant pouvait rapidement se retrouver désintéressé par un dispositif qui ne semblait pas abouti dans sa conception (fils qui dépassent, utilisation de matériaux de prototypage, bugs techniques). Ainsi, si l'on souhaite évaluer le développement de certaines compétences chez l'enfant, la conception d'un dispositif « abouti » est indispensable.

> *Exemple(s)* : Le projet eGloo en est une parfaite illustration. En effet, nous avons pensé ce dispositif comme un outil de recherche ouvert. Le système « plug & play » basé à la fois sur les technologies de *learning matters* (capteurs e-textile) et de *CoMo-education* (application liant geste et son) permet d'adapter le dispositif en créant de nouveaux éléments interactifs en son sein. On peut également diffuser une nouvelle narration sonore dans les enceintes, et à partir de l'ordinateur de contrôle. Si pour *CoMo-education*, des aspects de développement liés aux pratiques narratives pourraient être étudiés, nous pensons que *learning matters* constitue un point d'entrée pour envisager un parcours de formation dédiés à la transmission des compétences liés au numérique.

Il s'agit donc d'envisager en parallèle du domaine de la recherche, une mise à l'échelle dans l'éducation.

- **Mise à l'échelle dans l'éducation.**

La mise à l'échelle d'un projet de recherche sur le terrain n'est pas toujours simple. En effet, les enjeux de départ ne sont pas forcément les mêmes : répondre à des questions de recherche est une ambition différente de celle de diffuser un dispositif à grande échelle sur le terrain. Ces dernières années, et surtout dans le secteur de l'éducation, ces enjeux se sont croisés et ce pour deux raisons principales : (i) pour

envisager des études sur un plus grand nombre d'enfants et obtenir des résultats plus pertinents, et (ii) pour prendre en compte l'expertise des acteurs et actrices de terrain dans des processus de recherche collaborative. Dans les deux cas, l'objectif reste tout de même celui d'améliorer le développement et l'éducation des enfants par la mise en place d'un dispositif.

On pense par exemple au projet « Lea - La boîte à idées des enseignants » mené par le LaPsyde¹⁰, dans lequel les enseignant-es peuvent choisir de mener ou participer à un projet de recherche et de tester des dispositifs pour l'innovation pédagogique au sein de leur classe. Le dispositif créé dans le cadre de la designer-chercheuse Pauline Gourlet « do•doc » est également passé du statut de dispositif de recherche à l'implémentation dans plusieurs établissements scolaires et culturels.

> *Exemple(s)* : Le dispositif de *learning matters* a été entièrement documenté afin que chaque élément d'un circuit puisse être fabriqué au sein d'un établissement scolaire, en collaboration avec un fablab, suivant une logique de production en circuit court (tel que décrit au **Chapitre 6**). Il s'agit ainsi de développer au sein des établissements scolaires des compétences liées au numérique (apprendre par le numérique chez les plus petits, apprendre sur le numérique chez les plus grands).

10

<https://lea.fr/lab-lea/participer-recherche-collaborative/labo-l-ecole-2018-2019-comment-cerveau-apprend>

Synthèse • science x design / théorie + pratique / action & création

Qu'il s'agisse de l'appropriation d'un dispositif par le milieu de la recherche ou son déploiement sur le terrain, le lien entre Science et Design est une ressource essentielle. En effet, connaître les fondamentaux du développement de l'enfant (Science) est essentiel pour concevoir des dispositifs dédiés à l'éducation des jeunes enfants (Design).

Ce lien s'illustre également dans l'utilisation même du dispositif au sein de la classe : si les questions relatives à l'appropriation du dispositif par les élèves relèvent du design (affordance des usages), l'évaluation des compétences développées grâce à son utilisation fait référence à des questionnements scientifiques (est-ce que l'élève apprend mieux ? qu'a-t-il appris ? etc.). Ainsi le lien entre théorie et pratique, recherche et terrain a-t-il conduit l'ensemble de notre processus de recherche (comme l'illustre l'introduction de la Partie 2).

Enfin, si nous avons situé notre processus de recherche entre action et création, c'est également pour décroiser ces deux typologies de recherche, qui appartiennent respectivement à la science (recherche-action) et au design (recherche-création) en offrant un processus d'exploration ancré dans le milieu de la petite enfance. Au-delà d'une démarche centrée usager habituellement connue et appliquée des designers, il a fallu créer une communauté autour de notre travail de recherche, véritable ancrage dynamique. Les dispositifs sont aujourd'hui fonctionnels et ne sont pas seulement dédiés à la recherche ou à la création mais créent un point « entre » - voilà qui nous conduit à l'objet de notre conclusion.

Bibliographie.

- Antle, A. N. (2007, April). Designing tangibles for children: what designers need to know. In CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 2243-2248)
- Bassereau, J. F., Pello, R. C., Faucheu, J., & Delafosse, D. (2015). Les objets intermédiaires de conception/design, instruments d'une recherche par le design. *Sciences du design*, (2), 48-63.
- Bihouix, P., & Mauvilly, K. (2016). *Le désastre de l'école numérique*. Paris, France: Éditions du Seuil.
- Cardon, D. (2019). *Culture numérique*. Presses de Sciences Po.
- Dewey, J. (2018). *Démocratie et éducation: suivi de Expérience et Éducation*. Armand Colin.
- Didier, J., Dupont, J., & Nadon, C. *Enseigner le design (Sciences du Design, 15)*.
- Doueïhi, M. (2013). *Qu'est-ce que le numérique?*. Paris: Presses universitaires de France.
- Dumez, H. (2021). *Méthodologie de la recherche qualitative: Toutes les questions clés de la démarche*. Vuibert.
- Grondin, N., Bastien, J. C., & Agopian, B. (2002, November). Les tests utilisateurs: avantages et inconvénients des passations individuelles et par paires. In *Proceedings of the 14th Conference on l'Interaction Homme-Machine* (pp. 121-128).
- Findeli, A. (2015). La recherche-projet en design et la question de la question de recherche: essai de clarification conceptuelle. *Sciences du design*, 1(1), 45-57.
- Harari, Y. N. (2018). *21 Leçons pour le XXIème siècle*. Albin Michel.
- Hourcade, J. P. (2015). *Child-computer interaction*. Self, Iowa City, Iowa.
- Morin, E. (2014). *Enseigner à vivre: manifeste pour changer l'éducation*. Éditions Actes Sud.
- Renon, A.-L. (2020). *Sciences et Design*. Presses universitaires de Vincennes
- Samain-Raimbault, T., Voillot, M. (2022) *Une diplomatie matérialiste : le rôle des designers au sein de Premiers Cris*, collaboratoire de recherche sur la petite enfance. RAID, Rencontres Annuelles Internationales du Design (Tunis).
- Serres, M. (1999). *Variations sur le corps*. Editions Le Pommier.
- Serres, M. (2015). *Petite poucette*. Le pommier.
- Szaniecki, B. (2018). Design au Multitudocène. *Multitudes*, (1), 187-193.
- Tessier, L. (2019). *Éduquer au numérique ? : Un changement de paradigme*. MkF Éditions
- Vial, S. (2021). *Le design. Que sais-je.*

conclusion

« La connaissance, traditionnellement, est faite pour être réfléchie, pensée, discutée et si possible, incorporée dans la vie pour avoir des éléments de réflexion ou de sagesse. » Morin, 1982

Préambule. Quelques minutes avant mon oral de sélection à l'école doctorale FIRE¹ de l'Université de Paris-Cité, l'Assemblée Nationale votait l'interdiction de l'utilisation des smartphones dans les établissements scolaires de la maternelle au collège². Alors que je m'apprêtais à conclure ce manuscrit, le président de la République française, Emmanuel Macron annonçait la mise en place d'un fonds d'innovation pédagogique doté de 500 millions d'euros. Ainsi l'actualité de la société a-t-elle rythmé notre processus de recherche, de sa conception à sa formalisation aujourd'hui à travers ce manuscrit.

•

Cette thèse s'inscrit dans une démarche de recherche en design, porté par le double-fondement méthodologique de la recherche-action et de la recherche-crédation. Au cœur de chacune de ces approches, le lien avec le milieu étudié (celui de la petite enfance) comme fil conducteur de notre recherche. Il ne s'agit pas seulement d'étudier, de comprendre et d'analyser ce milieu comme le ferait la science, sans le design, mais plutôt de convoquer ce milieu tel un « gisement de matière » à transformer (Renon, 2020).

C'est ce que nous avons tenté de faire tout au long de notre processus de recherche - d'abord en saisissant les opportunités offertes par la société sur notre sujet (l'éducation au numérique pour la petite enfance), puis en intégrant les différents lieux habités pas les jeunes enfants (écoles maternelles, lieux culturels,

¹ Frontières Interdisciplinaires de la Recherche en Éducation

²

https://www.lemonde.fr/politique/article/2018/06/07/l-assemblee-vote-l-interdiction-du-telephone-portable-dans-les-ecoles-et-les-colleges_5311263_823448.html

environnements familiaux et espaces de soin), et en engageant un dialogue constant avec l'ensemble des acteurs et actrices du monde de la petite enfance - enfants et adultes qui prennent soin des tout-petits. Il s'agissait d'abord d'observer, d'être à l'écoute, de faire preuve d'empathie à leur égard, mais aussi d'être force de proposition et de réflexion - c'est-à-dire de ne pas se contenter uniquement de répondre à des attentes, mais de créer des espaces de discussion et des formes de réflexion dynamiques afin de provoquer une « ébullition » propre à une science « en mouvement » (Morin, 1982).

C'est alors que l'on rencontre la véritable complexité c'est-à-dire un entremêlement de problématiques propres à un milieu (Morin, 2014). Et rencontrer cette complexité n'est pas aisée : c'est aussi stimulant que déconcertant. La posture d'« entre » (entre objectivité et subjectivité) adoptée dès les prémises, est rapidement apparue comme une réponse possible pour convoquer et dialoguer avec la complexité. En effet les « entre » se sont multipliés durant le processus de recherche : entre science et design, entre (enjeux de) recherche et (enjeux de) terrain, entre théorie et pratique - formant ainsi les contributions de notre travail de recherche.

