



HAL
open science

Soutenir les activités de conception participative et de formation aux nouvelles technologies en contexte éducatif: le Li'L@b, un tiers-lieu d'un nouveau genre

Charlotte Baraudon

► To cite this version:

Charlotte Baraudon. Soutenir les activités de conception participative et de formation aux nouvelles technologies en contexte éducatif: le Li'L@b, un tiers-lieu d'un nouveau genre. Education. Université de Lorraine, 2023. Français. NNT: 2023LORR0354 . tel-04710930

HAL Id: tel-04710930

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-04710930v1>

Submitted on 26 Sep 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
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

SLTC



CANOPÉ



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

PERSEUS



Thèse

Présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE LORRAINE

Mention : ERGONOMIE

par Charlotte BARAUDON

Sous la direction de Christian BASTIEN et Stéphanie FLECK

Soutenir les activités de conception participative et de formation aux nouvelles technologies en contexte éducatif : Le Li'L@b, un tiers-lieu d'un nouveau genre

30 Novembre 2023

Membres du jury

Directeurs de thèse :	J. M. Christian BASTIEN	PU, Université de Lorraine, Metz
	Stéphanie FLECK	MCF, Université de Lorraine, Metz
Examineurs :	Margarida ROMERO	PU, Université Côte d'Azur, Nice
	Stéphane SAFIN	MCF, Telecom-Paris - Institut polytechnique de Paris, Palaiseau
Rapporteurs :	Éric SANCHEZ	PU, Université de Genève, Genève
Présidente :	Hélène VEYRAC	PU, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole, Castanet-Tolosan



Ce travail a été financé en partie par le projet e-FRAN (PIA 2) « Espaces de Formation, de Recherche et d'Animation Numériques ». Il s'inscrit dans le cadre du projet e-TAC (Environnements Tangibles et Augmentés pour l'apprentissage Collaboratif) porté par l'Université de Lorraine, qui a pour ambition de fédérer des actions de recherche sur les interactions Humain-Machine (IHM) pour promouvoir l'apprentissage collaboratif et faciliter les pratiques professionnelles d'enseignement associées.

Remerciements

Je souhaite exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont consacré leur temps pour ces recherches, qui ont cru en moi, qui m'ont soutenue dans les moments de doute et qui m'ont permis de repousser mes limites.

Tout d'abord, je tiens à remercier mes directeurs de thèse : Christian BASTIEN, pour son soutien dans la poursuite de mes études en ergonomie, et Stéphanie FLECK, pour sa confiance en acceptant de m'accompagner dans cette aventure. Elle a toujours été positive à mon égard, me soutenant dans mes moments de doute et me prodiguant de nombreux conseils tout au long de ce parcours.

J'exprime également ma profonde gratitude envers les membres du jury pour leur intérêt envers mes travaux et leur investissement dans la lecture de ce manuscrit. Je remercie chaleureusement Éric SANCHEZ et Hélène VEYRAC d'avoir accepté d'être les rapporteurs, ainsi que Margarida ROMERO et Stéphane SAFIN, examinateurs de ce travail.

Ce projet n'aurait pas été possible sans les soutiens de Réseau Canopé et de la Caisse des dépôts et consignations, qui m'ont permis, grâce à un financement, de me consacrer sereinement à l'élaboration de ma thèse pendant quatre années.

De plus, je tiens à remercier la directrice de l'Atelier Canopé 57 Véronique TACIAK, ainsi que toute son équipe, qui m'ont accueilli au sein de leur structure et qui m'ont aidé à donner vie au Li'L@b. Je suis particulièrement reconnaissante envers Julien BONHOMME pour tout ce que j'ai appris à ses côtés, pour les valeurs de partage et d'open source qu'il véhicule, pour notre intérêt commun pour le *DIY*, ainsi que pour sa collaboration et son soutien tout le long de cette expérience. J'adresse également mes remerciements à Olivier BAUDOUIIN, mon voisin de bureau, pour nos échanges sur le quotidien et pour avoir partagé nos trajets vers l'Atelier. De plus, je remercie Delphine OURY pour sa bonne humeur et pour m'avoir permis d'expérimenter mes outils en participant à des événements qu'elle avait soigneusement organisés. Ensuite, je remercie le coordonnateur Innovation, Baptiste MELGAJEGO, et le coordonnateur Numérique, Alexandre BENASSAR, d'avoir insufflé une dynamique au Li'L@b et d'avoir manifesté leur intérêt envers ce projet.

Je tiens ensuite à remercier tous les acteurs du projet e-TAC pour leur collaboration :

- Aux chercheurs et ingénieurs, en particulier Pierre HUMBERT, Benoît ROUSSEL, David BERTOLO et Julien VEYTIZOU pour les expériences professionnelles partagées dans les classes ou en lab, pour nos discussions et leur écoute pendant nos trajets vers les écoles. Je suis également reconnaissante envers Jean-Baptiste LANFRANCHI pour m'avoir consacré du temps et délivrée de précieux conseils en statistiques.
- À tous les enseignants et élèves pour leur participation à ce projet de recherche, pour avoir ouvert les portes de leurs classes nous donnant accès à toutes sortes d'informations indispensables pour nos travaux de recherche, ainsi que pour leurs retours d'expérience.

- Aux membres d'Open Edge, de l'INSPE et de la DANE, partenaires du projet, et en particulier à Sylvie VITEL, qui a rendu possible la réalisation de ces études en me faisant bénéficier de son réseau d'enseignants.

Ensuite, je remercie les participants des études, sans qui ce travail n'aurait pas été possible.

De plus, je tiens à remercier les membres du laboratoire PErSEUs, dont ses doctorants qui m'ont apporté leur soutien en me partageant leur expérience. Je suis particulièrement reconnaissante envers Stéphane FAEDDA pour m'avoir accompagnée dans la réalisation de certaines études, Hugo CARVALHO pour son écoute et ses conseils, ainsi qu'Alexis OLRVY pour sa collaboration et son soutien dans le projet e-TAC. Je remercie également les étudiantes stagiaires Estelle PERRY et Amandine PILORGE pour leur collaboration précieuse dans la réalisation d'études en classe et en lab.

Mes remerciements vont aussi et par-dessus tout à mes parents et ma grand-mère pour leur amour, leur temps, leur écoute, leur confiance et leur soutien inconditionnel à tout moment de ma vie. Leur force m'a permis de persévérer, de me dépasser et d'accomplir cette étape de ma vie.

J'aimerais aussi remercier plus largement mes proches, ma famille et mes amis, qui malgré la distance qui nous sépare, ont su me réconforter à travers des moments chaleureux que nous avons partagés lors de visites dans la Vienne ou en Moselle (et aussi lors de séjours en Vendée et en Allemagne). Ces moments de soutien se sont aussi manifestés à travers nos conversations téléphoniques – spéciale dédicace à Jess pour son art à donner vie aux histoires - ou encore par le biais de cartes postales – spéciale dédicace à Pitchoune pour ses cartes aux citations positives. Et bien sûr, petit clin d'œil à mon frère pour ces heures passées à « *sauver le monde* ».

Enfin, je remercie mon chéri pour le soutien qu'il m'a apporté tout au long de ces années de thèse, grâce à sa présence, sa confiance, sa patience, son écoute et son aide précieuse !



RÉSUMÉ

La forme scolaire connaît actuellement une transformation majeure, largement influencée par l'évolution rapide des technologies numériques. Afin de tirer parti des avantages des technologies émergentes pour l'enseignement et l'apprentissage, il est essentiel que les enseignants puissent maîtriser et travailler avec des outils performants et adaptés au contexte scolaire. Cependant, malgré de nombreuses initiatives visant à promouvoir l'innovation et l'intégration des outils numériques dans les écoles, il reste encore des besoins à combler en ce qui concerne la formation des enseignants à l'utilisation et aux usages des technologies émergentes, ainsi qu'au développement de dispositifs pédagogiques numériques spécifiquement conçus pour l'éducation.

Dans cette double optique, nous décrivons et analysons, dans une première étude, la mise en place d'un tiers-lieu éducatif, le Li'L@b, au sein d'un organisme public de l'Éducation : l'Atelier Canopé 57. L'ambition de ce dispositif vise à soutenir l'implication de la communauté éducative dans la conception de leurs environnements de travail, tout en favorisant l'appropriation de technologies numériques encore émergentes en contexte scolaire. L'originalité de ce tiers-lieu repose sur la fusion progressive d'éléments propres aux modèles des *living labs*, *fablabs* et *learning labs*. Son principe fondamental repose sur l'adoption d'une approche centrée utilisateur et participative en matière de conception, plaçant les acteurs dans des rôles multiples. L'étude met en lumière les facteurs clés de l'évolution du Li'L@b et formule des recommandations pour reproduire ce modèle dans les autres Ateliers Canopé de France.

L'un des enjeux du Li'L@b vise à soutenir la conception de solutions numériques adaptées au monde scolaire. Cependant, la participation des élèves au sein du Li'L@b, lors d'activités de conception participative, a révélé un manque de moyens méthodologiques spécifiquement adaptés à eux. Ce manque concerne particulièrement les outils permettant à des élèves d'exprimer leurs perceptions personnelles et ainsi de participer à évaluer des solutions technologiques qui leurs sont destinées. C'est pourquoi une deuxième étude a été menée pour construire et valider des premiers éléments psychométriques du K-Uses, une échelle d'évaluation de l'utilisabilité perçue des technologies émergentes éducatives pour des élèves âgés de 9 à 11 ans.

Or, nous avons également identifié un manque d'outils d'évaluation des aspects formatifs d'activités de conception participative conduites au sein du Li'L@b avec et par les enseignants. C'est ainsi qu'une troisième étude a été réalisée pour concevoir ECo-21, un outil tangible d'auto-évaluation permettant aux enseignants d'évaluer leur perception du degré de mobilisation des compétences transversales, dites du XXI^{ème} siècle lors des activités de conception participative menées au sein du Li'L@b.

MOTS CLÉS

Tiers-lieux, laboratoire vivant, laboratoire de fabrication, laboratoire d'apprentissage, conception centrée utilisateur, conception participative, évaluation, échelle d'utilisabilité, éducation, technologies émergentes, compétences du XXI^{ème} siècle.

SUMMARY

Schooling is undergoing a major transformation, largely driven by the rapid evolution of digital technologies. In order to reap the benefits of new technologies for teaching and learning, teachers need to be able to master and work with powerful tools adapted to the school context. However, despite numerous initiatives to promote innovation and the integration of digital tools in schools, there is still a need to train teachers in the use and application of new technologies and to develop digital pedagogical tools designed explicitly for education.

With this double objective in mind, our first study describes and analyzes the implementation of a third-party educational environment, Li'L@b, within a public educational organization: Atelier Canopé 57. This facility aims to support the involvement of the educational community in the design of their working environment while promoting the appropriation of digital technologies that are still emerging in the school context. Its originality lies in the progressive fusion of elements from living, fab, and learning labs. Its fundamental principle is adopting a user-centered, participatory design approach that places actors in multiple roles. The study highlights the key factors in the development of Li'L@b and makes recommendations for replicating this model in other Ateliers Canopé in France.

One of the challenges of Li'L@b is to support the design of digital solutions adapted to the school environment. However, the participation of students in the participatory design activities of Li'L@b has revealed a need for more methodological tools specifically adapted to them. This was particularly true for tools allowing students to express their perceptions and thus participate in evaluating technological solutions designed for them. For this reason, a second study was carried out to construct and validate the first psychometric elements of the K-Uses, a scale for assessing the perceived usability of new educational technologies for students aged 9 to 11.

However, we also identified a need for more tools for evaluating the formative aspects of the participatory design activities conducted within Li'L@b with and by teachers. Therefore, a third study was conducted to develop ECo-21. This tangible self-evaluation tool allows teachers to assess their perception of the extent to which cross-curricular, so-called 21st-century skills were mobilized during participatory design activities conducted within Li'L@b.

KEY WORDS

Third places, living lab, fablab, learning lab, user-centered design, participatory design, assessment, usability scale, education, emerging technologies, 21st century skills.

Table des matières

INTRODUCTION.....	23
1. NUMÉRIQUE ET ÉDUCATION	26
1.1 LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE	27
1.2 ENJEUX ET INFLUENCES DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE SUR LA FORME SCOLAIRE.....	29
1.2.1 <i>La transformation des pratiques enseignantes.....</i>	36
1.2.2 <i>La nécessité d'acquérir et de développer des compétences techniques et transversales.....</i>	39
1.2.3 <i>La transformation des moyens de médiation, de l'organisation espace-temps et de la posture enseignante</i>	42
1.2.3.1 Enseigner à distance et/ou en présence.....	42
1.2.3.2 Enseignement débranché ou numérique.....	45
1.2.3.3 Espaces pédagogiques.....	61
1.3 PROBLÈMES ET HYPOTHÈSES.....	68
2. DES APPROCHES PARTICIPATIVES AU SERVICE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE ?.....	72
2.1 LA CONCEPTION CENTRÉE UTILISATEUR, LA CONCEPTION PARTICIPATIVE, LE DESIGN THINKING ET LE DESIGN D'EXPÉRIENCE UTILISATEUR	73
2.1.1 <i>La conception centrée utilisateur</i>	73
2.1.2 <i>La conception participative.....</i>	78
2.1.3 <i>Le design d'expérience utilisateur.....</i>	82
2.1.4 <i>Le Design thinking</i>	84
2.1.5 <i>Pour conclure.....</i>	87
2.1.5.1 La conception centrée utilisateur et la conception participative	87
2.1.5.2 Le design thinking et le design d'expérience.....	88
2.2 LES TIERS-LIEUX POUR L'ÉDUCATION.....	89
2.2.1 <i>Les fablabs</i>	92

2.2.2	<i>Les learning labs</i>	95
2.2.3	<i>Les living labs</i>	100
2.2.4	<i>Synthèse et apports pour la problématique</i>	107
2.3	SPÉCIFICITÉS DES UTILISATEURS EN CONTEXTE ÉDUCATIF	108
2.3.1	<i>Le métier d'enseignant face aux transformations</i>	109
2.3.2	<i>Le cas particulier de l'enfant</i>	112
2.3.2.1	L'enfant au centre du processus d'évaluation d'un produit	113
2.3.2.2	L'enfant, l'apprenant et le métier d'élève	114
2.4	OBJECTIFS SCIENTIFIQUES	115
3.	LE LI'L@B : UN PROJET DE RECHERCHE-ACTION	116
3.1	CONTEXTE	117
3.1.1	<i>Réseau Canopé</i>	117
3.1.1.1	Historique	118
3.1.1.2	L'Atelier Canopé 57.....	120
3.1.2	<i>Le projet e-TAC</i>	121
3.1.3	<i>Enjeux et objectifs du Li'L@b</i>	123
3.2	CADRE DE L'ÉTUDE	125
3.3	MISE EN ŒUVRE DU LI'L@B	125
3.3.1	<i>Les projets moteurs du changement : chronologie des événements marquants</i>	126
3.3.1.1	Lancement du projet - 2016	126
3.3.1.2	Amorçage des activités living lab - 2017.....	127
3.3.1.3	Développement des activités fablab - 2018	127
3.3.1.4	Stabilisation des activités compromises par le Covid - 2019, 2020 et 2021	128
3.3.2	<i>Des activités spécifiques</i>	129
3.3.2.1	Orientées fablab.....	130
3.3.2.2	Orientées learning lab	136
3.3.2.3	Orientées living lab	138
3.3.2.4	Synthèse des activités spécifiques.....	143

3.3.3	<i>Des espaces qui évoluent en fonction des projets.....</i>	143
3.3.4	<i>Les participants et leurs rôles</i>	148
3.3.5	<i>Des manques de moyens méthodologiques.....</i>	155
3.4	RETOURS D'EXPÉRIENCE	156
3.4.1	<i>Méthodologie.....</i>	156
3.4.1.1	<i>Participants aux entretiens.....</i>	156
3.4.1.2	<i>Procédure</i>	157
3.5	RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	157
3.5.1	<i>Analyse des influences transformatives : Kurt Lewin et le modèle du changement.....</i>	157
3.5.2	<i>Des problèmes de management organisationnel : entre résistance au changement et problème d'acculturation</i>	163
3.6	RECOMMANDATIONS POUR UN TRANSFERT POSITIF (LIMITES ET OPPORTUNITÉS)	168
3.7	CONCLUSION	173
3.7.1	<i>Apports du Li'L@b à ses membres</i>	175
3.7.2	<i>Perspectives du Li'L@b.....</i>	176
3.8	POUR RÉSUMER.....	176
4.	K-USES : UNE ÉCHELLE D'ÉVALUATION DE L'UTILISABILITÉ DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES ET ÉDUCATIVES POUR L'ÉLÈVE	177
4.1	INTRODUCTION.....	178
4.1.1	<i>L'évaluation de l'utilisabilité</i>	179
4.2	MOYENS ET MÉTHODES.....	180
4.2.1	<i>Création de l'échelle</i>	181
4.2.1.1	<i>Définition du contenu de l'échelle de mesure</i>	181
4.2.2	<i>Pré-Tests</i>	183
4.2.3	<i>Premiers éléments de validation</i>	184
4.2.3.1	<i>Participants.....</i>	184
4.2.3.2	<i>Matériel</i>	184
4.2.3.3	<i>Procédure</i>	185
4.2.4	<i>Analyse des données</i>	187