Afin de souligner l'originalité³ du travail de recherche ici présenté, nous avons choisi de présenter nos contributions en trois formats : contributions méthodologiques, contributions conceptuelles et contributions matérielles.

- *Contributions méthodologiques.* D'un point de vue méthodologique, notre thèse s'oriente dans une recherche-double que l'on peut qualifier de recherche « action-crédation ». C'est à partir des enjeux de terrain que nous avons convoqué les apports théoriques nécessaires, issus de différentes disciplines, à la réalisation de notre travail de recherche. Ces derniers nous ont permis réaliser le travail de documentation autour du MOOC #petiteculnum et de concevoir notre processus méthodologique de recherche (présenté en Introduction de **Partie 2**). C'est notamment à partir de ces deux supports que nous avons pu concevoir les trois dispositifs qui forment nos « objets de recherche » entre action et création.
- *Concepts.* Le concept d'*Expérience d'Apprentissage Incorporée par le Numérique* a guidé tel un fil rouge, l'écriture de ce travail de recherche, multipliant alors les appuis théoriques et les collaborations

³ Nous nous entendons ici sous le terme d'originalité notre conscience du fait que le format standard d'une thèse de science n'est pas ici tout à fait respecté, et que les résultats présentés peuvent donner lieu à discussion.

interdisciplinaires. S'il reprend l'idée forte que le corps est vecteur de tout apprentissage, il replace le mouvement en son sein. Il est aussi le lieu de rencontres entre les principes fondamentaux des pédagogies alternatives et l'éducation à la culture numérique, un autre apport conceptuel de cette thèse présenté en discussion. Par cela, il convoque des valeurs éthiques essentielles pour questionner aujourd'hui la relation du jeune enfant aux outils numériques - de leur conception à leur diffusion sur le terrain.

- *Dispositifs*. Dans une démarche de recherche en design, notre travail de recherche repose essentiellement sur la conception de trois dispositifs, vecteurs d'expériences d'apprentissage incorporées :
 - *CoMo•education* permet de raconter des histoires sonores et en mouvement à partir d'un système de reconnaissance de gestes ;
 - *learning matters* favorise les interactions haptiques grâce à la manipulation d'interrupteurs en textile électronique ;
 - Et *l'eGloo* est un mini laboratoire mobile qui promeut différentes formes d'interactions tangibles et multimodales.

Fondés en science, ce sont aujourd'hui des artefacts fonctionnels, utilisables par les jeunes enfants. Il s'appuient sur des fondements théoriques liés au développement et à l'éducation du jeune enfant, ainsi que sur des concepts philosophiques et des formes spécifiques d'interaction enfant(humain)-machine, qui placent le cœur de l'interaction multimodale/multisensorielle. Enfin, ils ont été entièrement documentés de la conception à l'utilisation en classe de maternelle afin d'envisager aujourd'hui leur diffusion à plus grande échelle, et de manière ouverte et autonome.

Ce travail de recherche se situe donc entre pédagogie et design et porte ainsi l'idée forte que le design a toute sa place dans le monde de l'éducation, créant des porosités entre ces deux domaines de recherche. Depuis des années, l'enseignement du design s'appuie sur les fondements des pédagogies alternatives portant à bras le corps le concept de « learning by doing » du pédagogue et philosophe John Dewey (**Annexe**). En « projetant des idées » le designer rend « intelligible une adéquation entre formes graphiques - objets, lieux, contenus conceptuels, communication d'un message - révélant ainsi la possibilité d'une synthèse dynamique entre technique forme et économie » - en somme « Le design pour la vie » (Renon, 2020 - reprenant Moholy-Nagy, 1957).

Ces adéquations traversent aujourd'hui le champ de l'éducation, un milieu en pleine transformation à l'ère numérique. Nous portons l'idée d'un « design pour le monde réel » (Papanek, 1971) , un monde dans lequel l'éducation porte la société, et dans lequel le design interroge le « réel » par la création de ponts avec le « virtuel » grâce aux technologies du numérique. Si derrière chaque technologie du numérique se cache un designer, nous portons le devoir d'interroger nos modes de conception aussi bien que les usages qu'ils engagent, et ce dès la petite enfance, respectant certaines dimensions éthiques essentielles.

C'est aussi un design pour, avec et par la recherche que cette thèse présente. Ainsi, nous espérons avoir apporté quelques éléments de réflexion qu'une démarche de recherche design peut apporter à la recherche « scientifique », d'un point de vue méthodologique aussi bien que dans la conception d'artefacts qui peuvent aujourd'hui servir de « matériaux » pour de nouvelles questions de recherche.

J'aimerais également souligner le pouvoir de transformation du design au sein de la recherche. Si les méthodes de recherche scientifiques s'orientent de plus en plus vers de nouvelles formes, plus collaboratives et participatives afin de relier les sciences et leurs publics (Stengers, 2017), le design peut y jouer un rôle essentiel. Nous avons choisi de qualifier le designer impliqué au sein de ce type de recherche de « diplomate matérialiste » : par le travail de la « matière » (sociétale) le-la designer ouvre alors des espaces de dialogue bienveillants permettant de répondre collectivement à des enjeux de société. La conception de dispositifs n'est pas anecdotique, elle est la « cristallisation » des enjeux de recherche et/ou le moyen de « trouver ». (Samain-Raimbault & Voillot, 2022).

Enfin, et c'est probablement sur ce sujet que j'aimerais conclure mon travail de recherche, celui de l'impact écologique du numérique. Si nous avons abordé les dimensions éthiques dans leur sens moral et sociétal d'une éducation à la culture numérique, nous n'avons pas insisté sur la dimension environnementale, ou plutôt nous avons détourné cette question en empruntant d'autres chemins. Ainsi l'une des continuités envisagées serait de poursuivre sur la création de dispositifs sensibilisant les jeunes enfants à la sobriété numérique, tout en favorisant des interactions incorporées.

• **Post-face**

Je finis cette thèse comme je l'ai commencé avec plus de questions que de réponses. Alors que l'interdisciplinarité a du mal à se faire une place dans le monde de la recherche scientifique, et que la recherche en design se fait petit à petit une place dans la société, j'ai choisi de saisir l'opportunité de continuer à travailler sur le projet de Premiers Cris, collaboratoire de recherche sur la petite enfance que nous avons co-fondé en 2018 avec Lisa Jacquey (maître de conférence en psychologie du développement à l'Université de Lille).

Nous menons actuellement plusieurs projets de recherche-action collaborative au sein des lieux d'accueil de jeunes enfants (de la crèche à la maternelle en passant par les lieux culturels). Pour cela, nous associons professionnel·les de petite enfance, scientifiques et designers au sein d'un même projet de recherche suivant une même méthodologie que nous avons co-créé, alliant méthodologies de recherche en science et en design. Ainsi, nous espérons faire fluctuer les connaissances de la recherche vers le terrain ET du terrain vers la recherche, démontrant qu'il existe des pluralités de savoirs et de connaissances qui méritent d'être reconnus à valeur égale au sein de nos sociétés - et réduire à plus long terme les inégalités de développement dès la petite enfance.

J'espère, avec le projet de Premiers Cris, et en tant que « diplomate matérialiste » pouvoir continuer à faire discuter problématiques de recherche scientifiques et enjeux de terrain par le pouvoir de transformation du design - dans le milieu de la petite enfance.

annexes

annexe 1

PROJECT	GENERAL INFORMATION							MULTIMODAL INTERFACE					EDUCATION					USE					DESIGN CONTEXT					
	Typology	Description	Year of creation	Designer	Research Paper	Web site	Feedback					Skills			Preused Skills	Age	Middle age	Individual/Collective		Environment			Context		Origin	Price		
							Sound	Visual (image)	Vibratory	Light	Movement	Haptics	Artistic	3Rs				Digital Literacy	Soft Skills	Individual	Collective	Home	School/Library	Museum			Research	Private Company
14	BENDABLE SOUND	Augmented-Reality	BendableSound prototype: an elastic multisensory surface encouraging users to practice coordination movements when touching a fabric to play sounds.	2017	Computer Science Department, Center for Scientific Research and Higher Education of Ensenada, (CICESE), Mexico	Cibrán, F. L., Peña, O., Ortega, D., & Tector, M. (2017). BendableSound: An elastic multisensory surface using touch-based interactions to assist children with severe autism during music therapy. <i>International Journal of Human-Computer Studies</i> , 107, 22-37.	-	1	1								1		1			1		Mexico	-			
15	PAGE CRAFT	Augmented-Reality	PageCraft is an interactive storytelling platform that supports narrative development for young children.	2007	Simon Fraser University - Carleton University	Budd, J., Madaj, K., Stephens-Wells, J., de Jong, J., Katzur, E. E., & Mulligan, L. (2007, June). PageCraft: learning in context a tangible interactive storytelling platform to support early narrative development for young children. In <i>Proceedings of the 6th international conference on interaction design and children</i> (pp. 97-100).	-		1				1					1		1			1		Canada	-		
16	PLAY KIT	Robot	Tinkamo is a set of wireless & programmable smart building blocks. It allows children to learn about coding, and enables them to unleash their potential to invent! With Tinkamo, kids can turn their ideas into reality using the combination of our hardware, LEGO® and software – our apps.	2017	Tinkamo	-	https://www.tinkamo.com/							1				1		1	1		1		China	-		
17	BEELIGHT	Interactive Object	Beelight is a novel digital manipulative aimed at preschool children, aged four and up, to improve children's color recognition ability.	2013	College of Computer Science and Technology, Zhejiang University	Shen, Y., Qiu, Y., Li, K., & Liu, Y. (2013, June). Beelight: helping children discover colors. In <i>Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children</i> (pp. 301-304).	-		1						1			1		1		1		1		China	-	
18	BEEBOT	Robot	The robot Bee-Bot is designed to be used by the younger children from 5 years old. Its usage is very simple and pleasant. This educational robot teaches children the forms and colors but also to find their way in space.	2000's	ITS Product Development Team	Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2020). Learning computational thinking development in young children with Bee-Bot educational robotics. In <i>Research Anthology on Computational Thinking, Programming, and Robotics in the Classroom</i> (pp. 826-847). IGI Global.	-				1	1	1			1			1		1		1		USA	72.00€ (Easyfis)		
19	SPOOKIES	Interactive Object	Spookies is a toy that encourages a free play.	2005	The Swedish School of Textile	Bergin, L. (2005, June). Spookies: Combining smart materials and information technology in an interactive toy. In <i>Proceedings of the 2005 conference on interaction design and children</i> (pp. 17-23).	-	1										1		1		1		1		Sweden	-	
20	WORM-E	Interactive Object	WORM-E is an interactive soft toy for children, we explore haptic sensations and invite for enhanced bodily and social play experiences through pausing the smartphone usage.	2020	M. Honauer, S. U. Yavuz, K. Kuusk	Honauer, M., Yavuz, S. U., & Kuusk, K. (2020, July). WORM-E: An Interactive Toy Enriching Children's Bodily and Social Play. In <i>Companion Publication of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference</i> (pp. 833-838).	-												1		1			1		Germany, Italy, Estonia	-	
21	KIBO Robot	Robot	KIBO is an easy and fun way to bring robotics and coding to your young learners and spark their interest in STEAM. This hands-on, screen-free robot kit for kids let 4- to 7-year-olds create, design, decorate and bring their own robot to life!	2015	Kinder Lab Robotics	Sullivan, A., Elkin, M., & Bers, M. U. (2015, June). KIBO robot demo: engaging young children in programming and engineering. In <i>Proceedings of the 14th international conference on interaction design and children</i> (pp. 418-421).	-							1								1		1			220-590\$ https://www.shop.kinderlabrobotics.com/?_ga=2.11630705.439176882.1640275341-2015660434.1640275341	
22	AR-MAZE	Augmented-Reality	AR-Maze is a novel tangible programming tool using Augmented Reality (AR) technology for young children. AR-Maze superposes constant feedback on the physical world and maintains a positive, low-cost learning environment.	2018	Jin, Q., Wang, D., Deng, X., Zheng, N., & Chiu, S. (2018, June). AR-Maze: a tangible programming tool for children based on AR technology. In <i>Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children</i> (pp. 813-818).	-																	1		1		China	-
23	GEOSONIC	Interactive Object	Geosonic is an interactive and immersive digital creation on the exploration of sound for children aged 2 to 8 and their families and carers.	2021	Pierre Ménard & Dominique Dalcen (pour mille formes)	-	https://www.milleformes.net/geosonic_milleformes	1				1										1		1		France	-	
24	LA PLUIE À MIDI	Augmented-Reality	La pluie à midi (The Rain at Noon) tells the story of Joe's adventures in a book and an application. Two facets of the same story are discovered and explore in a poetic way the assets of paper and digital.	2011	Volumique	Vial, S. (2013, March). There is no difference between the "real" and the "virtual": a brief phenomenology of digital revolution. In <i>Theorizing the Web</i> 2013.	-	1	1					1									1		1		France	14.90€ http://volumique.com/shop/2/prod/la-pluie-a-midi/
25	THE TIMID WILDERNESS	Interactive Object	An expanse of bioluminescent, sound-sensitive flowers emerges from the ultraviolet radiance of The Timid Wilderness. If one makes too much noise, the flowers hide away, closing their electronic petals and waiting for silence before blooming again.	2018	Miranda Moss (pour la Gaîté Lyrique - Capitaine Futur's La Supernature)	-	https://capitainefutur.org/en/les-objets-sonores/la-timide-wilderness	1															1		1		France (South Africa)	-
26	T-CIRCUIT	Mixed-Reality	Application for a variable friction touch-screen display that enables parent-child dyads to feel electric current flowing through a circuit diagram by touching the display.	2013	Tarvas	Beheshti, E., Borges-Rodriguez, K., & Piper, A. M. (2013, June). Supporting parent-child collaborative learning through haptic feedback displays. In <i>Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children</i> (pp. 68-70).	-	1	1													1		1		1		-

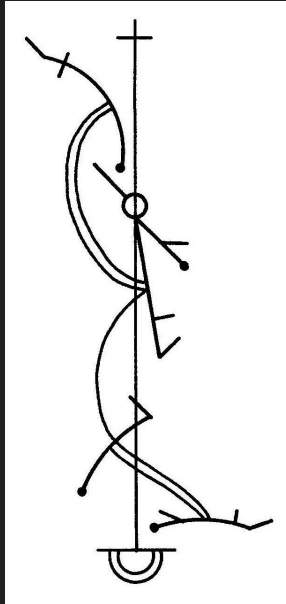
annexe 2



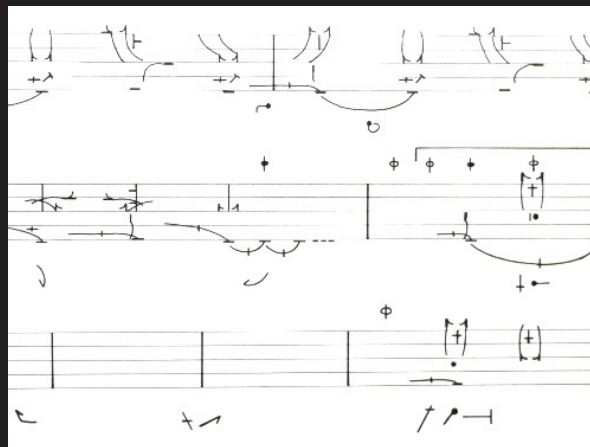
État de l'art • Nota-CoMo

Notation de la danse

1•

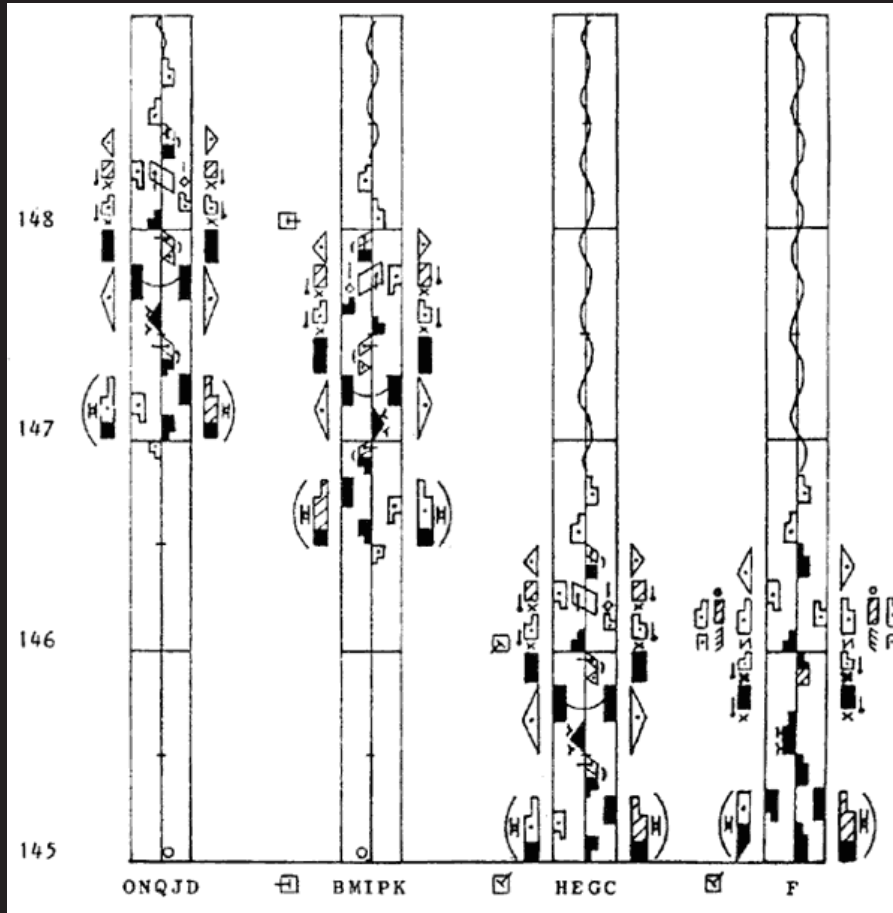


3•



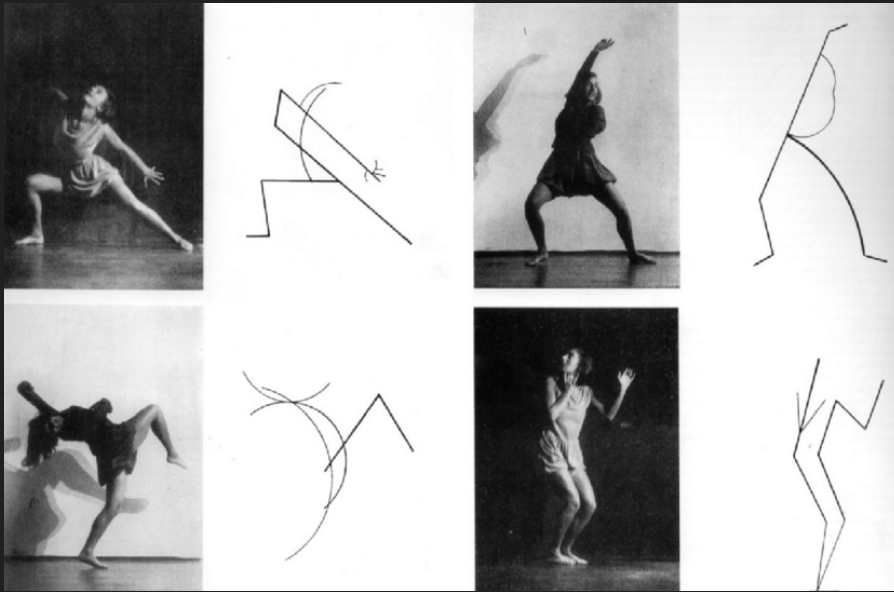
- 1• Notation Feillet, 1700
- 2• Notation Laban, 1928
- 3• Notation Benesh, 1955
- 4• Anne Teresa De Keersmaeker, *Basic Circles & Magic Squares*, preparatory drawing for *Work/Travail/Arbeid*, 2014
- 5• Wassily Kandinsky, *Dance Curves*, 1926.
- 6• William Forsyth, *Lectures from Improvisations Technology*, 2011.