4.3	RÉSULTATS	188
4.3.1	<i>Les pré-tests.....</i>	188
4.3.2	<i>Résultats des tests.....</i>	189
4.3.3	<i>Analyse de la consistance interne.....</i>	193
4.4	DISCUSSION	194
4.5	COMMENT UTILISER LE K-USES	196
4.5.1	<i>Passation.....</i>	196
4.5.2	<i>Analyser et interpréter les résultats.....</i>	196
4.6	CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	198
5.	ECO-21 : VERS UN OUTIL TANGIBLE POUR LA RÉFLEXION SUR L'ACTION.....	199
5.1	INTRODUCTION.....	200
5.1.1	<i>L'analyse des pratiques</i>	202
5.1.2	<i>L'auto-évaluation comme moyen pour comprendre ses pratiques</i>	203
5.1.3	<i>La métacognition comme processus d'auto-évaluation</i>	204
5.1.3.1	<i>Synthèse.....</i>	205
5.1.3.2	<i>Les outils favorisant la métaréflexion</i>	206
5.1.4	<i>Bilan.....</i>	209
5.1.4.1	<i>Synthèse.....</i>	209
5.1.4.2	<i>Choix pour la conception.....</i>	209
5.2	CONSTRUCTION DE L'ÉCHELLE.....	210
5.2.1	<i>Sélection des compétences.....</i>	210
5.2.2	<i>Validité de contenu.....</i>	215
5.2.2.1	<i>Contexte.....</i>	215
5.2.2.2	<i>Méthodologie.....</i>	216
5.2.2.3	<i>Analyse</i>	219
5.2.2.4	<i>Résultats.....</i>	219
5.2.2.5	<i>Conclusion et discussion.....</i>	226
5.2.3	<i>Construction du Kit ECO-21.....</i>	230
5.2.3.1	<i>Objectifs</i>	230
5.2.3.2	<i>Phases de prototypage.....</i>	234

5.2.3.3	Présentation d'une version prototypée ECo-21 et son mode d'utilisation	236
5.2.4	<i>Pré-test</i>	240
5.2.4.1	Objectifs	240
5.2.4.2	Participants.....	240
5.2.4.3	Déroulement du pré-test	241
5.2.4.4	Analyse	244
5.2.4.5	Résultats.....	244
5.2.4.6	Discussion.....	259
5.2.4.7	Conclusion et recommandations.....	260
5.2.5	<i>Tests utilisateurs</i>	263
5.2.5.1	Objectifs	263
5.2.5.2	Participants.....	263
5.2.5.3	Procédure	264
5.2.5.4	Analyse	266
5.2.5.5	Résultats.....	267
5.2.5.6	Discussion.....	282
5.2.5.7	Conclusion et recommandations.....	284
5.3	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	290
6.	CONCLUSION	293
6.1	LE LI'L@B : UN TIERS-LIEU TECHNO-FORMATIF	294
6.2	K-USERS : UNE ÉCHELLE D'ÉVALUATION DE L'UTILISABILITÉ DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES ET ÉDUCATIVES POUR L'ÉLÈVE.....	295
6.3	ECo-21 : VERS UN OUTIL TANGIBLE POUR LA RÉFLEXION SUR L'ACTION	296
6.4	EN CONCLUSION	297
	RÉFÉRENCES.....	298
	ANNEXES	337
	ANNEXE A : TABLEAU SYNTHÉTIQUE DES ACTIVITÉS SPÉCIFIQUES DU LI'L@B	338

ANNEXE B : FEUILLE DE ROUTE POUR LA CONDUITE D'ENTRETIENS AVEC LE PERSONNEL CANOPÉ IMPLIQUÉ DANS LE PROJET LI'L@B.....	339
ANNEXE C : TABLEAU DES ÉCHELLES D'UTILISABILITÉ EXISTANTES AVEC LEURS CRITÈRES	341
ANNEXE D : VERSION FRANCOPHONE DE K-USSES.....	343
ANNEXE E : NOTICE D'UTILISATION DE L'ÉCHELLE K-USSES.....	345
ANNEXE F : TABLEAU 6 (RUST & COOIL, 1994) : FIABILITÉ DU PRL (X 100) POUR 5 CATÉGORIES EN FONCTION DU NOMBRE DE JUGES ET LA PROPORTION D'ACCORDS INTER- JUGES.....	349
ANNEXE G : TABLEAU 5 (RUST & COOIL, 1994) : FIABILITÉ DU PRL (X 100) POUR 4 CATÉGORIES EN FONCTION DU NOMBRE DE JUGES ET LA PROPORTION D'ACCORDS INTER- JUGES.....	350
ANNEXE H : USER EXPERIENCE QUESTIONNAIRE (UEQ)	351
ANNEXE I : NOUVELLE CONSIGNE SUITE AU PRÉ-TEST	352
ANNEXE J : FICHE DE CONSENTEMENT	353
ANNEXE K : FEUILLE DE ROUTE	355
ANNEXE L : SCÉNARIO	358
ANNEXE M : RÉPONSES FOURNIES PAR LA PARTICIPANTE J À ECO-21 ET UN EXTRAIT DE SON DISCOURS FAISANT LE CONSTAT DES COMPÉTENCES MOBILISÉES.....	359
ANNEXE N : RÉPONSES FOURNIES PAR LA PARTICIPANTE E À ECO-21 ET UN EXTRAIT DE SON DISCOURS FAISANT LE CONSTAT DES COMPÉTENCES MOBILISÉES.....	360
ANNEXE O : RÉPONSES FOURNIES PAR LA PARTICIPANTE H À ECO-21 ET UN EXTRAIT DE SON DISCOURS FAISANT LE CONSTAT DES COMPÉTENCES MOBILISÉES.....	362
ANNEXE P : RÉPONSES FOURNIES PAR LA PARTICIPANTE G À ECO-21 ET UN EXTRAIT DE SON DISCOURS FAISANT LE CONSTAT DES COMPÉTENCES MOBILISÉES.....	363
ANNEXE Q : RECOMMANDATIONS POUR LES CARTES ITEMS	365
ANNEXE R : NOUVELLE CONSIGNE PROPOSÉE SUITE AUX TESTS UTILISATEURS.....	367
ANNEXE S : NOTICE D'UTILISATION D'ECO-21	368

Index des figures

Figure 1 - <i>Quatre exemples de robots pédagogiques</i>	48
Figure 2 - <i>Continuum proposé par Milgram</i>	51
Figure 3 - TanISE (Faedda et al., 2021).....	55
Figure 4 - Kibo (Amico & Ludovico, 2020).....	56
Figure 5 - ITA pour la Trigonométrie (Urrutia et al., 2019).....	56
Figure 6 - <i>La BeatTable</i> (Bumbacher et al., 2013).....	57
Figure 7 - Teegi (Fleck et al., 2018).....	57
Figure 8 - Typologies d'espaces pédagogiques associés au numérique (Ministère de l'Éducation et de la jeunesse, 2022a).....	62
Figure 9 - Archilab.....	63
Figure 10 - Archistart.....	64
Figure 11 - Des machines à commandes numériques disponibles dans un fablab	68
Figure 12 - Activités de conception centrée sur l'opérateur humain dans le processus de développement du projet (ISO 9241-210.5.1, 2019).....	76
Figure 13 - <i>Processus de conception intégrant les utilisateurs. a. Aidés d'expert en sciences humaines et sociales, les experts de la conception conçoivent pour les utilisateurs. - b. Les experts de la conception et des sciences humaines et sociales conçoivent avec les utilisateurs. - c. La conception est réalisée en partie par l'utilisateur aidé et accompagné par les experts de la conception et des sciences humaines et sociales (repris dans Charrier, 2016)</i>	79
Figure 14 - Méthodes de design UX selon les phases du processus de conception (Lallemand & Gronier, 2015).....	84
Figure 15 - Double diamant (design council).....	86
Figure 16 - Le « squiggle » de Damien Newman (repris dans Beudon (2017)).....	87
Figure 17 - Living Lab Harmonization Cube ou cube ENoLL: cadre de référence des divers outils et méthodes (Mulder et al., 2008).....	106
Figure 18 - Les 102 Ateliers Canopé sur le territoire français.....	117
Figure 19 - Illustrations des différents espaces de l'Atelier Canopé 57.....	121
Figure 20 - Structure schématique des actions du projet e-TAC.....	123
Figure 21 - Chronologie des projets et événements marquants dans la mise en œuvre du Li'L@b pendant la période de 2017 à 2021.....	126
Figure 22 - Les points de départ des types d'activités spécifiques du Li'L@b entre 2017 et 2021.....	130
Figure 23 - Des exemples de projets de fabrication de matériel pédagogique.....	131
Figure 24 - Kit des sondes culturelles réalisé dans le cadre du projet METAL.....	139

Figure 25 - Atelier pour explorer les besoins des enseignants concernant l'évaluation, réalisé dans le cadre du projet METAL.	139
Figure 26 - Des exemples d'idées produites par des élèves de CM2, dans le cadre du projet e-TAC, lors d'un atelier d'idéation réalisé au sein du Li'L@b.	141
Figure 27 - <i>Illustration de l'outil POP-IT.</i>	142
Figure 28 - <i>Illustration de Teegi.</i>	142
Figure 29 - Vision de l'agencement de l'Atelier Canopé 57.	144
Figure 30 - Un exemple d'aménagement du Li'L@b mis en place lors d'une évaluation participative d'une ITA (Olry et al., 2020) en lien avec le projet de recherche e-TAC.	145
Figure 31 - Illustration de l'espace du Li'L@b qui s'étend dans l'Atelier Canopé 57 avec les machines pour la fabrication.	145
Figure 32 - Exemples d'aménagement des espaces en fonction du développement du Li'L@b.	146
Figure 33 - Des exemples d'outils pédagogiques fabriqués lors de Fab 14 par les hôtes du Li'L@b.	147
Figure 34 - illustration d'un kit fablab à l'école et d'une découpeuse laser	147
Figure 35 - Acquisition du matériel du Li'L@b en fonction de la frise temporelle de mise en œuvre du Li'L@b.	148
Figure 36 - Les participants et leurs rôles au sein du Li'L@b dans la mise en œuvre du Li'L@b.	149
Figure 37 - Les divers rôles d'un facilitateur de TDT en fonction de plusieurs facteurs (Becuwe et al., 2016).	152
Figure 38 - Le facilitateur et ses rôles au sein du Li'L@b en fonction du type d'activités.	153
Figure 39 - Evolution des forces du groupe au cours du processus de changement (Lewin, cité dans Autissier et al., 2018).	158
Figure 40 - Ressentis des acteurs du Li'L@b en fonction de son évolution dans le temps.	160
Figure 41 - Les freins et les opportunités rencontrés durant la mise en œuvre du Li'L@b.	170
Figure 42 - <i>Synthèse des trois étapes successives pour développer le K-Uses.</i>	181
Figure 43 - <i>Dispositif AIBLE-HELIOS.</i>	184
Figure 44 - <i>Illustration d'un Blue-bot.</i>	185
Figure 45 - <i>Illustration de l'activité Solo sur l'application Mathador.</i>	185
Figure 46 - Présentation des trois activités implémentées pour tester le K-Uses en contexte de classe. Les élèves ont utilisé trois interfaces comprenant trois manières	

d'interagir : i) AIBLE-HELIOS pour apprendre l'astronomie : interaction tangible avec de la réalité mixte ; ii) BLUE-BOT pour apprendre les bases de la programmation : interaction physique avec le robot ; iii) MATHADOR pour travailler le calcul mental : interaction tactile sur tablette.....187

Figure 47 - Graphe de comparaison entre les valeurs propres pour les scores au K-Uses des 127 participants de l'échantillon et les valeurs aléatoires générées par le logiciel Monte Carlo PCA.191

Figure 48 - Schéma des activités pour se professionnaliser.....203

Figure 49 - Inspirations.....232

Figure 50 - Une illustration d'un diagramme de Kiviat (Source de l'image : <https://perceptible.fr/toile-araign%C3%A9e/>).....233

Figure 51 - Évolution du projet ECo-21.....234

Figure 52 - Évolution du format de l'échelle de graduation.....235

Figure 53 - Fabrication d'une série de 15 kits ECo-21.....236

Figure 54 - Description d'un Kit ECo-21 basé sur les compétences transversales du modèle #5C21 (Romero, 2017).237

Figure 55 - Illustration d'un plateau ECo-21 basé sur les compétences professionnelles du référentiel commun à tous les professeurs (Ministère de l'Éducation nationale, 2013).238

Figure 56 - Consigne pour s'auto-évaluer sur ses compétences mobilisées à travers une activité de conception participative vécue avec l'outil ECo-21.....238

Figure 57 - Illustration d'une carte item avec sur la gauche au recto de la carte, un item et le numéro correspondant à l'échelle de réponse sur le plateau et sur la droite, au verso, la compétence correspondante à l'item.....239

Figure 58 - Les étapes du pré-test.....242

Figure 59 - Consigne de la condition « tangible » utilisée lors du pré-test avec ECo-21.....243

Figure 60 - Distribution des temps de réponse (mm : ss) des participants pour compléter ECo-21 en fonction de la condition « support » et du référentiel de compétences.....245

Figure 61 - Comparaison des distributions de temps de réponse des participants en fonction du support pour compléter ECo-21 concernant les items des compétences professionnelles.....246

Figure 62 - Comparaison des distributions de temps de réponse des participants en fonction du support pour compléter ECo-21 concernant les items des compétences transversales.....248

Figure 63 - Illustration de la distance de l'échelle graduée par rapport à un rayon de réponse.....250

Figure 64 - Les composants d'ECo-21 mis à disposition des participants.....252

Figure 65 - Valeur moyenne des scores au UEQ par dimension en fonction du support (min = -3, max = 3).	254
Figure 66 - Les améliorations apportées au Kit ECo-21.....	262
Figure 67 - Les étapes du test utilisateurs.	264
Figure 68 - Distribution des temps de réponse des participants par item.	268
Figure 69 - Différences des scores par dimension entre les participants et le concepteur de l'activité.....	270
Figure 70 - Distribution des temps de réflexion (en minutes : secondes) des participants par item à ECo-21.	276
Figure 71 - L'échelle graduée et ses déplacements possibles.	286
Figure 72 - Sabot pour piocher les cartes item.....	286
Figure 73 - Illustration des pions colorés en fonction de la compétence représentée.	286
Figure 74 - Exemple de positionnement des pions sur le plateau.....	287
Figure 75 - Enregistreur audio.	288
Figure 76 - Découpage de l'item 13 en 3 cartes items.....	289

Index des tableaux

Tableau 1 - Les limites relevées dans la littérature concernant les technologies en éducation (liste non exhaustive).....	69
Tableau 2 - Le rôle des utilisateurs en fonction des projets et des activités du Li'L@b.	150
Tableau 3 - <i>Caractéristiques des participants interrogés.</i>	156
Tableau 4 - Extraits des entretiens auprès de trois acteurs du Li'L@b qui illustrent le changement en fonction des phases du modèle de Lewin.	160
Tableau 5 - Extraits d'entretien de 3 acteurs du Li'L@b mettant en avant des problèmes de management et d'acculturation	163
Tableau 6 - Des extraits d'entretiens qui expriment les bénéfices du Li'L@b par ses membres.....	175
Tableau 7 - Liste des 19 items sélectionnés et reformulés par les experts.....	182
Tableau 8 - <i>Exemple d'un programme suivi pour tester le K-Uses auprès d'une classe de CM2.</i>	186
Tableau 9 - Liste des items obtenus après les pré-tests et rangés en fonction de leur dimension théorique.....	189
Tableau 10 - Statistiques descriptives pour tous les items du K-Uses.....	190
Tableau 11 - Indication des items supprimés de l'analyse pour une saturation <.40 ou pour leur saturation sur plusieurs axes.	192
Tableau 12 - Analyse factorielle en composantes principales avec rotation Varimax pour 13 variables	192
Tableau 13 - Le niveau de cohérence interne représenté par Alpha et Rho.....	193
Tableau 14 - Répartition des items par dimension et indication des scores devant être inversés ou non.	197
Tableau 15 - Présentation des 4 compétences sélectionnées à partir du référentiel de compétences commun à tous les professeurs et des composantes associées.	211
Tableau 16 - Présentation des compétences et composantes du modèle #5c21 (Romero, 2017).....	213
Tableau 17 - Découpage des items en une proposition pour les compétences professionnelles.....	214
Tableau 18 - Découpage des items en une proposition pour les compétences transversales.....	215
Tableau 19 - Caractéristiques personnelles des experts	216
Tableau 20 - Définitions des compétences en fonction du modèle de référence.	218

Tableau 21 - <i>Jugements qualitatifs des trois experts sur les compétences transversales.</i>	220
Tableau 22 - Indication des items qui n'ont pas reçu de consensus et des items dont les accords inter-juges ne correspondent pas à la dimension théorique concernant les compétences transversales.....	221
Tableau 23 - <i>Jugements qualitatifs des trois experts sur les compétences professionnelles.</i>	224
Tableau 24 - (Suite) Jugements qualitatifs des trois experts sur les compétences professionnelles.	225
Tableau 25 - Indication des items dont les accords inter-juges ne correspondent pas à la dimension théorique concernant les compétences professionnelles.....	226
Tableau 26 - Présentation des 4 compétences sélectionnées à partir du référentiel de compétences commun à tous les professeurs et leurs composantes associées, en réponse aux accords inter-juges.	228
Tableau 27 - Présentations des 5 compétences du modèle #5c21 (Romero, 2017) avec leurs composantes associées, suite aux accords inter-juges.	229
Tableau 28 - La description des participants en fonction de leur condition : Tangible ou Papier.	241
Tableau 29 - Temps effectués par les utilisateurs de la condition « Tangible » pour réaliser le diagramme araignée sur les deux plateaux.	249
Tableau 30 - Commentaires des participants traduisant leurs incertitudes pour compléter ECo-21.	251
Tableau 31 - Commentaires de deux participantes exprimant avoir été perturbées au cours de la passation.	251
Tableau 32 - Extraits de discours témoignant d'un surplus d'éléments mis à disposition des participants.....	253
Tableau 33 - Comparaison des commentaires en lien avec la stimulation de l'échelle en fonction de la condition.	255
Tableau 34 - Statistiques descriptives pour les temps de réflexion obtenus dans les groupes papier et tangible en fonction de l'échelle.....	256
Tableau 35 - Commentaires exprimés par les participants marquant des difficultés sur la compréhension de la consigne générale.....	257
Tableau 36 - Extraits de dialogue entre les participants qui expriment des difficultés avec le sens des items.	257
Tableau 37 - Commentaires en lien avec la représentation du diagramme araignée et les compétences travaillées par les participants de la condition tangible.	258
Tableau 38 - Problèmes rencontrés avec l'utilisation d'ECo-21 et propositions d'améliorations.	261
Tableau 39 - Profil des utilisateurs.....	264

Tableau 40 - Déroulement de la journée du test.	265
Tableau 41 - Temps effectués par les sept participantes pour réaliser le scénario.	267
Tableau 42 - Commentaires de participantes exprimant leur gêne par rapport à l'entourage des pions avec la ficelle.	269
Tableau 43 - Le nombre d'actions de vérification réponse/échelle.	271
Tableau 44 - Commentaire de deux participantes marquant l'absence de guidage.	271
Tableau 45 - Commentaire d'une participante témoignant d'une difficulté liée à la gestion des erreurs.	272
Tableau 46 - Commentaires de deux participantes témoignant d'un choix de réponse limité.	272
Tableau 47 - Commentaires d'une participante témoignant d'un manque de concentration.	272
Tableau 48 - Les points positifs et les points négatifs exprimés par les participantes en fonction du support (papier vs tangible).	273
Tableau 49 - Aide externe ou sollicitation sur la consigne générale.	277
Tableau 50 - Aide externe ou sollicitation sur les items ou les définitions.	278
Tableau 51 - Le nombre de fois où les items sont relus par les participantes.	279
Tableau 52 - Les définitions des compétences lues par les participantes.	279
Tableau 53 - Commentaires de plusieurs utilisatrices prouvant qu'elles engagent une métaréflexion.	280
Tableau 54 - Témoignages sur les difficultés à interpréter les items par rapport à la situation vécue.	281
Tableau 55 - Les points à prendre en considération et leurs recommandations.	285
Tableau 56 - Forces et faiblesses, opportunités et menaces d'EC0-21.	291

Liste des acronymes

ACP	Analyse des composantes principales
ATCS	<i>Assessment and teaching of 21st century skills</i>
BRNE	Banque de ressources numériques éducatives
CARDS	<i>A mixed-reality system for collaborative learning at school</i>
CBA	<i>Center for bits and atom</i>
CCI	<i>Child computer interactions</i>
CCU	Conception centrée utilisateur
CDRP	Centre régional de documentation pédagogique
CNDP	Centre national de documentation pédagogique
CP	Conception participative
CSEN	Conseil scientifique de l'Éducation nationale
CUSQ	<i>Computer usability satisfaction questionnaire</i>
DANE	Direction académique au numérique éducatif
DEEP	<i>Design-oriented evaluation of perceived usability</i>
DIY	<i>Do it yourself</i>
DNE	Direction du numérique pour l'éducation
ECo-21	Évaluation des compétences du XXI ^{ème} siècle
e-FRAN	Espaces de formation, de recherche et d'animation numériques
EIAH	Environnement informatique pour l'apprentissage humain
EMO	<i>Emotional metric outcomes</i>
ENOLL	<i>European network of living labs</i>
ENT	Espace numérique de travail
EPFL	École polytechnique fédérale de Lausanne
ERASMUS	<i>European action scheme for the mobility of university students</i>
ESS	Échelle de l'estime de soi
e-TAC	Environnement tangible, augmenté et collaboratif
EU	Union européenne
FUS	<i>Frequency of use scale</i>
GTnum	Groupes thématiques sur le numérique
GUI	<i>Graphical user interface</i>
IA	Intelligence artificielle

ICF-US	<i>International classification of functioning - Usability scale</i>
IHM	Interaction humain-machine
Inria	Institut national de recherche informatique et automatique
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
INSPE	Institut national supérieur du professorat et de l'éducation
IoT	Internet des objets
IP	Ingénierie pédagogique
ISO	Organisation internationale de normalisation
ITA	Interface tangible et augmentée
KMO	<i>Kaiser-meyer-olkin</i>
K-Uses	<i>Kids et utilisabilité des systèmes et environnements numériques</i>
LISEC	Laboratoire interuniversitaire des sciences de l'éducation et de la communication
LLOM	<i>Laboratory learning objectives measurement</i>
LORIA	Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications
MADDEC	<i>Model of dynamic analysis to describe and assess competencies</i>
meCUE	<i>Modular evaluation of key components of user experience</i>
MEEF	Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation
MENJ	Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse
METAL	Modèles et traces au service de l'apprentissage des langues
MIT	<i>Massachusetts institute of technology</i>
ML	<i>Machine learning</i>
NAEP	<i>National assessment of educational progress</i>
NETS/ISTE	<i>National educational technology standards, développée par l'international society for technology in education</i>
NSI	Numérique et sciences informatiques
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
PErSEUs	Psychologie, ergonomie et sociale pour l'expérience utilisateur
PFEQ	Programme de formation de l'école québécoise
PIAAC	<i>Programme for the international assessment of adult competencies</i>
POP-IT	<i>Personal opinion poll Interactive and tangible</i>
Ppp / 3ps	<i>Public private partnerships</i>
Pppp /4ps	<i>Public private people partnerships</i>

PRL	<i>Proportional reduction in loss</i>
QAM	Questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire
QCM	Questions à choix multiples
RA	Réalité augmentée
RCTs	Tests randomisés contrôlés
RM	Réalité mixte
RV	Réalité virtuelle
P21	<i>Partnership for 21st century skills</i>
PLANETE	Projet lorrain ambition numérique en territoires pour l'éducation
SEM	Modèle d'équation structurelle
SNT	Sciences numériques et technologie
STIM	Science technologie ingénierie mathématique
SUS	<i>System usability scale</i>
SVT	Sciences de la vie et de la terre
TALIS	<i>Teaching and learning international survey</i>
TDT	<i>Team design teacher</i>
TIC	Technologie de l'information et de la communication
TICE	Technologie de l'information et de la communication pour l'enseignement
TraAM	Travaux académiques mutualisés
TUS	<i>Thumbs-up scale</i>
UEQ	<i>User experience questionnaire</i>
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
UL	Université de Lorraine
ULIS	Unité localisée pour l'inclusion scolaire
USE	<i>Usefulness, satisfaction and ease</i>
UX	<i>User experience</i>
VA	<i>Virtualité augmentée</i>
VAS	<i>Visual analogue scales</i>
WAMMI	<i>Web analysis and measurement inventory</i>
WIMP	<i>Windows, icons, menus and pointing device</i>

INTRODUCTION

Les technologies numériques¹ sont désormais omniprésentes dans notre vie quotidienne. Le progrès rapide de ces technologies impacte considérablement nos modes de vie et de travail. Les compétences numériques sont devenues une exigence majeure sur le marché du travail. Par conséquent, il devient nécessaire pour l'Éducation nationale de former de futurs citoyens critiques et compétents pour utiliser ces technologies, afin de favoriser leur autonomie, leur inclusion sociale et leur capacité à s'adapter à un monde en constante évolution. Pour cela, il convient de soutenir la formation des enseignants à ces enjeux et transformations.

De plus, les technologies numériques offrent de nouvelles opportunités d'apprentissage et portent un potentiel d'amélioration de l'efficacité et l'efficience de l'enseignement. Cependant, beaucoup de solutions technologiques numériques actuellement déployées ne répondent pas ou mal aux besoins et réalités scolaires. Aussi, il devient de plus en plus nécessaire de soutenir la conception d'environnements d'apprentissage et d'enseignement réellement adaptés au contexte éducatif.

Dans cette perspective, cette thèse s'articule de la façon suivante :

Chapitre 1 – Numérique et Éducation

Le premier chapitre décrit le contexte et la manière dont la forme scolaire, définie dans ce chapitre, évolue, notamment sous l'influence de la pression du progrès numérique. Pour cela, ce chapitre met en lumière les enjeux et les influences de la transformation numérique sur la forme scolaire et le soutien des injonctions gouvernementales. Puis, est développée l'idée que la transformation numérique en éducation ouvre de nouvelles possibilités d'interactions avec les savoirs et autrui, et à l'inverse, pose des défis qu'il convient de relever. Enfin, ce chapitre met en relief deux grands besoins spécifiques à l'Éducation nationale. Cette thèse propose des solutions centrées sur ces besoins et questionne, au travers d'un espace ouvert, la conception participative d'outils technopédagogiques et la formation des enseignants.

¹ Les technologies numériques renvoient aux technologies permettant de traiter, stocker et transmettre des informations sous forme de chiffres ou de données numériques, notamment les ordinateurs, smartphones, tablettes, réseaux de communication, logiciels et application, objets connectés, etc.).

Chapitre 2 – Des approches participatives au service de la transformation numérique ?

Dans le but de couvrir les besoins précédemment identifiés, les tiers-lieux apparaissent comme des solutions possibles. Ce chapitre propose donc un éclairage théorique sur les tiers-lieux et les approches qu'ils recouvrent.

Dans un premier temps, cet éclairage permet de décrire trois types de tiers-lieux : les *living labs*, les *fablabs* et les *learning labs* et de suggérer un de ces tiers-lieux pour accompagner les acteurs de l'éducation dans la transformation de la forme scolaire.

Dans un deuxième temps, cet éclairage permet d'identifier et de présenter les approches de conception centrée utilisateur et de conception participative sur lesquelles repose ce type de concept. Puis, cet éclairage permet de rendre compte de deux courants, le *design thinking* et le *design* d'expérience utilisateur (UX), développés en parallèle de ces approches. Afin de soutenir les activités d'évaluation dans le processus de conception participative et le développement constructif des personnes, ce chapitre expose les spécificités des enseignants et des élèves en conception et un état des lieux des échelles d'utilisabilité pour enfants et des échelles soutenant la métaréflexion chez les enseignants.

Ce chapitre se termine sur la mise en évidence de deux besoins méthodologiques qui feront office de deux études présentées dans les chapitres 4 et 5.

Chapitre 3 – Le Li'L@b : un projet de recherche-action

Ce chapitre décrit la première étude de ce travail qui vise à fournir des recommandations sur la mise en œuvre d'un tiers-lieu techno-formatif en vue d'un redéploiement sur le territoire. Cette étude livre des retours d'expérience sur l'évolution d'un dispositif permettant de soutenir les activités de conception participative. Ces dernières ont pour objectifs principaux de contribuer au développement d'outils technopédagogiques ergonomiques et à la formation des enseignants à l'utilisation de ces outils, aux compétences du XXI^{ème} siècle et aux concepts informatiques.

Ce dispositif permet d'impliquer les enseignants dans le processus de conception et d'évaluation de leurs outils. Cela compense le manque d'espace dédié à l'expérimentation qui donne l'occasion de réunir les enseignants et divers acteurs pour réfléchir à des solutions concernant des problématiques liées à l'Éducation.

Ce chapitre se termine en soulignant des besoins de fournir des outils pour accompagner les activités de conception participative et le développement constructif des enseignants.

Chapitre 4 - K-uses : une échelle d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives pour l'élève

Le chapitre 4 porte sur la deuxième étude dont l'objectif est de concevoir et de valider les premiers éléments psychométriques d'une échelle de mesure d'évaluation de la perception de l'utilisabilité de technologies émergentes pour des élèves âgés de 9 à 11 ans. Cette échelle d'utilisabilité leur permettra d'être impliqués dans des études de conception participative en tant qu'évaluateurs. Les résultats obtenus compensent ainsi le manque d'outils disponibles dans ce cadre.

Chapitre 5 - ECo-21 : vers un outil tangible pour la réflexion sur l'action

Ce chapitre décrit la dernière étude de ce travail de recherche. Cette étude vise à la conception d'un outil tangible pensé pour soutenir la métaréflexion chez les enseignants après des séances de co-conception. Ceci, dans le but que ces derniers prennent conscience des compétences du XXI^{ème} siècle, susceptibles d'être mobilisées au travers de séances de *co-design*. L'objectif est de contribuer à la montée en compétences des enseignants à terme.

Cette étude aboutit à une échelle tangible d'auto-évaluation des compétences du XXI^{ème} siècle permettant aux enseignants de réfléchir sur leurs activités de conception participative et de prendre conscience des compétences mobilisées. Cela compense le manque d'outils disponibles dans ce cadre et renforce la pratique des enseignants à analyser leurs activités.

Chapitre 6 – Conclusion

Ce dernier chapitre a pour objectif de conclure ce travail de recherche. Pour chaque étude, une synthèse est dressée, les contributions méthodologiques et appliquées sont examinées et les perspectives offertes par ces études sont exposées.

1. NUMÉRIQUE ET ÉDUCATION

Ce chapitre a pour objectif de présenter le contexte dans lequel s'inscrivent nos travaux de recherche. Il décrit d'abord la révolution numérique et souligne l'impact que cela crée sur nos vies et en particulier sur la forme scolaire. Il indique que ces changements provoqués sur la forme scolaire sont poussés par les injonctions gouvernementales. Puis, il présente comment la transformation numérique en éducation ouvre de nouvelles possibilités d'interagir avec les savoirs et avec autrui et à l'inverse cause des problématiques qu'il convient d'étudier.

1.1 La révolution numérique

Le développement des technologies numériques est rapide. Il agit de manière considérable sur nos activités. Certains auteurs parlent de 4^{ème} révolution industrielle. Celle-ci fait référence à la numérisation de l'information et à l'interconnectivité de systèmes connectés. Ly et Klucik (2019) abordent les différents aspects de cette transformation numérique. Ils rapportent que cette révolution a été induite par :

- La **numérisation des ressources et des supports**.
- L'arrivée d'**Internet** qui a facilité l'accès à l'information et fait émerger de nouveaux moyens de communication (par exemple : les mails) et qui a rapidement transformé nos façons de travailler et d'échanger (par exemple : les « Wiki »).
- L'**augmentation de la puissance et de la capacité des serveurs et des bandes passantes** qui ont permis la diffusion à plus grande échelle de vidéos. Ceci a donné lieu à l'apparition de YouTube, des cours en ligne, de « *massive open online courses* » *MOOCs*, par exemple, mais aussi à la circulation d'un grand nombre de fausses informations sur les réseaux sociaux (*fake news*).
- Le **mobile et les réseaux** de plus en plus puissants 3G, 4G et désormais la 5G qui ont encouragé les usages en temps réel et entraîné des phénomènes d'hyperconnexion en faisant entrer l'Internet partout dans notre quotidien.
- Le **Big data**, c'est-à-dire un ensemble très volumineux de données permettant de créer des modèles prédictifs et l'**intelligence artificielle**, c'est-à-dire des algorithmes et des systèmes informatiques qui peuvent apprendre à partir de données et effectuer des tâches qui nécessitent normalement une intervention humaine, ont émergé.

De nombreuses autres technologies numériques ont vu le jour, telles que la réalité augmentée (RA) et la réalité virtuelle (RV), l'Internet des objets (IoT) ou encore la robotique et l'impression 3D, par exemple. Chaque jour, de nouvelles technologies numériques sont développées et émergent. Ces technologies sont omniprésentes dans notre quotidien. En effet, selon les enquêtes menées par l'institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), plus de 99% de la population âgée de 15 ans ou plus étaient équipée d'un téléphone, fixe ou mobile en 2021 et 94% des personnes entre 15 et 29 ans avaient un smartphone (Legleye et al., 2022). De plus, 83% des ménages possédaient un ordinateur (Gleizes et al., 2021). Selon une lettre publiée par Médiamétrie, en 2021, les personnes entre 15 et 24 ans, représentant 11,9% de la population française, étaient celles qui passaient le plus de temps par jour à surfer sur leur smartphone, soit 3h41min. Après eux, ce serait les personnes âgées de 25-34 ans qui passaient 2h12 min (Remond & Brunet, 2021). Du côté des entreprises, il a été montré par plusieurs enquêtes de l'INSEE qu'elles sont largement équipées de technologies de l'information et de la communication (TIC). Toutefois, les différences sont importantes selon le type de technologie. Ainsi, quasiment toutes les entreprises de 10 personnes ou plus sont connectées à Internet (99% des sociétés) et 69% disposent d'un site web (Génuit, 2019). L'usage

**Explosion
technologique en
cours.**

**Omniprésence des
technologies
numériques dans la
vie quotidienne.**

de technologies plus spécialisées, comme l'impression 3D ou la robotique progresse, mais reste minoritaire. Par ailleurs, environ 10% des entreprises comptant 10 employés ou plus utilisaient des systèmes interconnectés en 2020 (Boudrot, 2021). Cette enquête précise que cette utilisation était plus répandue dans les grandes entreprises avec un taux de 29%, et dans le secteur des transports, avec un taux de 16%.

Impact de la transformation numérique sur nos activités.

L'ensemble de ces transformations rapides ne peut qu'avoir une influence sur nos activités personnelles et professionnelles, mais aussi sur les enfants eux-mêmes qui vont devoir évoluer avec elles. Par exemple, la réalité augmentée peut changer notre façon de jouer en permettant aux utilisateurs d'interagir avec des personnages virtuels dans le monde réel, offrant ainsi de nouvelles expériences de jeu et de divertissement. Dans le domaine de la santé, la réalité augmentée peut être utilisée pour visualiser des organes et des tissus en trois dimensions pour aider les professionnels de la santé à diagnostiquer et à traiter les patients. La RA peut aussi avoir une influence sur notre façon d'apprendre en offrant la possibilité de créer des expériences d'apprentissage immersives, en superposant des éléments virtuels sur des objets réels pour illustrer des concepts et des processus.

Selon Beckouche (2017), la révolution numérique engendre quatre types de changements :

Impact technologique.

- **Technologiques** : nous sommes désormais immergés dans un monde où une multitude d'objets génèrent des données connectées ou connectables. Il s'agit, par exemple, de caméras de surveillance, d'alarmes, de caisses enregistreuses, de compteurs électriques connectés, de comptes bancaires et bien d'autres.