2•

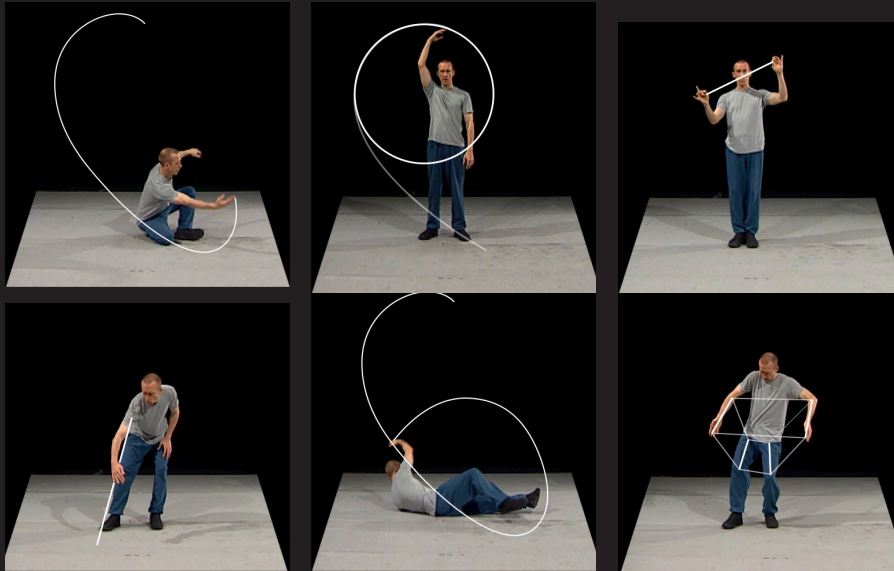


4•

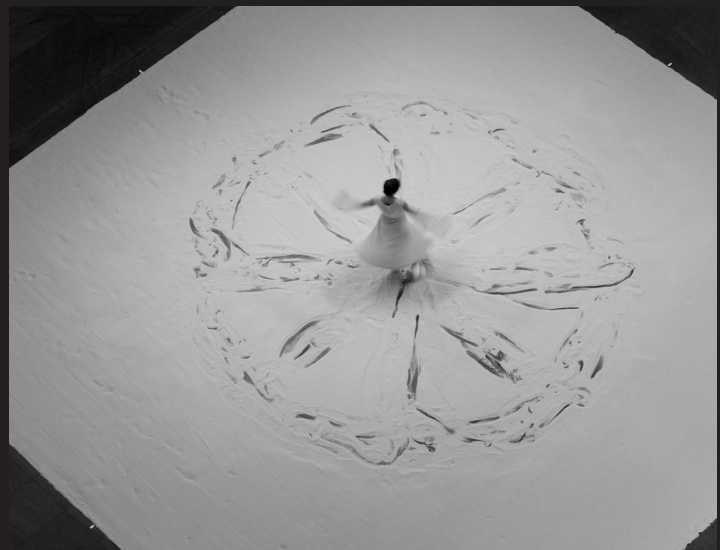
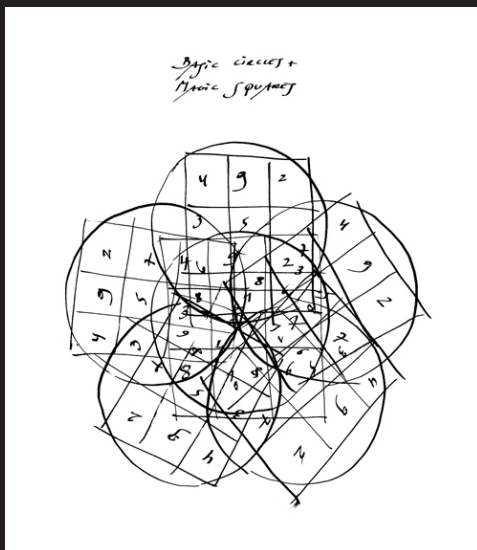
PARTIE 2 • Chapitre 5



5•



6•



État de l'art • Nota-CoMo

Photographie du mouvement

1• Étienne Jules-Marey, Movements
in Pole
Vaulting, 1885-1895

2• Eadweard J. Muybridge
Woman Dancing (Fancy): Plate 187
from Animal Locomotion (1887)

1•

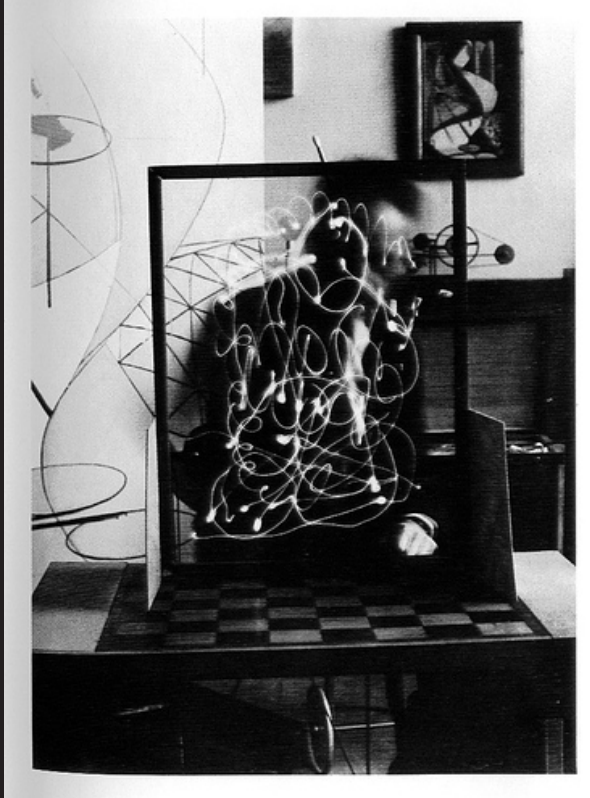


2•

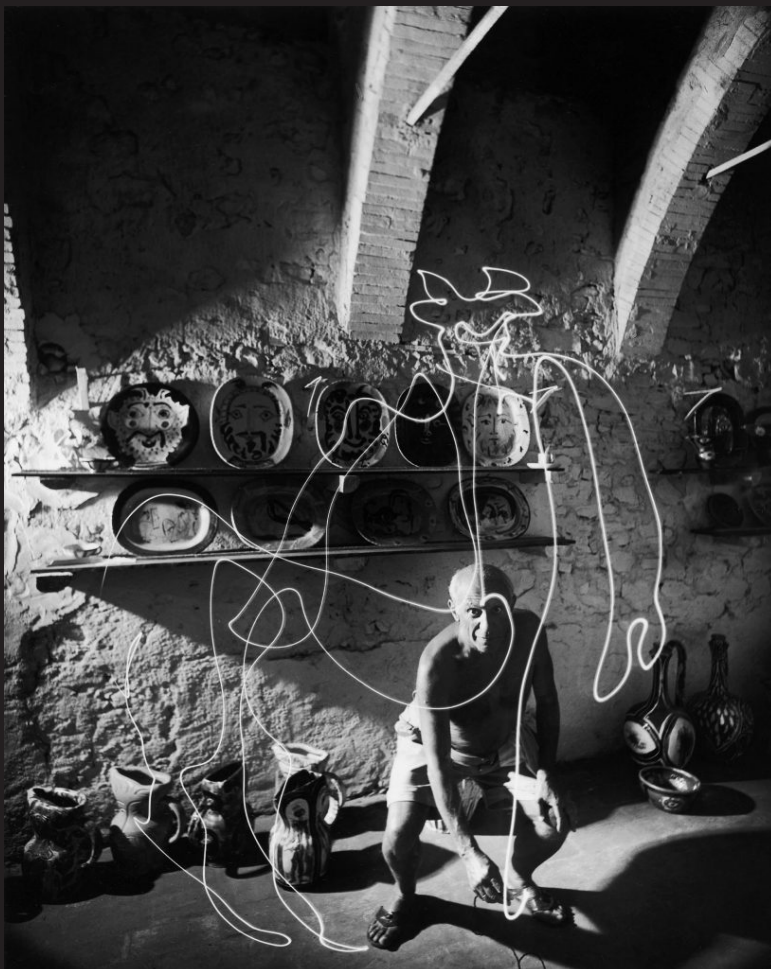


3•

PARTIE 2 • Chapitre 5



4•



3• Man Ray, *Space Writing*, 1935
4• Pablo Picasso & Gjon Mill, *Pablo Picasso drew a centaur in the air with light*, 1949.

État de l'art • Nota-CoMo

Matériel graphique.