Impact économique.

- **Économiques** : l'économie repose sur un nouveau paradigme axé sur le numérique et le collaboratif. Nous sommes passés de la notion de possession d'un bien (comme un DVD) à celle de l'utilisation d'un service (comme le *streaming*).

Impact sociétal.

- **Sociétaux** : ces changements sont enracinés dans l'interaction entre les sphères économique et sociale. La question de la propriété intellectuelle se pose. Une lutte se déroule entre un modèle basé sur la propriété et un modèle collaboratif, en particulier entre une approche propriétaire de l'innovation intellectuelle et l'open source. Les sphères économique et sociale s'entremêlent, donnant naissance à une ère de collaboration « co- » : codéfinition, cocréation, cogestion, colocation, etc.

Impact anthropologique.

- **Anthropologiques** : ces changements ont des répercussions sur la frontière entre les espaces public et privé, qui se déplace vers la frontière entre le privé et l'intime.

De plus, la réalité augmentée enrichit l'interaction entre l'individu et son environnement social grâce à divers accessoires numériques. Elle améliore également l'individu lui-même, que ce soit par le biais de prothèses ou de dispositifs d'amélioration des performances organiques.

Par ailleurs, la concurrence entre les entreprises se déplace vers une approche de « sur mesure de masse » (ibid.), où l'expérience utilisateur et la

capacité à s’allier à une multitude sont primordiales. On observe ainsi à la fois une ultra-individualisation dans la relation entre l’offre et la demande ainsi qu’une ultra-massification des processus.

Enfin, l’accélération de la désintermédiation, grâce aux liens directs entre les acteurs via les plateformes, est une nouveauté majeure. Les plateformes pourraient éventuellement remplacer les institutions elles-mêmes, tant leurs possibilités d’expansion sont infinies.

**L’École doit évoluer
à l’ère du
numérique.
La transformation
numérique
transforme la forme
scolaire.**

Ainsi, le numérique rend le monde dans lequel nous vivons encore plus complexe qu’il ne l’était jusqu’à présent en imposant des changements radicaux dans le mode de vie et de travail de tous les citoyens. Si nos activités personnelles et professionnelles ont été impactées par l’évolution du numérique, qu’en est-il de l’Éducation ?

À ce jour, un écart s’est creusé entre l’usage des technologies du numérique hors l’école et les pratiques en contexte scolaire (OCDE, 2015). Bien que l’utilisation des technologies numériques dans l’éducation soit de plus en plus courante, leur intégration effective et leur utilisation pour améliorer l’apprentissage restent un défi (OCDE, 2018). Le rapport de la Commission européenne de 2020 souligne que l’utilisation des technologies numériques doit être accompagnée d’une réflexion sur les compétences nécessaires pour les utiliser de manière efficace, et que l’écart entre les compétences numériques nécessaires et celles acquises par les enseignants et les élèves doit être comblé (Commission européenne, 2020b).

D’une part, l’École est amenée à devoir évoluer pour préparer les apprenants à détenir les compétences et les connaissances nécessaires pour être acceptés sur le marché du travail. D’autre part, elle se retrouve bouleversée par la transformation numérique qui la conduit à revoir sa forme scolaire.

1.2 Enjeux et influences de la transformation numérique sur la forme scolaire

La forme scolaire désigne un ensemble de pratiques et de structures qui caractérisent l’institution scolaire telle qu’elle s’est développée au fil des siècles (Vincent et al., 1994). Elle se réfère à un système d’éducation organisé en classes d’âge, de niveaux et de disciplines, avec une organisation hiérarchique de l’enseignement, une séparation entre les matières enseignées, une évaluation standardisée, une notation numérique et une approche centrée sur l’enseignant.

Reuter et al. (2013) définissent la forme scolaire « *comme une forme spécifique de relations sociales* ». Ils décrivent une configuration spécifique qui donne une structure particulière à la relation d’enseignement-apprentissage, la distinguant ainsi des modes « *informels* » qu’elle peut prendre. Cette forme particulière engage et met en

interaction de multiples dimensions telles que l'espace, le temps, les sujets, les objets, les activités, et bien d'autres. Selon Maulini et Perrenoud (2005), huit caractéristiques définissent la forme scolaire :

- Un **contrat didactique** : il s'agit d'un accord entre l'enseignant et l'apprenant qui établit les attentes, les responsabilités et les objectifs de l'apprentissage.
- Une **organisation centrée sur les apprentissages** : l'accent est mis sur le processus d'apprentissage lui-même, avec une attention portée aux besoins individuels des apprenants.
- Le **temps didactique** : il s'agit de la structuration du temps scolaire en périodes dédiées à des activités d'apprentissage spécifiques.
- Des **normes d'excellence** : il existe des critères de performance et des attentes élevées en termes de résultats scolaires et de compétences à acquérir.
- Une **pratique sociale distincte et séparée** : l'éducation se déroule dans un environnement spécifique et séparé de la vie quotidienne, avec des rôles et des interactions définis entre enseignants et apprenants.
- Un **curriculum et une planification** : il y a une structure et une séquence préétablies des contenus d'enseignement et des objectifs à atteindre, souvent définis par des programmes scolaires.
- La **transposition didactique** : il s'agit de l'adaptation des connaissances académiques aux besoins et aux capacités des apprenants, en les rendant accessibles et compréhensibles.
- La **discipline** : il existe des règles et des normes de comportement qui régissent la conduite des apprenants dans le contexte scolaire, favorisant un environnement d'apprentissage ordonné.

Aujourd'hui, ces éléments de la forme scolaire sont remis en question par l'intégration des technologies numériques au sein de l'École. Certains chercheurs (Fluckiger, 2008; Genevois & Poyet, 2010) observent que l'utilisation des équipements numériques modifie les relations entre l'ensemble des acteurs de l'École ; d'autres signalent la modification du rapport au savoir et à l'information (Cerisier, 2014), et ainsi, la remise en question du contrat didactique qui s'établit entre l'élève et l'enseignant (Cerisier, 2011; Costa, 2013). Selon Coen (2011), les technologies numériques modifient la forme scolaire au niveau des savoirs, des apprentissages, des rôles entre apprenants et enseignants, de la communication et des espaces.

De plus, l'utilisation de ces technologies numériques demande de plus en plus de compétences techniques et complexes qui requièrent d'être identifiées et d'être développées à l'école. Par exemple : de nouvelles formes de littératie voient le jour en reflétant une demande croissante quant aux habiletés à résoudre des tâches plus complexes dans des environnements riches en technologies numériques telles que la littératie numérique, la littératie financière et la littératie des données (Freiman & Chiasson, 2017).

Enfin, l'utilisation des technologies numériques interroge également l'enseignement dans son organisation au sein de l'espace, du temps et des relations, mais aussi dans

les pratiques, la posture et le rôle de l'enseignant. Par exemple, Haspekian et Gélis (2021) ont cherché à comprendre l'évolution des pratiques enseignantes en primaire, concernant l'enseignement des mathématiques et, plus particulièrement, de l'algorithmique et de l'informatique avec l'utilisation du logiciel Scratch et de robots. Ils ont mis en avant deux leviers qui sont utilisés pour conduire des pratiques nouvelles : le recours à des pratiques anciennes montré à une échelle de temps long et une prise de repères didactiques sur des éléments de la situation, montré à une échelle de temps court.

La maîtrise du numérique devient un enjeu éducatif.

**1^{ère} action :
Intégration du numérique à l'École sous plusieurs aspects.**

L'utilisation efficace des technologies numériques d'apprentissage dans l'éducation est actuellement considérée comme un facteur clé pour la réalisation des objectifs éducatifs de la stratégie Europe 2020 (Commission européenne, 2019; Commission européenne & Eurydice, 2013). Depuis la loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République de juillet 2013 ("Loi n°2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République," 2013), le numérique prend une place centrale au sein du système scolaire, à la fois comme objet d'étude spécifique ou ensemble de techniques à maîtriser dans les autres disciplines, mais aussi comme un instrument de réforme globale du système éducatif sous de multiples aspects (équipements, ressources, pratiques pédagogiques, formation professionnelle, communication avec les familles, partenariat avec les opérateurs et les collectivités locales, promotion de la recherche et du développement de l'environnement numérique, soutien aux entreprises de ce secteur, etc.).

**2^{ème} action :
création d'un service public du numérique éducatif pour accompagner l'École à enseigner par et au numérique.**

Dans la stratégie mise en place pour atteindre les objectifs assignés à l'École, figure dorénavant la nécessité de développer une grande ambition pour enseigner par le numérique et au numérique. C'est à cette fin que la loi pour la refondation de l'école de la République crée, dans son article 16, un « *service public du numérique éducatif* » ("Loi n°2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République," 2013) :

« Dans le cadre du service public de l'enseignement et afin de contribuer à ses missions, un service public du numérique éducatif et de l'enseignement à distance est organisé pour, notamment :

- 1. Mettre à disposition des écoles et des établissements scolaires une offre diversifiée de services numériques permettant de prolonger l'offre des enseignements qui y sont dispensés, d'enrichir les modalités d'enseignement et de faciliter la mise en œuvre d'une aide personnalisée à tous les élèves ;*
- 2. Proposer aux enseignants une offre diversifiée de ressources pédagogiques, des contenus et des services contribuant à leur formation ainsi que des outils de suivi de leurs élèves et de communication avec les familles ;*
- 3. Assurer l'instruction des enfants qui ne peuvent être scolarisés dans une école ou dans un établissement scolaire, notamment ceux à besoins éducatifs particuliers. Des supports numériques adaptés peuvent être fournis en fonction des besoins spécifiques de l'élève ;*

4. *Contribuer au développement de projets innovants et à des expérimentations pédagogiques favorisant les usages du numérique à l'école et la coopération.* »

Cette loi pour la refondation de l'École de la République précise que la scolarité obligatoire doit garantir à chaque élève les moyens nécessaires à l'acquisition d'un socle commun de connaissances, de compétences et de culture, afin de leur permettre la poursuite d'études, la construction d'un avenir personnel et professionnel et préparer à l'exercice de la citoyenneté. Les éléments de ce socle commun et les modalités de son acquisition progressive sont fixés par décret ("Article L122-1-1. Chapitre 2 : Objectifs et missions de l'enseignement scolaire," 2013).

3^{ème} action :
Intégration du
numérique dans les
programmes
scolaires.

Depuis le décret du 31 mars 2015 ("Décret n°2015-372 relatif au socle commun de connaissances, de compétences et de culture," 2015), le numérique est inclus de façon transversale dans les deux premiers domaines du socle commun. Cela concerne « *les langages pour penser et communiquer* » ainsi que les « *méthodes et outils pour apprendre* ».

Selon le Ministère de l'Éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche (2015), les connaissances et les compétences numériques sont renforcées à la fois dans le socle commun de connaissances, de compétences et de culture, ainsi que dans les programmes de l'école, du collège et du lycée. Voici les mesures prises :

- L'éducation aux médias et à l'information fait l'objet d'un programme spécifique pour le cycle 4, comprenant plusieurs compétences.
- Les compétences numériques sont intégrées dans tous les domaines du socle commun et aux programmes des différentes disciplines.
- L'enseignement de l'informatique (codage, algorithmique) est introduit au collège, tandis qu'une sensibilisation au code est proposée à l'école primaire.
- Les enseignements numériques sont renforcés au lycée. Depuis la rentrée 2019, les élèves de seconde générale et technologique suivent un enseignement de sciences numériques et technologie (SNT) d'une durée de 1h30 par semaine. Cet enseignement vise à acquérir les principaux concepts des sciences numériques et à comprendre l'importance croissante du numérique et ses enjeux. En première et terminale générales, les élèves ont la possibilité de choisir l'enseignement de spécialité numérique et sciences informatiques (NSI), avec une durée de 4 heures en première et de 6 heures en terminale par semaine. Cet enseignement permet d'acquérir les concepts et les méthodes fondamentales de l'informatique, dans ses aspects scientifiques et techniques.

Ainsi, ces mesures visent à renforcer les compétences et connaissances numériques des élèves à différents niveaux de leur parcours scolaire.

4^{ème} action :
Intégration du
numérique dans la
formation initiale
et continue des
enseignants.

De plus, la loi pour la refondation de l'école de la République encourage une transformation pédagogique grâce à l'utilisation du numérique. Cette transformation passe par la réforme de la formation initiale et continue des enseignants. Les plans

5^{ème} action :
Investissements
dans la recherche et
l'innovation et
lancements
d'appels à projets.

de formation nationaux et académiques des instituts nationaux supérieurs du professorat et de l'éducation (Inspé) prévoient non seulement une formation aux outils numériques, mais également une réflexion sur leur utilisation dans les pratiques pédagogiques, ainsi qu'une recommandation en faveur de l'enseignement transversal et du travail en équipe.

Puis, cette loi vise à encourager les investissements dans la recherche et l'innovation. De plus, elle favorise le dialogue avec les familles et les associations, coordonne les actions de l'État avec celles des collectivités territoriales et met l'accent sur une « école inclusive » qui promeut la mise en place d'une « pédagogie différenciée » pour permettre l'inclusion des élèves en situation de handicap. Le numérique est ainsi considéré comme un moyen de lutter contre les inégalités sociales et territoriales.

En 2015, le lancement du « plan numérique pour l'éducation », ne s'est pas limité à un simple plan d'équipement, mais a été conçu comme un projet global visant à refonder le système éducatif.

Depuis, plusieurs appels à projets ont été lancés sous le contrôle de la direction du numérique pour l'éducation (DNE) : « Collèges connectés », « Collèges préfigureurs », « Collège Lab' », « Classe connectée », « Programme e-Fran », etc. Ils visent la modernisation de l'équipement numérique, l'étude de l'influence de l'usage du numérique sur les enseignements et les apprentissages ou encore le soutien à l'innovation et la recherche dans ce domaine. L'ambition est de renforcer les compétences numériques des élèves et le perfectionnement professionnel des enseignants ainsi que stimuler l'innovation pédagogique.

De plus en plus de collèges participent activement aux initiatives du plan numérique, telles que les programmes « collèges numériques et innovation » et « Écoles numériques innovantes et ruralité ». On observe une multiplication des espaces d'expérimentation des pratiques numériques, en collaboration avec des laboratoires de recherche, ainsi que le développement des méthodes d'évaluation portant sur l'organisation, les méthodes pédagogiques, les outils utilisés, etc. L'objectif est d'étendre et de généraliser l'utilisation du numérique sur l'ensemble du territoire, d'équiper et d'aménager les collèges situés en zones rurales et ainsi de suite. Un exemple concret de promotion de l'éducation numérique est le « projet lorrain ambition numérique en territoires pour l'éducation » ([PLANETE](#)), lancé par la direction académique au numérique éducatif (DANE). Les objectifs de ce projet sont les suivants :

1. Transférer les technologies issues des laboratoires de recherche vers le milieu éducatif, permettant ainsi de bénéficier des avancées technologiques les plus récentes dans les établissements scolaires.
2. Implanter une culture numérique dans les territoires éloignés, ruraux ou défavorisés, en garantissant l'accès aux ressources et en favorisant l'apprentissage des compétences numériques.
3. Développer une plateforme de ressources numériques intelligente qui répond aux besoins spécifiques des enseignants. Cette plateforme vise à

offrir un ensemble de ressources pédagogiques et didactiques adaptées, facilitant ainsi la préparation et la mise en œuvre des cours.

**6^{ème} action :
Développement et
diffusion de
ressources
numériques
pédagogiques.**

Selon le Ministère de l'Éducation et de la jeunesse (2020), l'utilisation du numérique à l'école connaît une adoption croissante. Selon leurs données, 80% des élèves du secondaire et 20% des élèves du primaire, ainsi que leurs parents et enseignants, bénéficient désormais d'un espace numérique de travail (ENT). Un ENT est un ensemble intégré de services numériques sélectionnés et mis à disposition de la communauté éducative dans une ou plusieurs écoles ou établissements scolaires.

Depuis 2016, le ministère a mis en place une politique de soutien visant à développer et diffuser des ressources numériques pédagogiques. Parmi les initiatives notables, on peut citer :

- *Eduthèque*, qui regroupe des banques de ressources numériques éducatives (BRNE), *ETINCEL*, ainsi que des ressources pour l'apprentissage de la programmation et de la pensée algorithmique,
- *Edu-Up*, un dispositif visant à soutenir la production et faciliter la diffusion de contenus et de services numériques innovants,
- Des fiches descriptives de pratiques pédagogiques utilisant le numérique, élaborées par des enseignants dans les académies, ainsi que la mise en place des travaux académiques mutualisés (*TraAM*).

Ces initiatives démontrent l'engagement du ministère à promouvoir l'utilisation du numérique dans l'éducation, en offrant un accès à des ressources pédagogiques de qualité et en encourageant l'innovation numérique dans les pratiques d'enseignement.

L'avis sur la contribution du numérique à la transmission des savoirs et à l'amélioration des pratiques pédagogiques (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2022b), apporte des recommandations suite aux mesures effectuées dans les programmes scolaires en rapport avec l'intégration du numérique. En même temps, il met en exergue les mesures prises et réalisées au sein de l'École. Par ailleurs, plusieurs groupes thématiques numériques (GTnum) soutenus par la direction du numérique pour l'éducation (DNE) ont été lancés suite à l'appel à manifestation d'intérêt de mai 2020 pour produire des travaux de recherche sur le numérique éducatif (Direction du numérique pour l'éducation, 2020). Enfin, les enseignants et les élèves sont de plus en plus impliqués dans la recherche en éducation (Baugnies et al., 2022; Gaussel, 2020).

**Des méthodes de
recherche imposées
aux chercheurs par
le conseil
scientifique de
l'Éducation
nationale.**

Les défis de plus en plus complexes auxquels sont confrontés l'École, conduisent des responsables politiques à demander des données scientifiquement fiables, appelées « données probantes » ou « pratiques fondées sur la preuve » (*evidence-based education*) qui leur permettent d'asseoir leurs décisions sur des résultats « scientifiquement prouvés ». Dans son rapport de 2021 (Conseil scientifique de l'éducation nationale, 2021), le conseil scientifique de l'éducation nationale (CSEN) impose des méthodes de recherche expérimentale associées à une démarche « *translationnelle* » pour être en mesure « *de répondre aux besoins réels des enseignants, des parents, et bien sûr des élèves* ». Celle-ci est fondée sur une pyramide

des preuves dans laquelle les évaluations expérimentales avec randomisation (RCTs) représentent la plus haute et la dernière étape d'une pyramide de méthodes de recherche pour identifier des interventions dont l'efficacité serait scientifiquement démontrée. Ces injonctions sont vivement critiquées, notamment par Fluckiger (2021).

Il énonce trois problèmes :

- « *l'escamotage des acquis de 50 ans à la fois des résultats des recherches en éducation et de réflexions sur les relations entre recherche et pratiques d'enseignement ;*

- *l'absence de rupture épistémologique avec les conceptions préscientifiques de ce qu'il y aurait à mesurer ;*

- *une vision applicationniste et dévalorisante des relations entre la recherche et son application, ou entre chercheurs, décideurs et praticiens. »*

Autrement dit, Fluckiger (2021) souligne le fait que les travaux de recherche en sciences de l'éducation, menés depuis 50 ans, sont insignifiants pour le CSEN. De plus, il réagit face aux RCTs, présentés comme seule méthode « scientifique » par le CSEN, qui, selon lui, permet de répondre à une théorie claire, mais occulte le travail de conceptualisation, de modélisation et de théorisation. Enfin, il soulève la vision « applicationniste » de la recherche adoptée par le CSEN qui, selon lui, occulte le problème du passage à l'échelle, processus dynamique qui suppose de nombreuses étapes : adoption, réplication, adaptation, réinvention. Puis, il souligne que cette vision « applicationniste » ne convient pas aux technologies, du fait de leur caractère très évolutif et qu'elles perfusent dans toute la société au-delà des systèmes scolaires bien contrôlés.

Pour résumer, face à l'ampleur de l'impact que prend le développement des technologies numériques sur nos activités et à l'écart creusé entre l'usage des technologies du numérique hors l'école et des pratiques en contexte scolaire (OCDE, 2015), le gouvernement a mis en place des injonctions qui conduisent l'École à devoir s'adapter, c'est-à-dire que l'institution scolaire doit revoir sa forme, son cadre.

De plus, cette remise en question de la forme scolaire a été accélérée par la crise du Covid-19 qui a placé les enseignants dans un contexte où ils devaient potentiellement modifier leurs pratiques (modalité multimodale, espace de la classe, activités et matériels) et leurs plans organisationnels (le protocole modifie les rapports à l'espace, au temps, aux autres et à soi) (Mercier & Lefer Sauvage, 2022; Ria & Rayou, 2020).

Cette transformation scolaire comprend la transformation des pratiques enseignantes, le besoin d'acquérir et de développer des compétences techniques et transversales, la transformation des moyens de médiation, de l'organisation espace-temps et de la posture enseignante.

**La transformation
du numérique, les
actions du
gouvernement et la
crise du Covid
engendrent la
transformation de
la forme scolaire.**

1.2.1 La transformation des pratiques enseignantes

De manière générale, les pratiques professionnelles concernent des manières habituelles d'agir dans un champ de métier ou de profession. Cette notion suggère donc une forme de répétition, une structure invariante face aux variations des éléments du contexte situationnel par opposition à la notion d'action ou d'activité (Trinquier, 2013).

Concernant les pratiques professionnelles des enseignants, Altet (2003) les définit par « *ce que font les enseignants dans la classe lorsqu'ils sont en présence des élèves* ». Elle élargit toutefois le concept de pratiques enseignantes aux interactions se produisant dans la classe en incluant d'autres activités telles que : « *les pratiques de préparation d'un cours, les pratiques de présentation d'un cours (orale, audiovisuelle, multimédia), les pratiques d'organisation matérielle de la classe, les pratiques de maintien de l'ordre dans la classe, les pratiques d'encadrement des travaux des élèves, les pratiques d'évaluation, les pratiques de travail en équipe pédagogique, les pratiques de réunions avec les parents d'élèves...* ».

Elle y ajoute : « *La pratique enseignante est définie comme la manière de faire singulière d'une personne, sa façon effective, sa compétence propre d'accomplir son activité professionnelle : l'enseignement.* », en précisant : « *La pratique, c'est à la fois l'ensemble des comportements, actes observables, actions, réactions, interactions, mais elle comporte aussi les procédés de mise en œuvre de l'activité dans une situation donnée par une personne, les choix, les prises de décision.* » Enfin, elle renvoie la pratique de l'enseignant à « *une activité professionnelle située, orientée par les fins, les buts et les normes d'un groupe professionnel. C'est une pratique sociale qui se traduit par la mise en œuvre des actes à la fois contraints et choisis d'une personne* ».

Autrement dit, les pratiques enseignantes renvoient à tout ce que fait l'enseignant en classe et en dehors, qui est propre à celui-ci, pour accomplir sa profession. Ces pratiques s'inscrivent dans un contexte social et professionnel et sont contraintes par des règlements et par un groupe de personnes (collègues, hiérarchie).

Selon Bru (1991), l'enseignant peut adopter différentes approches dans trois catégories distinctes :

- Les *objets* : il s'agit des savoirs enseignés ou utilisés, tels que les tâches, les thèmes ou les sujets abordés dans le cadre de l'enseignement.
- Le *processus* : cette catégorie concerne le déroulement des activités, la dynamique de l'apprentissage et la répartition des initiatives entre les enseignants et les apprenants, entre autres aspects liés au processus d'enseignement et d'apprentissage.
- Les *éléments organisationnels* : il s'agit des aspects liés à l'organisation matérielle de la formation, tels que les lieux et l'aménagement de l'espace où se déroule la formation, les moyens utilisés tels que le matériel didactique, les équipements et les outils, ainsi que les personnes impliquées dans le processus d'enseignement. Le temps de formation, y compris sa durée et le moment où il se déroule, est également inclus dans cette catégorie.

La transformation de la forme scolaire comprend la transformation des pratiques enseignantes.

Actuellement, les pratiques enseignantes se retrouvent bouleversées par les injonctions induites par les politiques éducatives évoquées plus haut. La transformation des pratiques consiste pour les enseignants à effectuer des ajustements, des adaptations et des changements.

Les adaptations émergent de la nécessité d'améliorer une situation ou de résoudre des problèmes liés à l'action. Elles font suite à une réflexion dans et sur l'action. L'ajustement des pratiques pédagogiques consiste pour les enseignants à adapter ou améliorer leur enseignement et voire, élargir leur répertoire de pratiques pour améliorer l'apprentissage chez leurs élèves. Les changements peuvent être, entre autres, induits suite à des réformes institutionnelles (lois) ou des modifications pédagogiques et administratives tels que les arrêtés, circulaires et notes de service. Par exemple, en raison de la pandémie de Covid-19, les gouvernements ont été contraints de prendre des mesures sanitaires concernant l'ouverture et le fonctionnement des écoles. Lorsque les écoles étaient ouvertes, elles ont dû fonctionner selon des modèles hybrides, alternant entre l'enseignement en classe et l'enseignement à distance, tout en respectant les mesures de distanciation sociale. Les politiques éducatives ont exigé des enseignants qu'ils mettent rapidement en place des pratiques pédagogiques auxquelles beaucoup d'entre eux semblaient peu familiers : enseignement à distance, entretien téléphonique avec les élèves et même leurs parents, travaux à réaliser à domicile, rencontres en dehors de l'école, etc. Cependant, ces pratiques ont rapidement montré leurs limites lorsqu'elles étaient mises en œuvre auprès des jeunes élèves du préscolaire et du primaire, des élèves en difficulté et des élèves des régions et quartiers défavorisés (Borges & Tardif, 2020). Selon les estimations, 6% des élèves de l'enseignement primaire et 10% des élèves de l'enseignement secondaire ont fait l'objet d'un désengagement scolaire pendant la période de confinement de mars à mai 2020 (Direction de l'évaluation, 2020). De plus, une enquête, menée en 2020 par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), nous met en garde sur ces problèmes d'assiduité qui peuvent conduire à des décrochages ou abandons scolaires pouvant aller jusqu'à un phénomène d'hystérèse suite à la crise du Covid-19 dans le domaine de l'enseignement (OCDE, 2020). Autrement dit, cela peut avoir à long terme des répercussions sur les résultats des élèves en raison de la fermeture des écoles. Ainsi, certains chercheurs s'interrogent sur la manière d'enseigner et d'apprendre aujourd'hui hors de l'institution scolaire (Borges & Tardif, 2020).

Un exemple : utiliser davantage d'outils numériques pour permettre d'enseigner à distance lors du Covid.

Dans leur étude, Godue-Couture et Tremblay (2021) décrivent les changements apportés aux pratiques enseignantes d'une enseignante d'éducation physique, lors de la pandémie de la Covid-19. De manière générale, les enseignants ont dû apporter des modifications à leurs pratiques et utiliser davantage d'outils numériques pour assurer l'enseignement à distance (par exemple, la plateforme *Moodle*, *Zoom*, l'application *Strava*). Dans le cas de l'enseignante étudiée, le principal défi rencontré lors de l'enseignement en ligne était lié à la discipline de l'éducation physique, qui nécessite une pratique active. En raison de la pandémie, les installations sportives n'étaient plus accessibles pour accueillir les étudiants. Par conséquent, elle a dû trouver des alternatives en adaptant ses plans de cours et en mettant en œuvre plusieurs stratégies pédagogiques innovantes (par exemple,

toutes les activités pratiques ont été remplacées par la course à pied). D'autres chercheurs ont souligné le travail à distance qu'ont dû effectuer les enseignants face à la situation de la pandémie pour enseigner leur discipline (Caron, 2021; Croze, 2021).

La propagation mondiale de la pandémie de Covid-19 a entraîné une augmentation de la transmission des connaissances par le biais du numérique, rendant les compétences numériques essentielles pour une participation active dans la société. Cela inclut notamment l'apprentissage continu tout au long de la vie et les opportunités d'emploi. En outre, depuis 2015, la capacité à utiliser de manière appropriée les technologies numériques pour accéder à l'information, l'évaluer de manière critique et créer ses propres contenus fait partie des compétences intégrées au socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Ces compétences sont censées être progressivement acquises par les élèves tout au long de leur parcours scolaire obligatoire ("Décret n°2015-372 relatif au socle commun de connaissances, de compétences et de culture," 2015). Par conséquent, les enseignants sont contraints à savoir utiliser et maîtriser les technologies émergentes afin de pouvoir donner des cours. Enfin, ils doivent être capables d'intégrer les éléments de la culture numérique nécessaires à l'exercice de leur métier (Ministère de l'Éducation nationale, 2013).

Une utilisation du numérique limitée dans les pratiques enseignantes.

Or, selon l'enquête nationale PROFETIC², disponible en France sur les usages pédagogiques du numérique, l'utilisation du numérique par les enseignants y occupe une place contrastée en fonction des profils. Dans leurs dernières éditions 2018 (sur le second degré, n = 2633) (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2018) et 2019 (sur le premier degré, n = 2334) (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2019), le numérique est principalement utilisé par les enseignants pour concevoir leurs enseignements (séquences pédagogiques, supports de communication, etc.) (2nd degré : 92% et 1^{er} degré : 94%), ou en classe de manière limitée à des fonctions simples (projections, ordinateurs, etc.) (2nd degré : 55% et 1^{er} degré : 64%). Ainsi, très peu d'enseignants l'ont intégré totalement dans des activités impliquant les élèves en classe (2nd degré : 11% et 1^{er} degré : 2%). Cela soulève un écart entre ce qui est attendu dans les programmes et référentiels de compétences et la réalité du terrain. Cet exemple témoigne des besoins encore importants en formation des enseignants vis-à-vis des compétences du XXI^{ème} siècle dont la culture numérique fait partie.

² Enquête menée depuis 2011 par le ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse auprès de 5000 enseignants de premier et second degré.

1.2.2 La nécessité d'acquérir et de développer des compétences techniques et transversales

La transformation de la forme scolaire passe par une nécessité de développer des compétences techniques et transversales.

Selon le rapport Eurydice (Commission européenne et al., 2019), dans la grande majorité des pays d'Europe, les compétences numériques sont intégrées dans le programme scolaire comme un sujet à part entière et comme une compétence clé transversale. Ainsi, dans la moitié des systèmes éducatifs en Europe, les compétences numériques spécifiques aux enseignants sont intégrées et requises dans les réglementations ou recommandations de haut niveau concernant la formation initiale des enseignants, ainsi que dans les cadres de compétences des enseignants. Il est mis en évidence que les enseignants doivent être en mesure d'intégrer les technologies numériques dans leur enseignement et leur apprentissage, et d'en faire un usage efficace.

Construction de cadres référentiels.

Ainsi, de nombreuses organisations ont tenté d'établir des cadres référentiels des compétences numériques nécessaires au XXI^{ème} siècle, tels que Partenariat pour les compétences du 21^{ème} siècle (P21), En Gauge, l'organisation pour l'évaluation et l'enseignement des compétences du 21^{ème} siècle (ATCS), l'OCDE, les normes nationales en matière de technologie éducative (NETS) développées par la société internationale pour la technologie dans l'éducation (ISTE), l'organisation de l'évaluation nationale des progrès de l'éducation (NAEP), l'Union Européenne (EU), l'organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), etc.

À titre d'exemple, le Ministère de l'Éducation et de l'enseignement supérieur du Québec (2019) a élaboré un document intitulé « *Le cadre de référence de la compétence numérique* » dans le cadre de son plan d'action numérique. Ce document vise à fournir une compréhension claire de ce que représente la compétence numérique afin de pouvoir l'intégrer de manière adéquate dans les plans de formation. Il repose sur une analyse approfondie de 135 documents initialement liés aux compétences du XXI^{ème} siècle, aux compétences informationnelles et aux compétences numériques publiées à travers le monde.

Les auteurs du cadre de référence définissent la compétence numérique comme suit :

- « *Un ensemble d'aptitudes relatives à une utilisation confiante, critique et créative du numérique pour atteindre des objectifs liés à l'apprentissage, au travail, aux loisirs, à l'inclusion dans la société ou à la participation à celle-ci. Les dimensions qu'il présente et leurs éléments respectifs ont été conçus pour que l'individu puisse développer son autonomie lorsqu'il utilise le numérique dans un contexte pédagogique ou professionnel ou encore dans la vie de tous les jours. Par exemple, cette autonomie doit lui permettre de choisir judicieusement les outils numériques à utiliser lorsqu'il doit accomplir une tâche particulière.*
- *La maîtrise de la compétence numérique doit aussi permettre à l'individu de faire face aux innovations technologiques qui se concrétiseront dans les années à venir,*

notamment les avancées en matière d'intelligence artificielle. Il saura poser un regard critique sur ces innovations et sera pleinement capable de se les approprier et d'y recourir s'il juge qu'elles peuvent lui être utiles.

- *La compétence numérique est intimement liée au développement professionnel de tous les professionnels du XXI^{ème} siècle. Donc, il est nécessaire que tous et toutes soient en mesure d'utiliser les ressources numériques disponibles, telles que les communautés de pratique, les formations en ligne ou les tutoriels, pour maintenir leurs compétences professionnelles à jour. »*

Ce cadre de référence englobe 12 dimensions considérées comme essentielles pour développer la compétence numérique et s'adapter au XXI^{ème} siècle :

1. Agir en tant que citoyen éthique à l'ère du numérique ;
2. Développer et mobiliser ses compétences technologiques ;
3. Exploiter le potentiel du numérique pour l'apprentissage ;
4. Développer et mobiliser sa culture de l'information ;
5. Collaborer en utilisant des outils numériques ;
6. Communiquer en utilisant des outils numériques ;
7. Produire du contenu en utilisant des outils numériques ;
8. Utiliser le numérique comme moyen d'inclusion et pour répondre à des besoins diversifiés ;
9. Adopter une perspective de développement personnel et professionnel en se responsabilisant grâce au numérique ;
10. Résoudre une variété de problèmes en utilisant le numérique ;
11. Développer une pensée critique vis-à-vis du numérique ;
12. Innover et faire preuve de créativité en utilisant le numérique.

Autre exemple : « *le Référentiel de l'UNESCO de compétences TIC pour les enseignants* » (Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, 2018). Ce référentiel est considéré comme un document évolutif, dont la pertinence repose sur des mises à jour régulières. À ce jour, trois versions ont été publiées, respectivement en 2008, 2011 et 2018. Il considère la formation professionnelle des enseignants comme un processus d'apprentissage continu plutôt que ponctuel. Il comprend plusieurs compétences qui correspondent à différents aspects de l'activité professionnelle des enseignants et aux trois niveaux d'utilisation des TIC à des fins pédagogiques par les enseignants. Ces aspects de l'activité professionnelle des enseignants renvoient à la compréhension des politiques relatives aux TIC dans l'éducation, aux programmes d'enseignement et aux évaluations, à la pédagogie, à l'application des compétences numériques, à l'organisation et à l'administration et enfin à la formation professionnelle des enseignants. Les trois niveaux d'utilisation des TIC correspondent à l'acquisition, l'approfondissement et la création de connaissances. Ce référentiel repose sur l'idée que les enseignants capables d'utiliser les TIC dans leur pratique professionnelle sont en mesure de fournir une éducation de qualité et d'aider efficacement les élèves à développer leurs compétences dans ce domaine.