1•

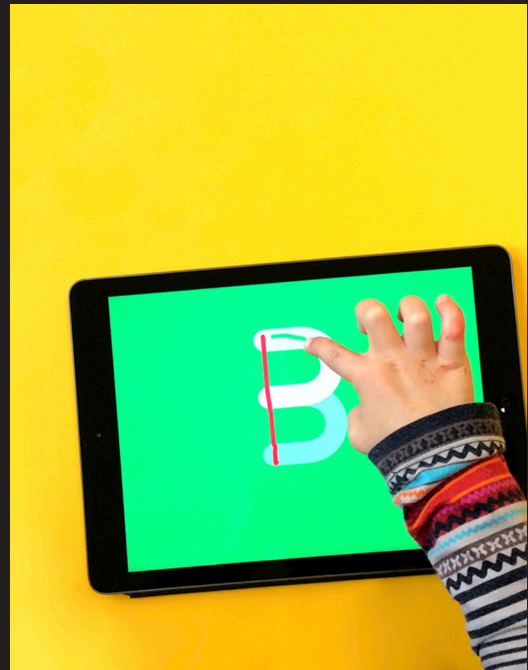


- 1• Lettre rugueuse Montessori
- 2• Gifts, Friedrich Fröebel,
- 3• Eloïsa Perez, Learning forms, Atelier « prélettres », 2014
- 4• Atelier Baudelaire x Bold Design, Jeu de mots, 2020