À partir d'une méta-analyse des compétences identifiées, réalisée par Voogt et Roblin (2012) qui comprend les cadres référentiels précédemment cités et en tenant compte des compétences transversales du Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ), Margarida Romero a construit un modèle regroupant 5 compétences clés pour le XXI^{ème} siècle, nommé #5c21 (Romero, 2017). Ces 5 compétences identifiées sont :

- La pensée critique
- La collaboration
- La créativité
- La résolution de problème
- La pensée informatique

Elle met en avant les projets de robotique pédagogique pour développer ces compétences chez les apprenants.

En plus des cadres référentiels établis sur les compétences numériques clés pour le XXI^{ème} siècle, le gouvernement français a mis au point un outil d'auto-évaluation pour les compétences numériques avec la plateforme [PIX](#) : plateforme d'évaluation et de certification des compétences numériques.

**Un besoin de
formation à
l'utilisation des
TICE.**

Néanmoins, bien qu'il y ait des dispositifs mis en place en formation initiale et continue pour accompagner les enseignants à la transformation numérique, ceux-ci ne semblent pas porter assez leurs fruits auprès des enseignants. En effet, les résultats de l'enquête TALIS 2018 (Direction de l'évaluation, 2019) mettent en évidence que seulement 16% des enseignants français se déclarent positivement préparés à utiliser les TIC dans leur enseignement (TICE), grâce à leur formation initiale. De plus, 35% des enseignants français expriment un besoin important de formation pour développer leurs compétences en matière de TIC. Seul un tiers d'entre eux ont participé à une formation continue dans ce domaine au cours de l'année. Tandis que 53% des enseignants français ont bénéficié d'une formation initiale qui abordait l'utilisation des TICE. Déjà en 2013, l'enquête TALIS (Direction de l'évaluation, 2014b) montrait que 25% des enseignants mentionnaient le besoin d'acquérir des compétences en numérique et 17% dans les nouvelles technologies dans le monde du travail.

D'après l'enquête PROFETIC menée en 2019 auprès des enseignants du premier degré (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2019), 35% des enseignants ont mentionné qu'ils utiliseraient davantage de numérique, s'ils avaient recours à des formations à leur utilisation pédagogique. Seulement, 20% des enseignants ont jugé l'offre de formation suffisante et 18% ont estimé que les compétences étaient valorisées dans la carrière. Les deux tiers des enseignants qui ont suivi des formations estiment que celles-ci n'ont pas répondu à leurs besoins. Plus de la moitié des enseignants (58%) ont participé à une formation d'une journée ou plus. Pour compléter leur formation, 60% des enseignants développent personnellement leurs compétences numériques en lisant des articles en ligne ou en regardant des tutoriels vidéo. Dans le premier degré, les enseignants qui développent leurs compétences de manière autonome ont généralement un profil

masculin, une expérience professionnelle de 15 ans ou plus, une bonne maîtrise du numérique et exercent en cycle 3.

Selon l'enquête PROFETIC menée en 2018 auprès des enseignants du second degré (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2018), 22% des enseignants utiliseraient davantage les outils numériques s'ils étaient formés à leur utilisation pédagogique des outils. Plus de deux tiers des enseignants estiment avoir une maîtrise suffisante du numérique, mais la majorité d'entre eux (58%) estime que leurs compétences numériques ne sont pas valorisées dans leur carrière. Au cours des deux dernières années, plus de deux enseignants sur trois ont participé à une formation ou à une animation sur les usages du numérique. Bien que la majorité estime que leurs besoins ont été satisfaits par ces formations, 45% ne partagent pas cet avis. De plus, 56% des enseignants estiment que l'offre de formation en matière de numérique est insuffisante. Parmi les enseignants qui n'ont pas suivi de formation (31%), la plupart ne l'ont tout simplement pas demandée (49%). Cependant, 30% n'en avaient pas connaissance et 28% estiment que l'offre ne correspondait pas à leurs besoins. Plus de deux tiers des enseignants déclarent avoir une démarche personnelle pour développer leurs compétences numériques (69%). Les principaux moyens de formation personnelle pour les enseignants sont les échanges avec leurs collègues (78%) et la recherche en ligne de vidéos ou d'articles (69%).

Les compétences numériques sont nécessaires aux enseignants, car ces derniers sont amenés, comme l'a exigé la récente pandémie du Covid-19, à utiliser des TIC pour enseigner et s'adapter aux transformations.

1.2.3 La transformation des moyens de médiation, de l'organisation espace-temps et de la posture enseignante

1.2.3.1 Enseigner à distance et/ou en présence

La transformation de la forme scolaire implique la transformation de l'organisation espace-temps, notamment avec l'enseignement à distance.

L'introduction de la formation en ligne, ou « *e-learning* », et des plateformes numériques a transformé les dispositifs de formation traditionnels en de nouvelles formes, hybrides (« *blended learning* », dispositif mixte de formation), qui articulent des phases d'enseignement en présence et d'autres à distance. Ceci a été accentué par la crise du Covid-19. Un grand nombre d'enseignants et de formateurs ont dû rapidement adapter leurs cours et leurs formations pour faire face aux défis de l'enseignement à distance. En un temps record, ils ont dû trouver des solutions pour diffuser du contenu, proposer des exercices et accompagner leurs étudiants à distance (Caron, 2021).

L'enseignement à distance implique naturellement une séparation temporelle et spatiale des activités d'enseignement et d'apprentissage (Glikman, 2002). Quant au *e-learning*, il se réfère à « *l'utilisation des nouvelles technologies multimédias et de*

l'Internet, pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance » (Commission européenne, 2000). Le e-learning offre aux établissements d'enseignement l'opportunité de dépasser les contraintes géographiques ou la faible densité de population (McGreal & Anderson, 2007; Stacey & Visser, 2005), la surpopulation étudiante (Karsenti & Collin, 2010) ou encore les conditions socio-économiques de certaines régions en France et en Europe (Thibault et al., 2006). De plus, il permet à tout individu qu'il soit étudiant, en recherche d'emploi ou salarié d'apprendre et de se former, rapidement ou à son rythme, de n'importe où, quand il le veut.

Dans ce contexte, de nouveaux concepts ont vu le jour, tels que les *MOOCs*, le *digital learning (D-learning)*, le *mobile-learning (M-learning)*, ou l'apprentissage hybride (*blended-learning*).

Les *MOOCs* sont des cours de niveau universitaire gratuits et libres d'accès (Gillis, 2022). Ils font partie des *e-learning*.

Dans leur étude, Kumar Basak et al. (2018) définissent et comparent le « *e-learning* » qui désigne l'apprentissage soutenu par des outils et des médias électroniques numériques, au « *M-learning* » qui correspond à l'apprentissage utilisant des appareils mobiles et transmissions sans fil, et au « *D-learning* » qui concerne tout type d'apprentissage facilité par une technologie ou par une pratique pédagogique qui utilise efficacement la technologie. D'après les auteurs, le *D-learning* englobe le *e-learning* et le *M-learning*. De plus, le *M-learning* est considéré comme une extension du *e-learning*. Toujours selon ces chercheurs, le *D-learning* englobe un large éventail d'outils et de pratiques :

- Ressources d'apprentissage interactives, des contenus d'apprentissage numériques (qui peuvent inclure des contenus sous licence libre), des logiciels ou des simulations, qui permettent aux étudiants de s'impliquer dans les contenus académiques ;
- Accès aux bases de données en ligne et autres documents de source primaire ;
- L'utilisation de données et d'informations pour personnaliser l'apprentissage et fournir un enseignement complémentaire ciblé ;
- Des évaluations en ligne et sur ordinateur ;
- Des environnements d'apprentissage qui permettent une collaboration et une communication riches, qui peuvent inclure la collaboration des étudiants avec des experts en contenu et des pairs ;
- L'apprentissage hybride ou mixte, qui se déroule sous la supervision directe d'un instructeur dans une école ou un autre lieu éloigné du domicile et au moins en partie, par le biais d'un enseignement en ligne avec un certain contrôle de l'élève sur le temps, le lieu, le cheminement ou la cadence.

Développement de dispositifs hybrides de formation.

Au cours de la dernière décennie, de nombreux dispositifs de formation hybride ont émergé dans les universités et les établissements d'enseignement supérieur, en raison de l'évolution des approches pédagogiques et du déploiement

d'environnements technopédagogiques³ institutionnels tels que des ENT (Charlier et al., 2006) et les plateformes de formation en ligne (Peraya et al., 2014).

Ces dispositifs hybrides sont caractérisés par l'articulation de phases de formation en présentiel avec d'autres phases organisées à distance.

Peraya et Peltier (2012) définissent un dispositif hybride comme :

« un dispositif de formation porteur d'un potentiel d'innovation pédagogique particulier (Paquelin, 2009), lié aux dispositifs technologiques qu'il intègre. Ce potentiel, qui peut être exploité selon plusieurs modalités, s'exprime à travers la manière dont les acteurs du dispositif tirent parti de dimensions innovantes, notamment par la mise à distance de fonctions génériques (Charlier et al., 2006). L'actualisation de ces dimensions innovantes est influencée par les rôles explicitement accordés par l'enseignant, dans la conception et la mise en œuvre du processus d'apprentissage, aux différents acteurs du dispositif, ainsi qu'aux dispositifs technologiques, appréhendés en termes de médiatisation et de médiations (Peraya, 2010). Aussi un dispositif hybride reflète-t-il les choix de ses concepteurs, relativement à leurs représentations de l'apprentissage et de l'enseignement, du contrôle et de l'ouverture du dispositif de formation (Jézégou, 2008), de l'organisation de l'espace et du temps, ainsi que du rôle joué par les médias dans le processus d'apprentissage ».

Des chercheurs du projet Hy-Sup (Peraya et al., 2014) ont identifié cinq dimensions pour définir le cadre descriptif d'un dispositif hybride de formation :

1. La mise à distance et les modalités d'articulation des phases présentiels et distantes,
2. Le soutien à l'apprentissage et plus particulièrement l'accompagnement humain,
3. Les formes de médiatisation,
4. Les formes de médiation liées à l'utilisation d'un environnement technopédagogique,
5. Le degré d'ouverture du dispositif.

Ces dimensions ont permis aux auteurs de poser la base pour développer un modèle d'analyse des dispositifs hybrides de formation pour étudier les effets perçus sur les apprentissages des étudiants et le développement professionnel des enseignants. Charlier et al. (2021) ont approfondi ces recherches en examinant les caractéristiques des dispositifs de formation, des apprenants, des variables médiatrices liées aux interactions apprenant-dispositif, et les effets sur l'apprentissage, dans le but de comprendre les configurations favorisant des apprentissages significatifs. Ils ont abouti à 8 configurations : 5 configurations concernent les dispositifs perçus comme centrés sur l'apprentissage et 4 configurations concernent les dispositifs perçus comme centrés sur l'enseignement.

³ Selon Charlier et al. (2006), un environnement technopédagogique correspond à un ensemble d'outils et de ressources éducatives qui utilisent les TIC pour soutenir le processus enseignement-apprentissage. Il combine les avantages des technologies et de la pédagogie pour améliorer l'apprentissage.

Ils mettent en avant les caractéristiques suivantes : des motifs d'engagement liés à l'apprentissage, une capacité élevée à comprendre par soi-même, ainsi qu'une perception du dispositif de formation comme étant orienté vers l'apprentissage.

Par ailleurs, Massé et al. (2014) ont proposé une taxonomie de l'hybridation des cours et des programmes basés sur trois axes :

1. L'axe temporel : synchrone (concerne les cours où les échanges entre les étudiants et le professeur s'effectuent en temps réel et concerne le programme où tous les cours sont dispensés en présence) ; asynchrone (concerne les cours où les échanges entre les étudiants et le professeur s'effectuent en différé et concerne le programme où tous les cours sont donnés en mode asynchrone)
2. L'axe spatial : en présence (concerne les cours où tous les étudiants et le professeur sont réunis dans un même lieu physique pour recevoir l'enseignement et concerne le programme où tous les cours sont dispensés en présence) ; à distance (concerne les cours où les étudiants et le professeur ne sont pas réunis en un seul lieu physique commun lors des périodes d'apprentissage ou d'enseignement et concerne le programme où tous les cours sont faits à distance)
3. La médiatisation : conventionnelle (concerne les cours dispensés à l'aide de médias essentiellement imprimés (textes imprimés, livres imprimés, examens sur papiers...) et concerne le programme entièrement composé de cours ou les médias utilisés sont conventionnels) ; numérique (concerne les cours dispensés à l'aide de médias numériques (vidéo, environnement numérique d'apprentissage, logiciels, etc.) et concerne le programme entièrement composé de cours ou les médias utilisés sont numériques).

En résumé, les enseignements peuvent désormais être conduits de manière hybride au niveau spatial (en présence et à distance), au niveau temporel (synchrone et asynchrone), ou au niveau de la médiatisation (débranché et numérique).

1.2.3.2 Enseignement débranché ou numérique

La transformation de la forme scolaire induit la transformation des moyens de médiation, notamment avec les technologies émergentes.

Si avant la révolution numérique, les cours étaient dispensés à l'aide de médias essentiellement imprimés (textes imprimés, livres imprimés, examens sur papiers, etc.), aujourd'hui, les enfants ont accès à diverses technologies d'apprentissage, offrant une variété croissante d'IHM qui vont au-delà des interactions *Windows, Icons, Menus and Pointing device* (WIMP) (par exemple, ordinateur personnel) ou de la saisie tactile (par exemple, tablette, smartphone). Il peut s'agir de robots éducatifs, de systèmes utilisant de la réalité virtuelle, mixte (RM) ou augmentée, ou des interfaces tangibles et augmentées (ITA). Ces interfaces sont dites post-WIMP.

Les technologies émergentes offrent de nouveaux paradigmes d'interaction.

Elles sont couramment utilisées pour décrire les interfaces employant les nouveaux paradigmes d'interaction proposés dans la littérature dans le but de rendre l'interaction plus efficace et plus naturelle. Elles reposent sur des technologies émergentes, définies par Brangier et Valléry (2021), sur la base de quatre caractéristiques : un caractère novateur, des usages peu clairs, des limites qui ralentissent l'application et une promesse de transformation du contexte socio-économique dans lequel elles sont introduites. Peraya (1995), dans sa définition des technologies émergentes, distingue les technologies de l'éducation des technologies éducatives. Les premières concernent un processus de résolution de problème, entrepris en vue de trouver la solution à une difficulté ou pour atteindre un but. Les secondes correspondent à l'association aux processus d'enseignement de machines et d'instrumentation en vue d'aménager leur efficacité. Il situe la zone d'émergence comme l'intersection entre les usagers, les usages et les niches.

Après avoir présenté ces différentes interfaces, nous aborderons leurs limites et leurs potentiels atouts pour les apprentissages de manière non exhaustive.

a) *Les interfaces tactiles*

Les interfaces tactiles sont des surfaces numériques le plus souvent planes, qui réagissent au toucher et de ce fait détectent l'emplacement d'un doigt qui la touche ou un stylet selon la technologie utilisée. On retrouve communément les tables tactiles, les tableaux interactifs ou encore les tablettes. Certaines solutions sont composées d'un seul point de contact et d'autres de plusieurs. On parle de « *multi-touch* ».

Certains auteurs se sont intéressés à la manière dont les enfants interagissent sur écran tactile pour utiliser des applications (Aziz, 2013). Par ailleurs, de nombreuses applications ont été développées pour les apprenants. Par exemple : [Mathador](#) (Trouillot, 2016) pour apprendre les mathématiques, [GCompris](#) (KDE, 2022) un logiciel éducatif libre qui propose des activités variées aux enfants de 2 à 10 ans, ou encore l'application [édugéo](#) (Institut national de l'information géographique et forestière & Ministère de l'Éducation nationale, 2022) pour apprendre la géographie, etc.

Les avantages

Les tablettes tactiles concernent aujourd'hui tous les niveaux scolaires de l'école primaire au secondaire (Ferrière et al., 2013; Villemonteix & Khaneboubi, 2013). Des recherches en éducation ont permis de caractériser les utilisations spécifiques des technologies numériques par rapport aux technologies antérieures (Bruillard & Villemonteix, 2013). En ce qui concerne les enfants d'âge primaire, l'utilisation de tablettes favorise les interactions sociales et la collaboration entre les apprenants, offrant ainsi des opportunités de sortir des contextes de classe traditionnels (Michel et al., 2011). De plus, les tablettes sont considérées comme bénéfiques pour l'apprentissage du geste graphique chez les jeunes enfants (Jolly & Gentaz, 2013).

Neumann et Neumann (2014) ont montré le potentiel pédagogique que peuvent apporter les interfaces tactiles, notamment dans le développement de la littératie chez les jeunes enfants. Ensuite, Karsenti et Bugmann (2018) ont montré que l'utilisation des tablettes participe à la motivation scolaire des élèves, au développement de l'estime de soi, à la réussite scolaire et à l'insertion professionnelle.

Les limites

Il existe quelques limites relevées du point de vue des élèves. Cela peut, par exemple, avoir un effet distrayant (Karsenti & Fievez, 2013), ou conduire les enseignants à utiliser excessivement les manuels électroniques et à avoir des pratiques limitées en matière de production de texte (Karsenti & Fievez, 2013). Par cet exemple, il apparaît que le principal écueil concerne les pratiques professionnelles. En effet, Villemonteix et Nogry (2016) ont mis en relief les différentes contraintes apportées par l'intégration des tablettes en classe sur l'activité pédagogique des enseignants qui sont à la fois écosystémiques, institutionnelles, ergonomiques et individuelles. Selon ces auteurs, la première contrainte concerne la gestion des applications, des documents et des relations entre instruments. Par exemple, les enseignants utilisent le *cloud* pour stocker des documents, mais cette solution est perçue comme une contrainte pour des raisons d'acceptabilité. La seconde contrainte fait référence aux aspects réglementaires. Par exemple, les enseignants ne peuvent pas faire l'acquisition d'applications supplémentaires en raison du dispositif administratif mis en place. La troisième contrainte renvoie à l'ergonomie du système. Par exemple, le multifenêtrage n'existe pas sur les tablettes, le passage d'une application à une autre est embarrassant pour les plus jeunes élèves. Il faut rappeler que les tablettes n'ont pas été conçues à la base pour le milieu de l'éducation et ne sont donc pas spécifiquement adaptées au contexte scolaire. La quatrième contrainte est individuelle. Par exemple, la difficulté à discerner ce qui pourrait constituer une valeur ajoutée parmi l'abondance des applications utilisables.

Enfin, Karsenti et Bugmann (2018) insistent sur l'importance de prendre en compte la formation des enseignants aux usages du numérique et notamment aux usages des tablettes en contexte scolaire, car ces derniers constituent une difficulté pour les enseignants.

b) *La robotique éducative*

La robotique éducative a été initiée par Seymour Papert (1977) avec le langage LOGO. Il a créé un premier robot de plancher d'aspect semi-hémisphérique relié à un boîtier de commande soit par un fil, soit par une liaison infrarouge ou radiocommandée. Dans ce boîtier, il est possible d'introduire, une par une, des cartes-instructions rigides et préperforées en plastique. Pour chaque introduction de carte, l'instruction correspondante est exécutée par le robot mobile. Les

instructions permettent au robot de se déplacer. Il puise sa légitimité pédagogique dans les théories constructivistes de Jean Piaget qui consiste à apprendre en faisant. Depuis, plusieurs robots éducatifs ont été conçus. La **Figure 1** illustre quelques exemples de robots éducatifs.

Figure 1 - Quatre exemples de robots pédagogiques.



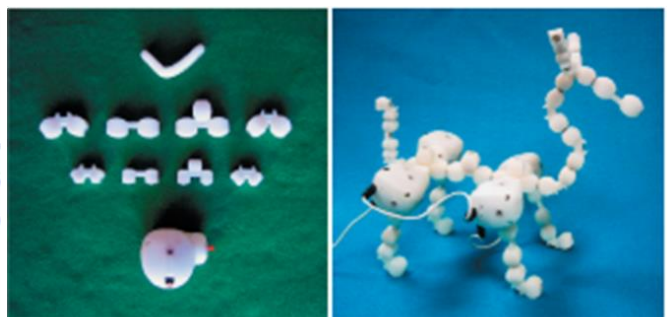
a) Curlybot (Frei, Su, Mikhak, & Ishii, 2000)



b) Thymio (Mobysa, 2012)



c) Blue-Bot et sa barre de programmation (Greff, 2016)



d) Un système Topobo et un exemple de création (Raffle, Parkes, & Ishii, 2004)

Curlybot (Frei et al., 2000) (image a) est un jouet éducatif capable d'enregistrer et de reproduire des mouvements physiques qu'on lui fait faire sur n'importe quelle surface plane en reproduisant toutes les subtilités du mouvement original. Ce robot est destiné aux enfants de 4 ans et plus. Il s'appuie sur le système *Motion Phone* de Scott Snibbe (1995). Ces systèmes capturent les gestes de la souris de l'ordinateur sur l'écran et les rejouent graphiquement. Frei et al. (2000) ont montré que Curlybot réussit à inciter les enfants de quatre ans et plus à jouer avec des concepts mathématiques et informatiques avancés d'une manière plus fluide et expressive.

Thymio (Mobysa, 2012) (image b) est un robot de sol conçu pour l'éducation. Il correspond à un projet open source qui a été développé par l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) en collaboration avec des designers de l'École Cantonale d'Arts de Lausanne. Il dispose à la fois de modes préprogrammés utiles pour mieux comprendre le fonctionnement du robot et peut être programmé à partir du logiciel Aseba. Il réagit avec l'environnement grâce à ses différents capteurs infrarouges. Par exemple, il peut éviter des obstacles en mode

« explorateur » grâce aux capteurs de proximité. Il est destiné aux élèves âgés de 6 à 14 ans. Il est utile pour découvrir l'univers de la robotique et apprendre le langage de programmation des robots.

L'image (c) présente un Blue-bot accompagné de sa planche de programmation. Blue-Bot est un robot de sol qui utilise une programmation basée sur des instructions sous forme de flèches, inspirée du langage LOGO. En plus des 4 flèches, le robot est doté d'un bouton « *clear* » pour effacer le programme en mémoire, d'un bouton « pause » permettant d'introduire une pause d'une seconde et d'un bouton « *go* » pour lancer le programme. Grâce à la connectivité Bluetooth, l'élève peut programmer le Blue-bot en disposant des cartes d'instructions de gauche à droite sur le clavier de commande. Le robot dispose également d'une application pour tablette. Comparé à son prédécesseur, le Bee-bot (Komis & Misirli, 2011), il peut être contrôlé à distance à partir d'une tablette ou d'un smartphone. Selon Greff (2016), il peut être utilisé dans des classes allant de la grande section de maternelle jusqu'au collège. Selon lui, l'objectif est de créer des programmes permettant au robot d'effectuer différentes tâches ou parcours, de se familiariser avec les notions d'espace et de temps pour anticiper les mouvements du robot et les trajets parcourus, ainsi que de résoudre des problèmes liés aux parcours.

L'image (d) montre un système Topobo avec un exemple de création (Raffle et al., 2004). Topobo est un système de modélisation actionné en 3D qui peut être assemblé en diverses configurations, puis programmé physiquement pour se déplacer. Topobo s'apparente aux jouets de construction tels que LEGO® et ZOOB®. La différence réside dans l'introduction de composants « actifs » motorisés avec une mémoire cinétique intégrée. Topobo est conçu pour modéliser à la fois la forme et le mouvement de systèmes structurels dynamiques. Selon Raffle et al. (2004), Topobo est adapté pédagogiquement pour divers âges : les élèves de 5 ans et plus peuvent utiliser Topobo pour commencer à expérimenter des concepts kinésiques tels que l'équilibre, le levier et le centre de masse et ceux qui commencent à maîtriser des conceptualisations abstraites, peuvent utiliser Topobo pour expérimenter des idées mathématiques liées aux séries et aux algorithmes.

Les avantages

L'apprentissage par la construction de robots éducatifs pourrait être considéré comme une approche prometteuse dans le domaine de l'éducation. La robotique éducative renvoie au constructionnisme de Papert et Harel (1991) qui soulignent l'importance de l'action active de construction par l'élève dans le processus d'apprentissage.

Komis et Misirli (2011) ont montré dans leur étude que l'usage du Bee-bot avec l'implémentation d'un scénario pédagogique pouvait faciliter le développement cognitif autour des notions mathématiques, de la pensée algorithmique et des stratégies de résolution de problèmes chez des maternelles. En plus des compétences cognitives, Toh et al. (2016) ont montré que la robotique éducative

pouvait faciliter les compétences conceptuelles, linguistiques et sociales. La robotique pédagogique ne se limite donc pas qu'à l'apprentissage de la programmation informatique en soi. Elle offre également la possibilité de générer des apprentissages dans des domaines disciplinaires variés, tels que les langues, les sciences et la technologie (Mubin et al., 2013). D'après Romero et Sanabria (2017), la robotique pédagogique présenterait un potentiel pour le développement des compétences du XXI^{ème} siècle (collaboration, résolution de problèmes, pensée critique, créativité et pensée informatique). Ainsi, il a été montré que les robots éducatifs améliorent les compétences d'apprentissage et de transfert des élèves de la maternelle à 12 ans, qu'ils accroissent la créativité, renforcent la diversité et l'élargissement de la participation, et améliorent le développement professionnel des enseignants (Anwar et al., 2019).

Les limites

Mondada et al. (2017) donnent cinq raisons possibles pour lesquelles les robots ne sont pas aussi répandus dans les écoles qu'ils pourraient l'être :

1. La plupart des robots restent à l'état de projet, ils ne sont pas assez matures pour être distribués et accessibles aux écoles.
2. Le coût des pièces empêche la plupart des écoles, avec un budget limité pour l'équipement, d'acquérir des robots éducatifs.
3. Intégrer des robots éducatifs dans les activités pédagogiques demande aux enseignants un investissement en temps et en formation. Par conséquent, pour être acceptés par les enseignants, les robots doivent être à la fois accessibles avec un effort minimal et accompagnés d'un matériel pédagogique bien préparé et partagé entre collègues.
4. La construction, l'utilisation et la programmation des robots sont souvent perçues comme des activités enfantines dans la société occidentale. Cela limite fortement le potentiel des robots en tant qu'outils pédagogiques à usage général, en particulier dans les écoles.
5. Enfin, de nombreux enseignants sont réticents à suivre des tendances volatiles, surtout si celles-ci sont basées sur des arguments purement commerciaux. Ils préfèrent investir dans des outils stables, contrairement aux tendances de la technologie grand public actuelle.

Spach (2019) a relevé un besoin de porter une réflexion plus approfondie sur la progressivité des apprentissages concernant les activités pédagogiques réalisées avec l'usage des robots en primaire. De plus, cet auteur et d'autres (Çakiroğlu & Kiliç, 2020) soulèvent également un manque de maîtrise conceptuelle de la part des enseignants soulignant un besoin de formation aux concepts informatiques.

c) *La réalité augmentée et la réalité virtuelle*

La réalité virtuelle, la réalité augmentée et la réalité mixte sont des technologies émergentes basées sur l'intégration d'éléments numériques virtuels dans le monde

réel : en surimpression (RA), en interaction avec des éléments de cet environnement réel (RM), ou en totale immersion de l'utilisateur dans un univers virtuel coupé du monde réel (RV) (Aniwaa team, 2021). Les termes RV, RA renvoient donc à des technologies et des implications différentes. La réalité virtuelle offre une immersion totale dans un environnement entièrement numérique et fictif, généralement à l'aide d'un casque. En revanche, la réalité augmentée permet d'ajouter des éléments numériques à la réalité, souvent par superposition à l'aide de lunettes ou d'un appareil mobile (M. Wang et al., 2018).

Milgram et Kishino (1994) ont développé une perspective unifiée de ces techniques en proposant un continuum qui va de l'environnement réel, correspondant au monde physique non altéré par le numérique, jusqu'à l'environnement virtuel, représentant la RV. Sur cet axe horizontal, ils ont identifié des étapes intermédiaires qu'ils appellent RM, où le curseur peut être positionné pour offrir une augmentation du réel dans le virtuel ou vice versa. Ils utilisent les termes de RA et de Virtualité Augmentée (VA) en fonction de la proportion d'objets réels ou virtuels présents dans ces environnements intermédiaires (voir **Figure 2**).

Figure 2 - Continuum proposé par Milgram



La réalité virtuelle

Fuchs et al. (2000), dans le volume 1 du traité de la réalité virtuelle, mentionne que la réalité virtuelle permet à l'utilisateur « *de s'extraire de la réalité physique pour changer virtuellement de temps, de lieu et (ou) de type d'interaction : interaction avec un environnement simulant la réalité ou interaction avec un monde imaginaire ou symbolique* ».

Un environnement virtuel est donc une représentation visuelle tridimensionnelle d'un environnement réel, qui offre également la possibilité d'envoyer des informations sensorielles à l'utilisateur et de lui permettre de réagir en conséquence. Ces informations peuvent utiliser des retours haptiques (par exemple : des vibrations), visuels (par exemple : des couleurs, des textures), sonores (par exemple : des voix, de la musique), kinesthésiques (par exemple : des sensations d'équilibre, de vitesse), ou olfactifs (par exemple : des odeurs virtuelles en lien avec la cuisine ou le parfum). La Réalité Virtuelle englobe un ensemble de techniques et de technologies qui permettent à l'utilisateur de s'immerger dans un environnement

virtuel et d'interagir en temps réel avec celui-ci à l'aide d'interfaces comportementales (Fischer & Troussier, 2004).

Il existe plusieurs types de systèmes permettant l'application de la réalité virtuelle. Ces systèmes varient en complexité technologique et en degré d'immersion possible pour l'utilisateur. Un type particulier de système dit immersif est fréquemment utilisé, car il permet à l'utilisateur d'être complètement immergé dans la RV. Cette immersion est permise par divers systèmes, dont la combinaison d'un visiocasque et d'un capteur de localisation (*tracker*).

Diverses applications pédagogiques en réalité virtuelle ont été développées dans plusieurs matières, telles que les langues, Histoire-Géographie, sciences de la Vie et de la Terre (SVT), etc. (voir des exemples sur le site : <https://www.xrpedagogy.com/fr/applications-de-realite-virtuelle/>).

La réalité augmentée

Contrairement à la RV, la réalité augmentée est un système qui ajoute des objets virtuels au monde réel, donnant ainsi l'illusion qu'ils coexistent dans le même espace que le monde réel (Azuma, 1997).

Ainsi un système de RA doit être capable de :

- Combiner des objets réels et virtuels dans un environnement réel,
- Fonctionner de manière interactive et en temps réel,
- Respecter la perspective et la représentation en trois dimensions.

La technologie fonctionne par l'intermédiaire d'un système qui filme le monde réel et y ajoute en direct des objets virtuels, animations, textes, données, sons que l'utilisateur visionne à partir de l'écran. Il peut s'agir d'un smartphone, d'une tablette tactile, d'une paire de lunettes, d'un casque ou d'un système d'affichage tel qu'un vidéoprojecteur.

Diverses applications pédagogiques utilisent de la RA, par exemple :

- [*Mirage Make*](#) permet d'augmenter un document papier en liant directement des contenus numériques comme des images, des sons ou des vidéos en réalité augmentée.
- [*Halo AR*](#) est une alternative à Aurasma (aussi appelé HP Reveal). C'est une application qui simplifie la création de RA permettant de réaliser un projet en quelques minutes.
- [*Foxar*](#) est une application qui propose des maquettes animées et interactives en 3D pour faciliter les représentations mentales des apprenants.

Avantages

En éducation, plusieurs chercheurs ont montré l'impact positif de la RA et de la RV sur la motivation des élèves (Altinpulluk, 2019; Cook et al., 2019; Cooper et al., 2019; Edwards et al., 2019; Lewis et al., 2021; Redondo et al., 2020). D'autres chercheurs

ont montré que la RV permet un sentiment d'immersion (Edwards et al., 2019; Jensen & Konradsen, 2018; Ramirez & Labarge, 2018). D'autres encore, ont montré que la RV et la RA permettent l'interaction et la collaboration (Altinpulluk, 2019; Redondo et al., 2020; Roo, 2017). Dans leur revue, Lewis et al. (2021) liste les différents avantages de ces technologies :

- Permettre la manipulation sécurisée d'objets dans des environnements dangereux.
- Réduire les coûts de formation, en particulier dans les domaines nécessitant des investissements importants comme la chimie et la biologie.
- Offrir la possibilité de visiter des sites géographiques éloignés et d'accéder à des univers autrement inaccessibles.
- Accroître le contrôle de l'apprentissage et offrir une expérience sensorielle similaire à celle de l'apprentissage naturel chez les enfants.
- Améliorer l'acuité spatiale, la créativité et les processus métacognitifs des apprenants.
- Faciliter la communication en temps réel avec des experts, notamment grâce aux dispositifs portables tels que les casques de réalité virtuelle, qui ouvrent des perspectives innovantes dans les domaines médical et éducatif.
- Favoriser la motivation, l'engagement et le transfert des connaissances.
- Faciliter l'interaction et améliorer la collaboration entre apprenants et enseignants.
- Réduire la charge cognitive et améliorer la mémoire de travail et la rétention d'informations.
- Améliorer la compréhension de phénomènes abstraits et complexes, notamment avec l'utilisation d'applications haptiques dans les laboratoires.

Limites

Cependant, Lewis et al. (2021) soulignent également certaines limites de ces technologies :

- Des investissements financiers importants sont nécessaires pour la mise en place de la technologie et la formation du personnel éducatif.
- Il existe un manque d'études exhaustives sur les performances de la RV en termes d'acquisition et de rétention des connaissances concrètes.
- Les questions de cybersécurité et d'éthique doivent être abordées,
- Certains problèmes peuvent survenir en raison de l'utilisation d'applications non conformes ou mal conçues, ainsi qu'en raison d'une formation insuffisante des enseignants,
- Il existe un manque de recherches pour évaluer les impacts psychologiques de la RV, en particulier chez les jeunes enfants,
- Des traumatismes physiologiques et des changements comportementaux peuvent survenir chez les individus.

De plus, Chang et al. (2019) nous mettent en garde concernant l'utilisation d'un artefact pédagogique en RV sur la possibilité d'augmenter la charge de travail ou le

temps d'enseignement. Ensuite, Cook et al. (2019) mentionnent que plusieurs apprenants ont vécu un cybermalaise. Enfin, plusieurs articles indiquent que la principale limite des technologies virtuelles éducatives est liée à la conception de contenus et des usages pédagogiques (Hite et al., 2019; Jensen & Konradsen, 2018; Lee & Shea, 2020).

d) *Les interfaces utilisateurs tangibles (ITA)*

Les interfaces tangibles partagent avec la réalité augmentée la particularité de prendre en compte l'environnement physique (objets, espaces) pour interagir avec le monde numérique.

Les interfaces tangibles (ou *Tangible User Interfaces*) ont été initialement définies, au milieu des années 90, par les travaux de Fitzmaurice et al. (1995). Les auteurs ont proposé un nouveau type d'interface utilisateur qu'ils ont nommé, *Graspable user interface*, une interface utilisateur qu'on peut saisir, manipuler, qu'ils différencient des *Graphical User Interface* (GUI). Ensuite, Ishii et Ullmer (1997) ont repris leurs travaux en soutenant l'idée que les objets tangibles et les supports ambiants (exemples : lumière, son, flux d'air) offriront une expérience multisensorielle beaucoup plus riche de l'information numérique. Puis, Shaer et Hornecker (2010) ont défini ces interfaces utilisateurs comme « *un type d'interface post-WIMP qui vise à fournir des représentations tangibles aux informations et aux contrôles numériques, permettant aux utilisateurs de saisir littéralement les données avec leurs mains* ». Sur la base des travaux précédents, dont la taxonomie de Fishkin (2004), Markova et al. (2012) ont proposé une définition commune à toutes les interfaces tangibles.