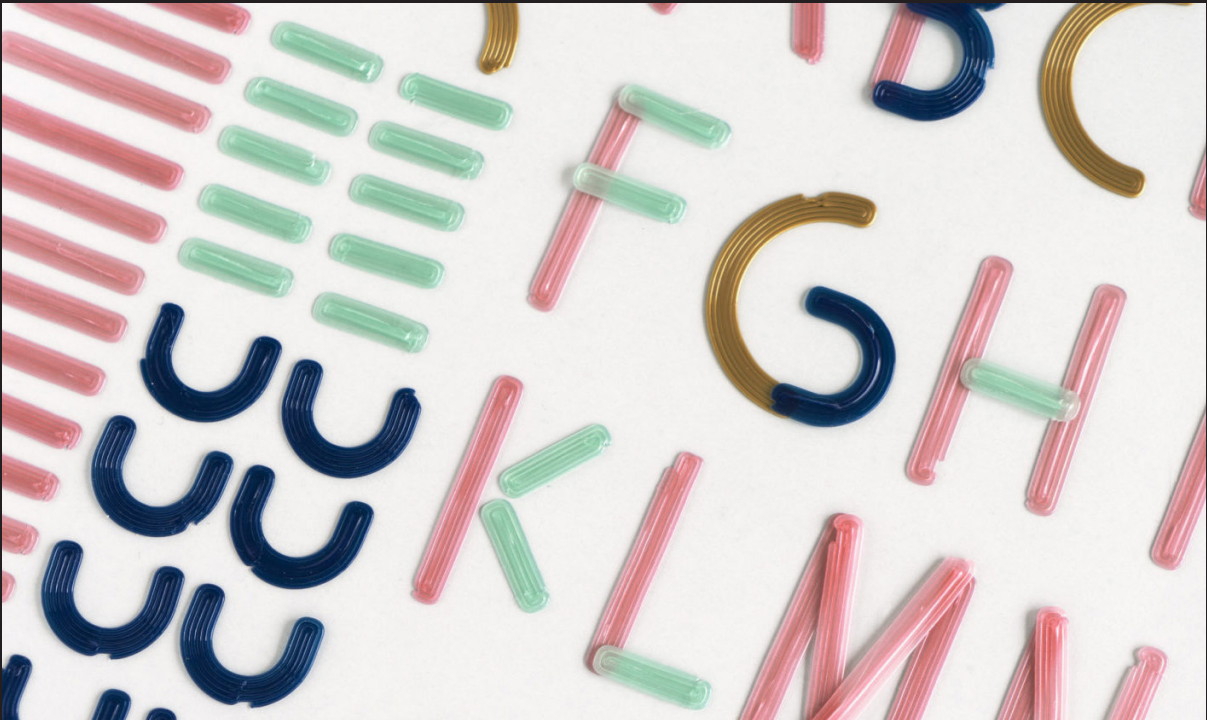
2•



3•



4•



annexe 3

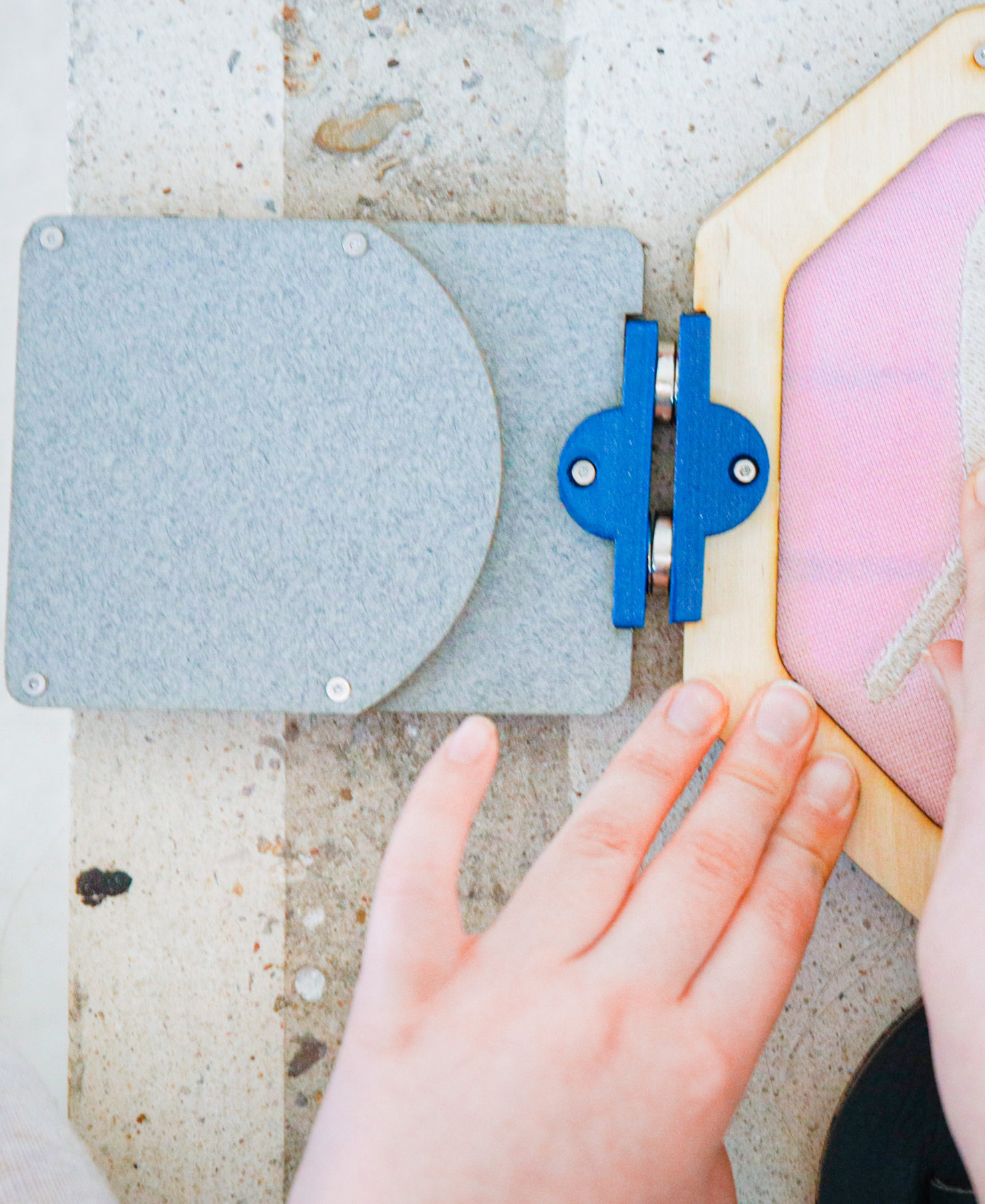






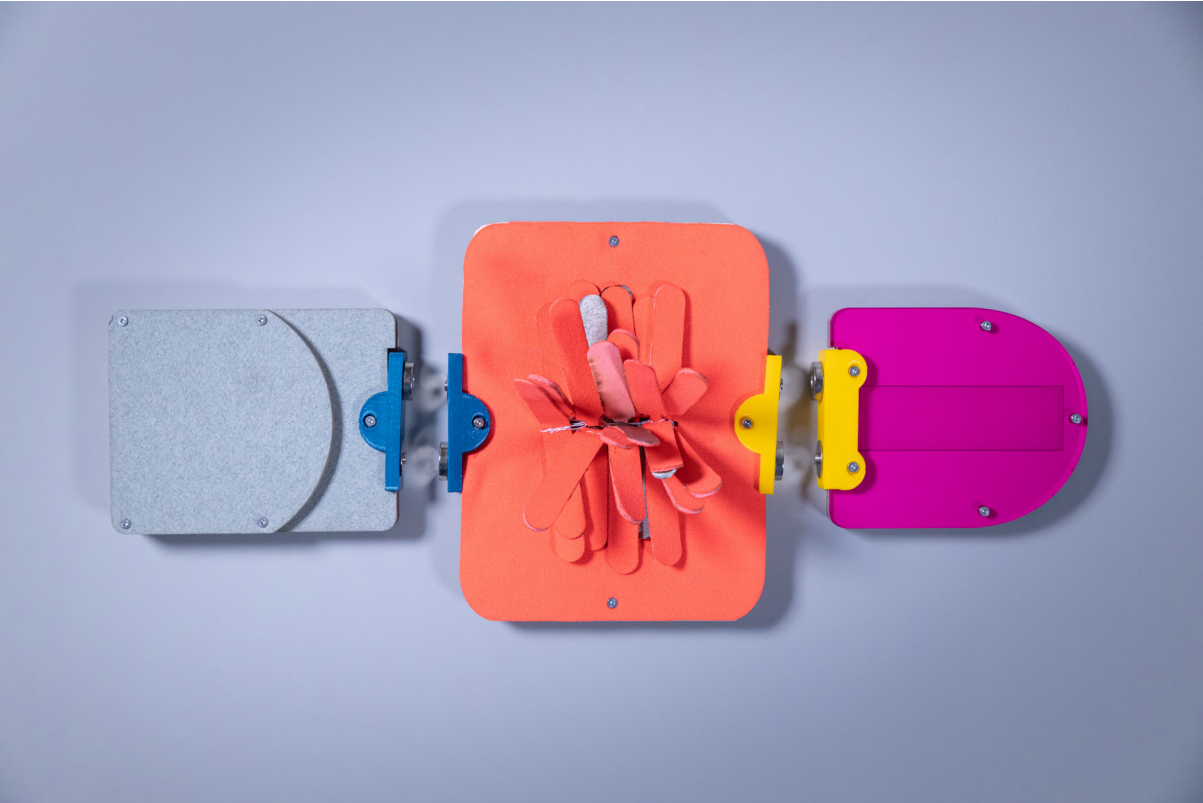
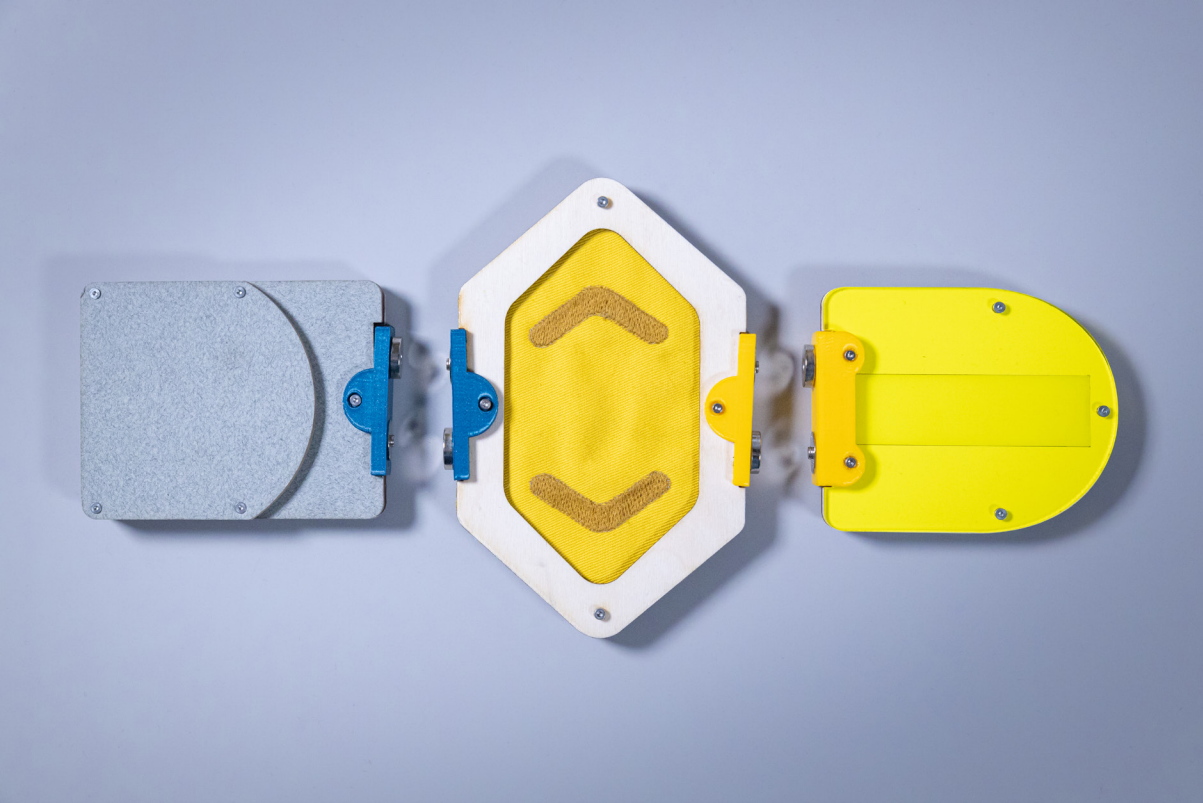


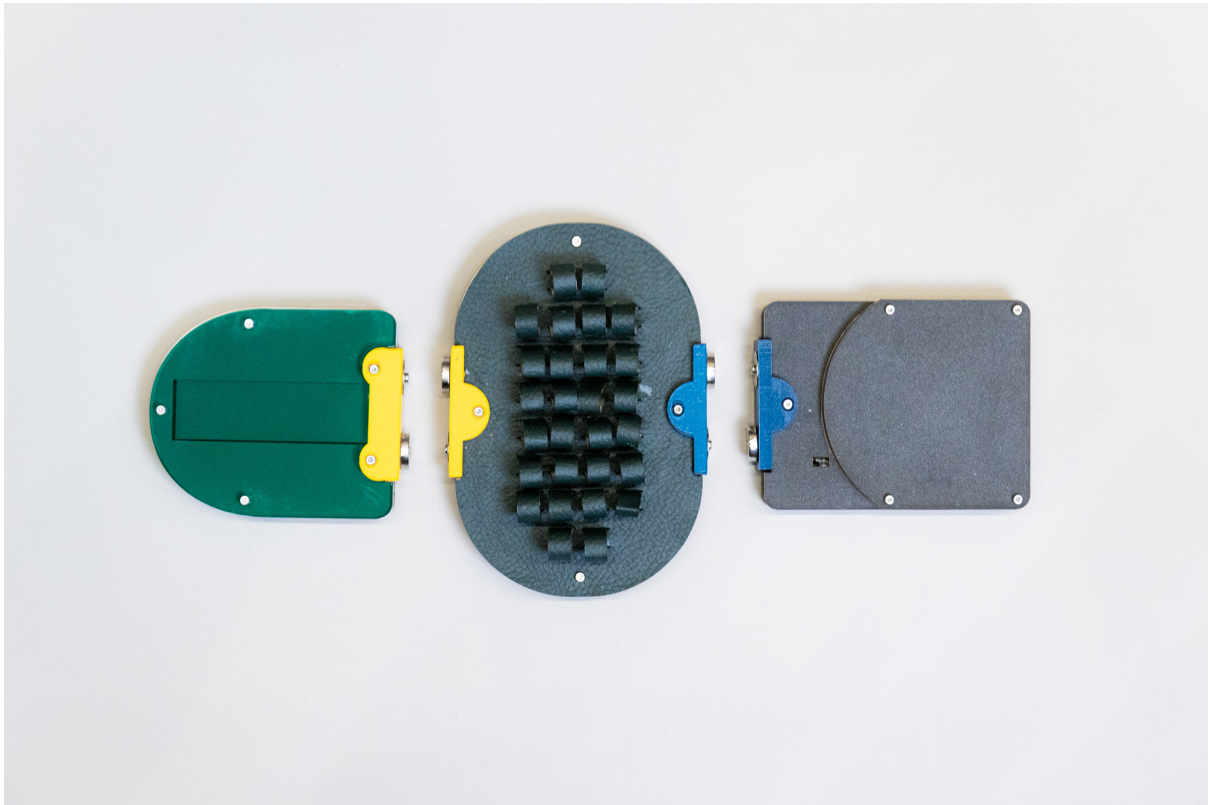
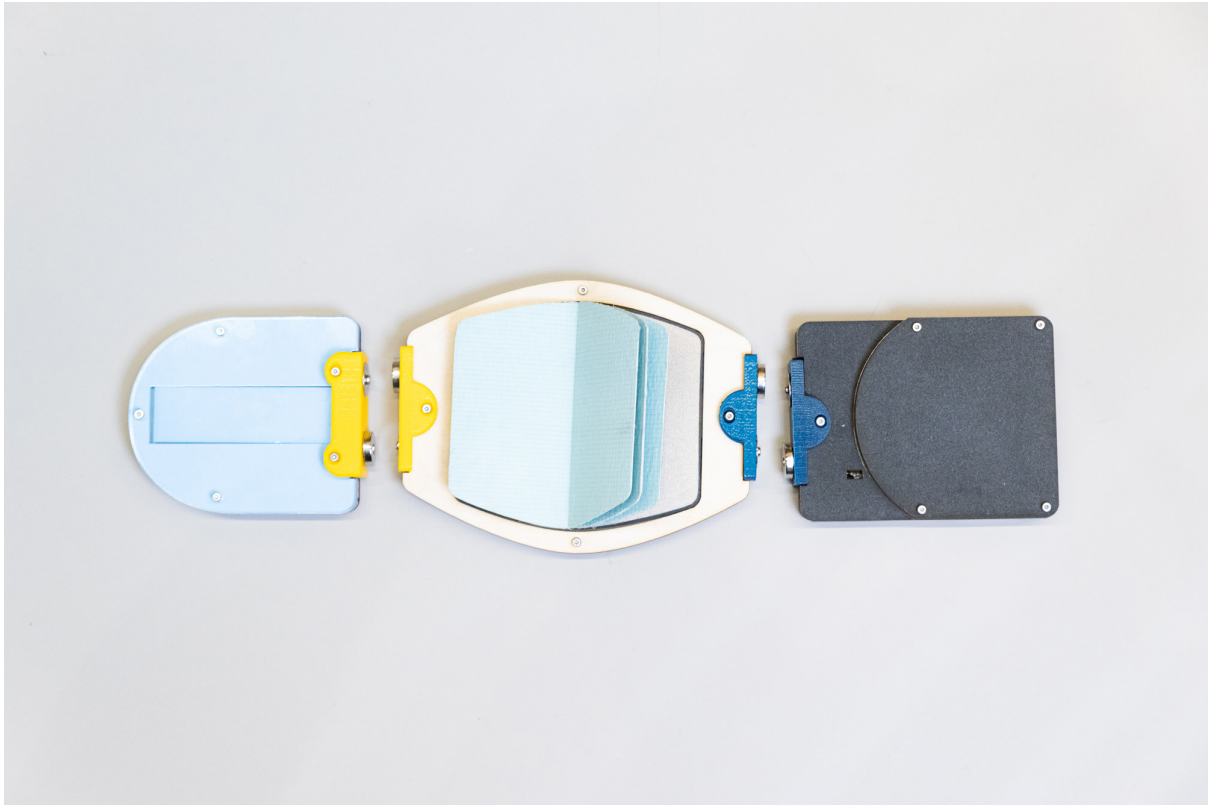






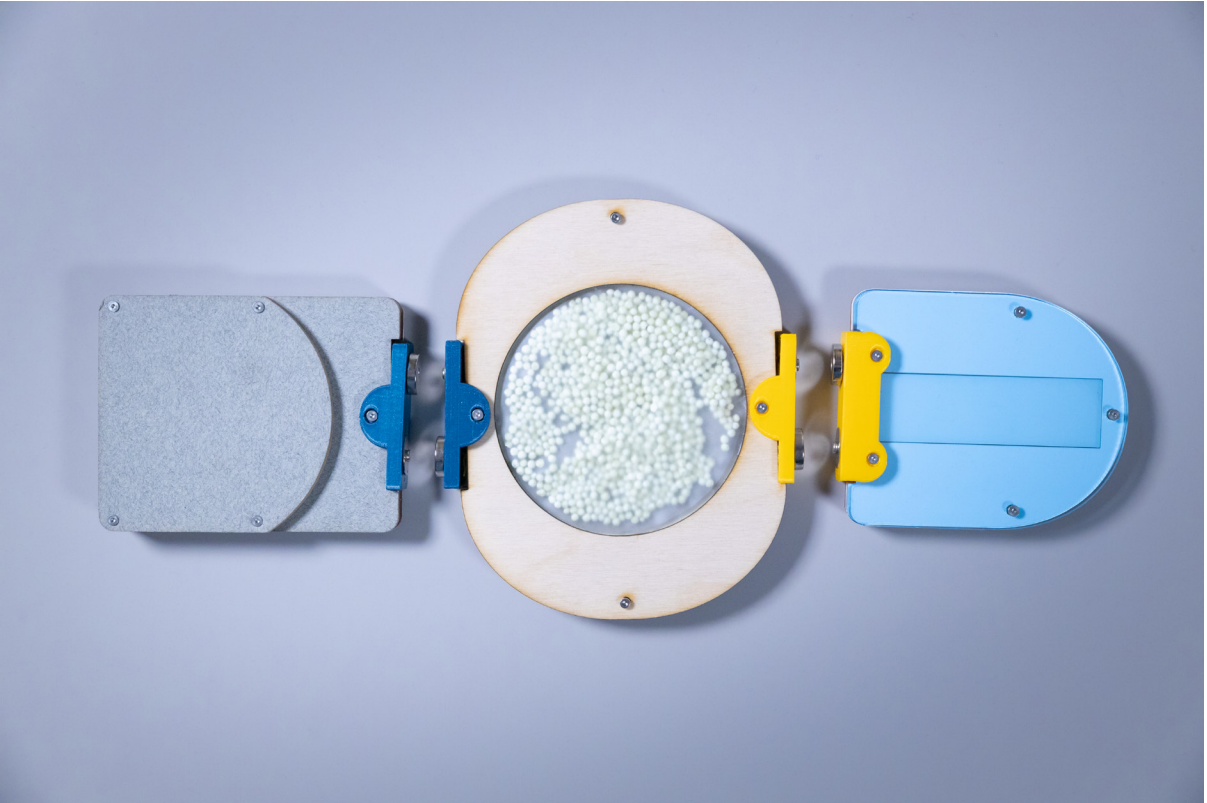
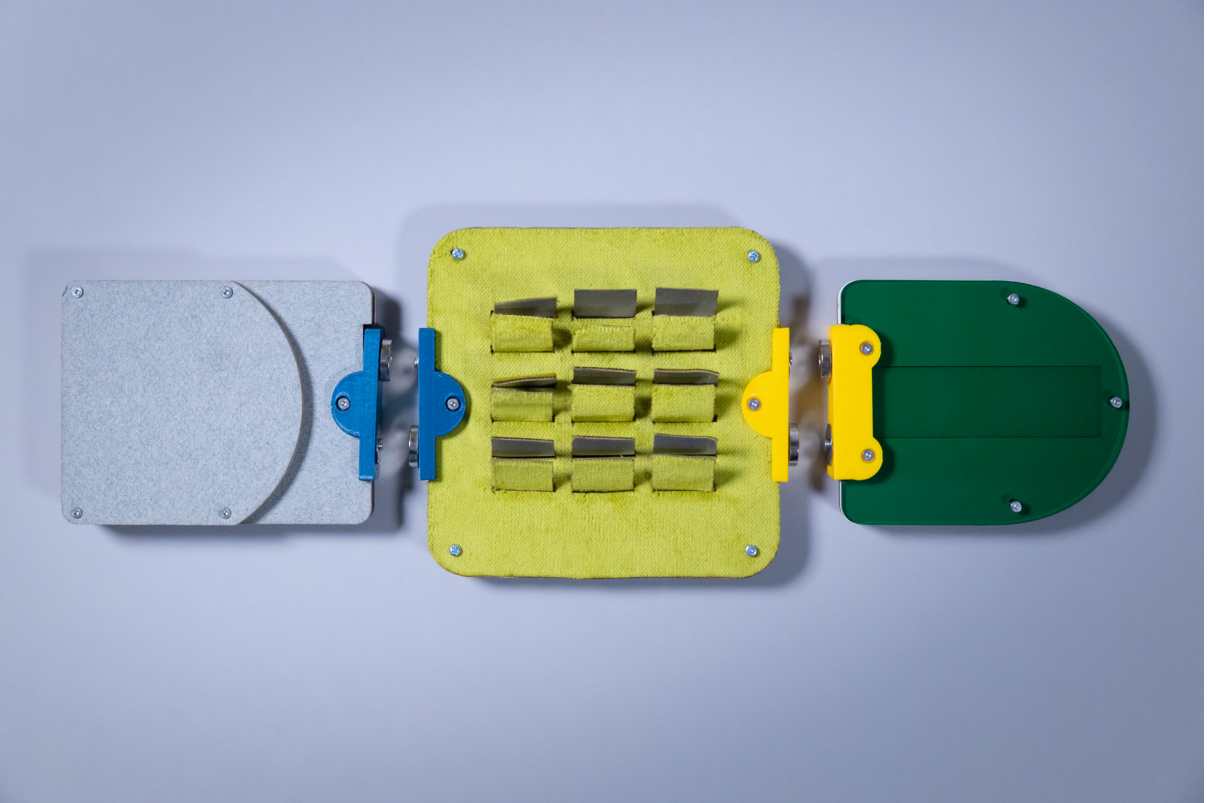












annexe 4

Annexe 4 • Design de l'expérience pédagogique.

La recherche de lien entre design et pédagogie n'en est pas tout à fait à ses débuts puisque plusieurs projets de thèse réalisés par des designers « en recherche » ont ouvert la voie à de nombreux sujets liés à l'éducation des enfants :

- En premier lieu, je citerais la thèse de Pauline Gourlet qui s'appuie largement sur les travaux de Célestin Freinet couplé aux penseurs de l'ergonomie tels que Pierre Rabardel, pour développer le projet qui est au coeur de son travail recherche: « do•doc » - une plateforme à la fois physique et numérique qui permet aux élèves de documenter leurs activités, et largement testé au sein d'une classe de CP, durant de nombreux mois (Gourlet, 2019).
- Je citerais également la thèse d'Éloïsa Pérez portant sur l'apprentissage de l'écriture en maternelle, et qui s'est inspirée à la fois des pédagogies de Montessori ou de Decroly (que je n'ai pas détaillé ici) ou encore du matériel développé par Jean Itard ou Friedrich Froebel. La designer graphique a créé plusieurs kits pédagogiques pour aider les jeunes enfants à développer leur motricité fine - ces kits sont actuellement testés au sein de plusieurs écoles maternelles françaises (Perez, 2022).
- Enfin, je mettrai en lumière le travail de recherche de Karen Polesello qui a soutenu récemment une thèse promouvant l'enseignement du design à l'école primaire, formalisée autour du projet « Dessine-moi un objet » (2021). Elle s'est pour cela appuyée sur les travaux de Montessori, Freinet et Steiner-Waldorf¹ afin de définir et d'appuyer le concept de « recherche-projet », central dans toute l'élaboration de sa pensée liée à sa pratique de designer.

¹ La pédagogie Steiner-Waldorf s'appuie sur la vision anthroposophique et ésotérique de l'éducation de son fondateur, le philosophe Rudolf Steiner (1861-1925). Destiné aux enfants de 0 à 21 ans, ce courant pédagogique est toujours enseigné dans quelque 2000 écoles Steiner-Waldorf associatives et autonomes principalement situées aux États-Unis.



Figure 1:
Do-doc, Atelier
des
chercheurs



Figure 2 :
learning
formes,
Eloïsa Perez



Figure 3 :
Dessine-moi un
objet, Karen
Polesello

Leurs travaux ont constitué pour moi aussi bien des sources d'inspiration que des appuis à la fois théoriques et pratiques. J'ai également pu observer à la lecture de leurs travaux que nous avons relevé les mêmes éléments fondamentaux issus de ces pédagogies alternatives : autonomie, libre exploration et créativité, projet éducatif et citoyenneté, le tout d'un lien corps/esprit/environnement perceptible.

Si les neurosciences cognitives prennent aujourd'hui appui sur les pédagogies alternatives pour théoriser les mécanismes d'apprentissage (Houdé, 2018), le design y puise également des sources d'inspiration fondamentales pour concevoir des dispositifs adaptés au monde de l'éducation des jeunes enfants.

Dans cette partie je m'attacherai tout d'abord à décrire trois caractéristiques communes des pédagogies alternatives énoncées précédemment puis je reviendrai dans un second temps, au lien entre design et pédagogie alternative, pour qualifier le statut de « designer de la pédagogie ».

Les liens entre pédagogies alternatives et (enseignement du) design

Comme je l'ai mentionné en début d'introduction, la définition que je choisirai pour définir le design est la suivante : *l'alliance du dessin au dessein par le projet* - c'est-à-dire que le •la designer est celui ou celle qui crée à partir d'une matière qu'elle soit tangible ou non, dans un objectif en relation avec les problématiques rencontrées au sein d'un milieu. Cette définition peut être discutée par les expert-es de la discipline mais elle permet d'engager avec les non-expert-es un dialogue, qui se situe ici en relation avec la pédagogie.

Lorsqu'on analyse les principes fondamentaux des pédagogies alternatives, on s'aperçoit qu'elles posent des références intéressantes pour le monde du design. La pédagogie proposée à l'École Nationale Supérieure de Création Industrielle (ou Ensci-Les Ateliers) en est une parfaite illustration. En s'opposant formellement au dualisme cartésien qui régissait nos systèmes d'éducation (y compris dans les écoles d'enseignement artistique), les fondateurs y ont posé les bases de la formation des futur-es designers qui sont alors en lien avec les caractéristiques intrinsèques des pédagogies alternatives que sont : la pédagogie par projet, la vision holistique associé à une approche inter- voir in- disciplinaire, ainsi que la prise en compte de l'expérience (individuelle et collective).

Dans les paragraphes suivants, je ne m'attarderai pas seulement sur l'enseignement du design, mais sur la pratique du design abordant ainsi le rôle du designer au sein de la société.

- **Pédagogie par projet**

Bien que le débat soit posé et ouvert, l'enjeu du design n'est pas selon moi d'apporter des réponses à un problème donné mais bel et bien de tenter d'y répondre, par l'intermédiaire du projet qui est l'outil privilégié des designers, praticien·nes et chercheur·ses (Findeli, 2015). La notion-même de « projet » provient du latin *projicere* qui signifie « jeter quelque chose vers l'avant ». Ainsi, le projet en design peut être défini comme l'association du *dessein* (intention, visée, but) et du *dessin* (croquis, figure, forme) : il s'agit projeter des idées autour d'un enjeu donné, en leur donnant forme par l'*acte technique* (dessin) et un objectif qui induit une méthode d'*action* (*dessein*) (Samain-Raimbault & Voillot, 2022) [Figure 1].

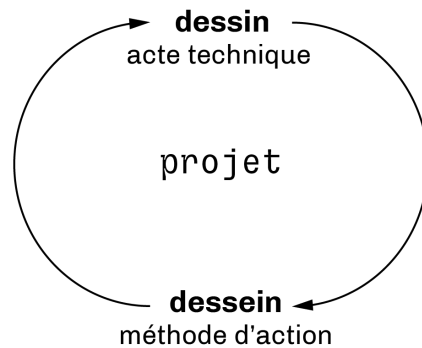


Figure 1 : Le projet - entre dessin et dessein, outil du « designer ».

Dans les établissements d'enseignement du design (Écoles Supérieures d'Art & de Design, Écoles Nationales Expériences, universités ou bien écoles privées), la pédagogie par projet est ainsi privilégiée :

« Le projet est un élément structurant des dispositifs pédagogiques et didactiques du design. Il est au cœur de ses logiques curriculaires formant un élément récurrent, un invariant caractéristique, qui traverse la pluralité de ses formations, quel qu'en soit le champ. »

(Didier, Dupont & Nadon - Appel à Article pour le Numéro 15 de la revue Sciences du Design)

La pédagogie par projet est née au cœur du mouvement de l'Éducation Nouvelle et de ses pédagogies alternatives. En effet Dewey invite ses étudiant·e à réfléchir par le projet, aux enjeux sociétaux et d'explorer ainsi les liens entre l'individu et le collectif au sein de la société démocratique (Dewey, 2018). L'apprentissage par le faire (*learning by doing*), également promu par Dewey, est d'ailleurs le support de la pédagogie par projet.

Chez Decroly comme chez Freinet, c'est à partir du projet que se définit le parcours individualisé de l'élève. Ainsi, la complexité prenant en compte la durée et les objectifs pédagogiques évolue en fonction des besoins de l'élève (son âge, ses compétences, ses envies). Comme nous l'avons évoqué précédemment, il existe dans parallèlement au *projet* de l'élève, un *projet* d'établissement. Il s'agit donc d'alterner projet individuel et projet collectif, besoins personnels de l'élève et attentes de la communauté éducative, introduisant la notion de citoyenneté au cœur même du *projet* (section 8.1.2).

Dans notre travail de recherche, chaque dispositif est considéré comme un *projet* répondant à des attentes de société liées aux enjeux de l'éducation au numérique dès la petite enfance, tout en prenant soin de considérer chaque utilisateur-trice (élève ou enseignant-e) comme un individu singulier qui s'appropriera individuellement l'expérience proposée. Ainsi, le design répond à une double approche : holistique et interdisciplinaire.

- **L'approche holistique & inter-/in- disciplinaire**

Dans le chapitre 1, nous avons évoqué l'approche holistique comme une caractéristique commune des pédagogies alternatives. Cela signifie (i) que l'enfant est considéré comme un « être global » et (ii) que l'éducation ne peut être envisagée par discipline isolée. Si la notion de compétence existe, la connaissance n'est pas isolée. Savoir, savoir-être et savoir-faire forment un tout, ce qui définit ainsi l'approche holistique revendiquée dans le mouvement de l'Éducation Nouvelle (cf. Charte de La Ligue Internationale de l'Éducation Nouvelle du 6 août 1921, Chapitre 1).

Dans un ouvrage tout simplement intitulé *Le design* (2021), le philosophe et théoricien du design, Stéphane Vial, introduit ainsi la discipline du design :

« *La stratégie du design a toujours consisté à définir de nouvelles approches systémiques et holistiques permettant de réconcilier l'homme avec ses besoins conscients et inconscients pour accomplir un résultat de design utile, harmonieux et élégant.*
» (Vial, 2021)

L'approche du designer consiste donc à appréhender une problématique soulevant des enjeux (qu'ils soient sociaux, environnementaux ou économiques par exemple), dans une approche à la fois globale (holistique) et systémique (au sein d'un milieu donné). La problématique est abordée en prenant en compte les caractéristiques

propres à chaque individu (aussi appelé « usagers » ou « utilisateur-trices ») qui s'inscrit dans l'environnement (écosystème) approché et étudié par le-la designer.

Afin d'approcher une problématique et ses enjeux, de nombreuses disciplines peuvent être convoquées, à différents moments de la recherche en multipliant les rencontres avec les acteurs et actrices concerné-es, entraînant des collaborations sur différentes caractéristiques du projet. Le design joue alors un rôle de « liant » entre toutes. L'enseignante-chercheuse, Annie Gentès, associe le design à une forme d'in-discipline.

Ce processus réflexif s'inscrit dans la création d'un dispositif qui cristallise les enjeux sous-jacents de la problématique abordée (« besoins conscients et inconscients ») et crée les interactions attendues pour apporter des réponses (Samain-Raimbault & Voillot, 2022). C'est ce que l'on peut qualifier d'« expérience ».

- **L'expérience**

Bien que nous ayons largement abordé la notion d'« expérience » au Chapitre 3, j'aimerais y revenir ici afin d'illustrer le lien entre pédagogies alternatives et design, puisque cette notion est aux fondements du lien entre les deux. Alors que Dewey (REF), membre fondateur de la Ligue Internationale de l'Éducation Nouvelle, fait de l'expérience, le vecteur de toute transmission pédagogique, la designer Géraldine Hatchuel (2018) introduit l'expérience comme une opportunité à saisir pour innover par le design.

Cette expérience se traduit, aussi bien en pédagogie qu'en design, par un processus de « double-empathie ». En pédagogie, il s'agit d'envisager un double-mouvement dans la relation entre l'enseignant-e et l'apprenant-e ; en design, ce double-mouvement s'exerce entre le-la concepteur-trice et l'expérienceur-se (utilisateur-trice, usager). Celui ou celle qui vit l'expérience joue tout autant un rôle dans le processus de conception que celui ou celle qui est à l'origine du processus de conception, ils-elles co-conçoivent. L'expérience se construit autour d'interactions multiples entre celui-celle qui conçoit l'expérience et celui-celle qui la vit.

Le design, tout comme la pédagogie, s'adapte aux enjeux de société, ils se doit d'être pensé en contexte. On parle alors d'expérience *in situ*, c'est-à-dire pensée en contexte. Tout comme le design, la pédagogie s'adapte à chaque élève, chaque situation. Ainsi le processus de conception, en design ou en pédagogie, est une « expérience » « mouvante » **[Figure 2]**.

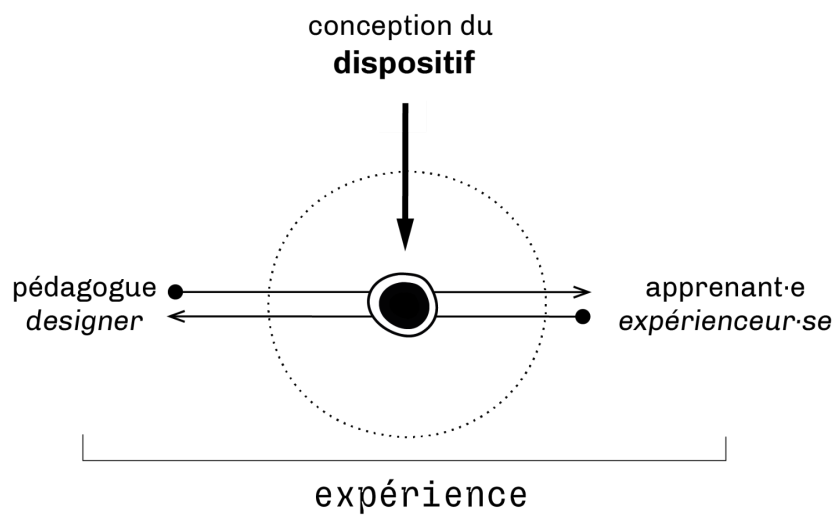


Figure 2 : L'expérience : interactions entre pédagogue/designer et apprenant-e/expérience autour du dispositif.

S'il existe des similitudes fortes entre pédagogie et design, les milieux sont bien distincts. S'ils viennent à se rencontrer autour d'un même *projet*, on peut alors parler de *design de l'expérience pédagogique*.

Tournage du MOOC#petiteculnum, janvier 2022.
Avec Georges Picherot (pédiatre) et Xavier Desplas (réalisateur).