Une interface utilisateur tangible est donc une extension du monde digital qui est touchable et manipulable physiquement, et dont la manipulation a un impact sur l'état du monde digital. Quatre critères doivent être respectés afin de correspondre à une interface tangible :

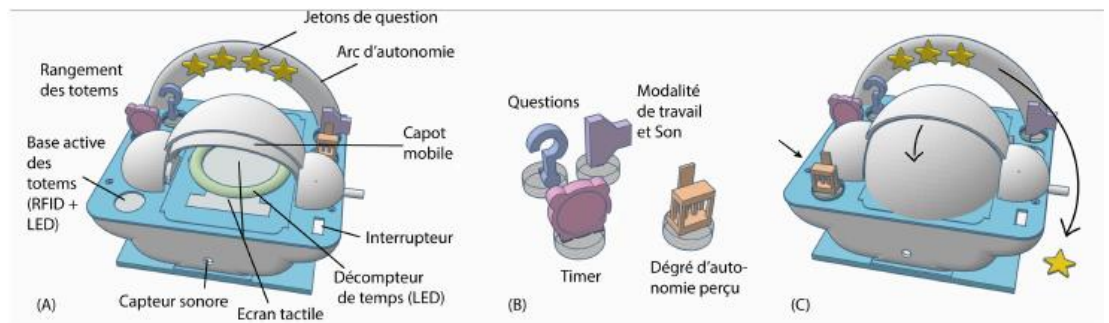
1. Objets tangibles : les ITA doivent posséder un ou plusieurs objets tangibles qui sont utilisés comme dispositif d'« entrée » et éventuellement comme dispositif de « sortie ». Les deux dispositifs pouvant être différents.
2. Données embarquées / jumelées : les ITA sont des systèmes où les techniques d'interaction d'« entrée » (par exemple : pointer pour sélectionner) et de « sortie » (par exemple : affichage visuel du changement de couleur de l'objet sélectionné) doivent être colocalisées et synchrones. Cela veut dire que lorsqu'un utilisateur fait une action, le feedback produit doit apparaître dans son voisinage proche, que ce soit sur un objet tangible ou sur un écran.
3. Métaphore : il doit y avoir une analogie entre le monde digital et le monde réel. Les objets et actions du monde réel doivent correspondre à leur représentation du monde digital.

4. Continuité : un utilisateur ne cesse pas d'interagir avec une ITA. L'interface invite toujours l'utilisateur à interagir avec elle.

Fleck (2020) complète cette définition pour le contexte de l'apprentissage en caractérisant la tangibilité comme quelque chose de concret, qui met en évidence un élément de réalité, ayant une existence matérielle, le plus souvent par le biais d'un objet physique, qui soit manipulable par l'utilisateur, lui donnant ainsi une part de contrôle de l'activité. Une interface tangible doit être également porteuse de sens pour son utilisateur (incarnation / affordance) et perceptible dans l'environnement (fais appel aux sens). Une ITA correctement conçue devrait permettre de littéralement saisir les informations ou les tâches auxquelles elle est associée.

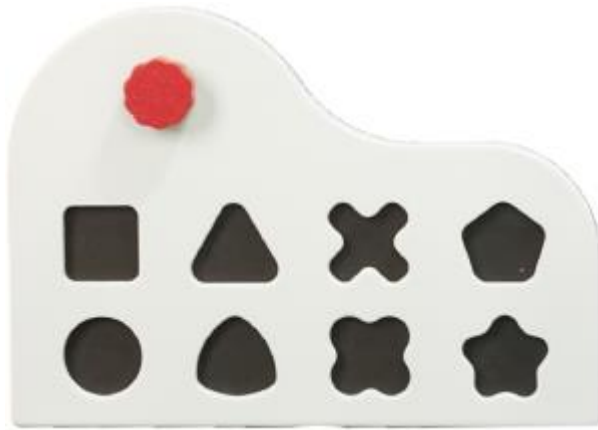
Nous présentons ici quelques exemples de ITA développées pour l'apprentissage et permettant d'illustrer le concept.

Figure 3 - TanISE (Faedda et al., 2021)



La **Figure 3** illustre TanISE (Faedda et al., 2021), un prototype d'interface utilisateur tangible pour soutenir l'apprentissage de l'auto-régulation par des élèves à l'école primaire. Elle a été conçue pour aider l'élève à contractualiser, auto-évaluer et contrôler plusieurs dimensions : la gestion du temps de travail, la nécessité ou non d'obtenir de l'aide, son comportement dans le travail et son degré de confiance et d'autonomie. Elle est composée d'objets tangibles que les auteurs appellent « totems ». Il y a un totem « timer » qui permet de déterminer la durée de l'activité, un totem « questions » qui permet à l'élève de déterminer le nombre de questions qu'il pense avoir besoin de poser pendant l'activité, un totem « modalité de travail et son » pour définir combien de personnes vont travailler sur la tâche (seul, binôme ou groupe) pour définir un seuil de décibel acceptable et un totem « autonomie dans le travail » permettant d'auto-évaluer et moduler son sentiment d'autonomie durant l'activité en cours et signaler une demande d'aide si nécessaire.

Figure 4 - Kibo (Amico & Ludovico, 2020)



Kibo (Amico & Ludovico, 2020), représenté par la **Figure 4**, est un contrôleur MIDI en bois doté d'une interface utilisateur tangible simplifiée. Il présente huit solides géométriques amovibles qui peuvent être utilisés pour déclencher des événements de notes et contrôler des paramètres musicaux. Lorsqu'il est correctement intégré à une méthode pédagogique, Kibo peut promouvoir l'éducation musicale par la technologie afin de faciliter la coopération, l'inclusion sociale et les échanges culturels.

Figure 5 - ITA pour la Trigonométrie (Urrutia et al., 2019)



La **Figure 5** concerne une interface pour l'apprentissage de la trigonométrie (Urrutia et al., 2019). L'interface comporte des objets tangibles permettant de contrôler des éléments numériques sur une GUI affichée sur un écran. Les contrôleurs sont actionnés à l'aide de plusieurs gestes (glisser, appuyer, tourner) et sont répartis en deux zones ayant des objectifs distincts. La zone supérieure de l'écran est destinée à l'instructeur où une série de commandes lui permet de naviguer dans le contenu, de basculer la visualisation des informations et d'activer ou de désactiver le son. La zone inférieure de l'écran est destinée aux élèves pour manipuler les éléments et les paramètres de l'interface et naviguer dans les différentes sections de la séquence.

L'interface comporte une commande rotative, un anneau de trente-deux centimètres qui peut être tourné sur 360 degrés. L'interface tient compte des avantages de l'intégration de plusieurs sens périphériques (vision, toucher et son) en tant que stratégie d'enseignement et d'apprentissage. Le son va permettre de mettre en évidence les informations pertinentes et de représenter les concepts trigonométriques.

Figure 6 - *La BeatTable* (Bumbacher et al., 2013)



La Figure 6 représente la *BeatTable* (Bumbacher et al., 2013), une table physique dotée d'un environnement numérique qui peut être contrôlée par des instruments tangibles et qui, grâce à un retour auditif et visuel immédiat, met en évidence les relations entre les mathématiques et la musique. Le matériel utilisé comprend une table, une caméra, un ordinateur et un projecteur.

Figure 7 - *Teegi* (Fleck et al., 2018)



La **Figure 7** présente Teegi⁴ (Fleck et al., 2018; Frey et al., 2014; Frey et al., 2017), un personnage physique qui met en évidence les régions cérébrales impliquées dans les mouvements des mains, des pieds et la vision. Cette version interactive de Teegi permet à l'utilisateur de le manipuler directement pour apprendre sur le fonctionnement du cerveau, sans avoir besoin d'être connecté à un système de mesure de l'activité cérébrale. Les différentes visualisations sont déclenchées lorsque l'utilisateur manipule les mains et les pieds de Teegi ou lorsqu'il lui ferme les yeux, mettant ainsi en évidence les aires cérébrales associées à ces actions.

Avantages

Dans leur revue, Liang et al. (2021) ont mis en avant les nouvelles possibilités d'apprentissage créatif permises par les ITA. De plus, ces chercheurs ont listé plusieurs avantages concernant les ITA. Ces dernières sont conviviales pour les novices, elles favorisent le processus et le développement cognitif des enfants, elles encouragent leurs initiatives, la communication et la collaboration dans un contexte authentique.

Selon Shaer et Hornecker (2010), les ITA :

- Soutiennent l'apprentissage collaboratif,
- Permettent aux utilisateurs de rester situés dans le monde réel, facilitent la pensée tangible, c'est-à-dire la pensée par des actions corporelles, des manipulations physiques et des représentations tangibles,
- Permettent aux utilisateurs de réfléchir et de communiquer par des gestes non contraignants tout en interagissant avec un système,
- Tendent à faciliter les actions épistémiques, permettent une représentation tangible de l'information numérique,
- Permettent un multiplexage spatial et une interactivité directe,
- Permettent des affordances, c'est-à-dire qu'en voyant l'objet, l'utilisateur va comprendre sa fonction et savoir comment l'utiliser.

De plus, les ITA pourraient soutenir les compétences spatiales des très jeunes enfants (entre 2 et 4 ans) en permettant un apprentissage ludique, en rendant la narration plus concrète et en fournissant des effets d'incarnation par la physicalité (Baykal et al., 2018).

Selon Krestanova et al. (2021), une interface tangible est plus avantageuse pour le processus d'apprentissage que les méthodes d'apprentissage classiques. En effet, De Raffaele et al. (2018) ont montré dans leur étude que les étudiants qui avaient

⁴ Une étude a été réalisée pour évaluer l'utilisabilité et le potentiel pédagogique de Teegi auprès d'élèves du primaire. Ce travail a fait l'objet d'une contribution scientifique.

Référence : Fleck, S., Baraudon, C., Frey, J., Lainé, T., & Hachet, M. (2018). "Teegi's so Cute!": Assessing the Pedagogical Potential of an Interactive Tangible Interface for Schoolchildren. Paper presented at the IDC 2018-17th Interaction Design and Children Conference.

utilisé la ITA obtenaient plus de connaissances par rapport à ceux utilisant une GUI. Krestanova et al. (2021) disent également que les ITA stimulent l'intérêt des gens, que les élèves explorent des propositions alternatives et s'impliquent davantage dans la classe et que les problèmes et le chemin vers une solution sont perçus comme amusants.

Kubicki et al. (2012) ont indiqué que les tables interactives peuvent fournir une aide aux personnes (enfants et adultes) ayant des difficultés à communiquer (telles que celles atteintes de troubles autistiques) ou des problèmes liés à l'apprentissage (personnes présentant une déficience intellectuelle).

Les ITA offrent des méthodes nouvelles et efficaces pour enseigner dans divers domaines d'apprentissage. Nous avons précédemment donné quelques exemples de travaux concernant la conception de ITA pour l'apprentissage, mais il en existe de nombreux autres. Pour ne citer que quelques domaines d'apprentissage, il y a la topographie (Millar et al., 2018), le *Machine Learning* (ML) (Kaspersen et al., 2021), la chimie (Fjeld & Voegtli, 2002), etc.

Liang et al. (2021) ont montré que les contextes les plus courants d'utilisation des ITA pour l'apprentissage créatif des enfants étaient l'école, l'atelier et le musée.

Limites

Une des limites soulevées par Liang et al. (2021), concernant les ITA, est que la plupart des études n'ont pas fait l'objet d'une vérification expérimentale à long terme avec une taille d'échantillon suffisante et une évaluation objective. Une autre limite décrite par ces chercheurs indique que certaines conceptions de ITA manquent d'équilibre entre abstraction, ouverture, richesse et complexité. Puis, ils précisent que l'utilisation des ITA tient peu compte du rôle de l'enseignant. Ensuite, Krestanova et al. (2021) énoncent quelques limites concernant les ITA d'un point de vue technologique, telles que la méthode de leur alimentation en énergie et leur indépendance énergétique par exemple. La taille de l'objet conditionne le choix de la batterie et limite donc le choix de la taille et de la capacité de la batterie. Un autre exemple de problème technologique que nous pouvons rencontrer avec les ITA peut concerner le traitement de l'image où le suivi des marqueurs peut être compliqué en raison d'une grande distance par rapport à la table ou dû à une mauvaise situation d'éclairage. Enfin, Shaer et Hornecker (2010) ont identifié plusieurs limites des ITA. Ces limites concernent :

- L'évolutivité et le risque de perte d'objets physiques. La conception de représentations tangibles plus grandes peut poser problème, car celles-ci prennent plus de place.
- La versatilité et la malléabilité. Les objets physiques sont rigides, statiques, concrets et spécialisés pour créer des affordances. Comme les objets ne sont pas transformables, le système ne peut pas les modifier en objets différents ou modifier leurs propriétés physiques (par exemple, changer leur texture).

De plus, une ITA est généralement conçue pour faciliter un ensemble limité de tâches. Elle n'est donc pas très polyvalente, du fait que la représentation tangible, qui une fois choisit, n'est plus modifiable.

- La fatigue utilisateur. Les objets physiques des ITA sont constamment soulevés et déplacés, ce qui constitue leur principale modalité d'interaction. Il est donc essentiel de prendre en compte la taille, le poids, l'ergonomie et les contraintes à long terme de l'activité manuelle nécessaire pour effectuer les actions dans la conception physique des objets et d'impliquer les enfants dans le processus de conception.

e) En guise de conclusion

Les technologies numériques apportent de nouvelles possibilités d'enseigner et d'apprendre.

Les technologies numériques émergentes ouvrent de nouvelles possibilités d'interaction avec les savoirs et avec les autres au sein des communautés d'apprentissage ou d'enseignement (Fleck & Massou, 2021). Elles offrent également une expérience utilisateur et une expérience d'apprentissage à fort potentiel motivationnel (Anwar et al., 2019; Rikala et al., 2013; Rizza & Mahmoud, 2010). De plus, elles apportent une évolution des environnements de travail, des interactions enrichies, l'autonomie de l'apprenant face aux connaissances, le travail collaboratif (Rizza & Mahmoud, 2010).

Sous-utilisation des technologies émergentes en classe.

Toutefois, ces technologies numériques restent sous-utilisées en classe. Plusieurs facteurs peuvent en être la cause. La formation des enseignants à l'utilisation, aux usages des technologies émergentes et aux concepts informatiques est déficiente (Karsenti & Bugmann, 2018; Lewis et al., 2021; Spach, 2019). De plus, certains systèmes ou applications sont mal conçus, non conformes au contexte scolaire, ou peu matures (Lewis et al., 2021; Liang et al., 2021; Villemonteix & Nogry, 2016). D'autres mentionnent le manque de développement des applications éducatives (Kavanagh et al., 2017) ou encore le manque de conception pédagogique des systèmes (Hite et al., 2019; Jensen & Konradsen, 2018; Lee & Shea, 2020). Ensuite, l'équipement des élèves et des salles de classe est coûteux en termes d'argent (Lewis et al., 2021; Mondada et al., 2017) et de charge de travail pour le personnel éducatif (Chang et al., 2019; Mondada et al., 2017). L'enquête PROFETIC (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2018) confirme ce que montrent les chercheurs puisque 39% des enseignants du second degré de moins de 30 ans ont déclaré qu'ils utiliseraient davantage le numérique si les équipements étaient plus disponibles, performants et mieux adaptés.

Formation des enseignants à l'utilisation des TICE insuffisante.

Manque de développement d'applications éducatives performantes et adaptées au contexte scolaire.

Ben Abid-Zarrouk (2018) a montré que le système éducatif français a adopté une approche descendante (*top-down*) pour intégrer des TIC, c'est-à-dire que l'intégration a été décidée par les pouvoirs centraux et est ainsi imposée à l'ensemble du système éducatif et par conséquent aux enseignants à travers de grands plans nationaux. Or, cette approche, au regard des recherches internationales, semble avoir été peu efficace. Il recommande alors d'utiliser une approche ascendante (*Bottom-up*) qui suggère que l'innovation doit partir du bas, c'est-à-dire des enseignants et/ou éventuellement des chefs d'établissements qui sont sur le terrain.

L'intégration de TICE reposant sur des technologies émergentes en classe implique à l'école de revoir son infrastructure et entraîne la conception de nouveaux espaces pédagogiques. Afin que les utilisateurs – enseignants et élèves – puissent se servir des TICE, il est nécessaire de développer des environnements technopédagogiques qui répondent à leurs besoins et attentes du terrain. Cela suppose que les TICE soient performantes, utiles à l'enseignement et aux apprentissages pour assurer *in fine* son acceptabilité auprès des utilisateurs. Afin d'améliorer l'expérience utilisateur avec ces TICE, il semble pertinent d'avoir recours à une approche de conception centrée utilisateur et de conception participative.

1.2.3.3 Espaces pédagogiques

La transformation de la forme scolaire comprend la transformation des espaces pédagogiques en termes d'architecture et d'aménagements.

Compte tenu de l'évolution des besoins d'apprentissage des élèves du XXI^{ème} siècle, les changements dans les pratiques d'enseignement et l'intégration de la technologie s'accompagnent de plus en plus de modifications de l'environnement architectural et matériel de la salle de classe. En effet, des projets proposant des espaces alternatifs à la forme traditionnelle de la classe voient le jour à l'intérieur de l'école, comme la démarche Archiclasse, la classe flexible, ou encore le *fablab* à l'école. Les gouvernements investissent pour l'école de demain dans une architecture qui se fonde sur des espaces ouverts, flexibles, modulables et laissant entrer la lumière naturelle (Bluteau, 2022).

a) **Archiclasse**

Le ministère de l'Éducation et de la Jeunesse (MENJ) a conçu la démarche Archiclasse (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2022a) pour accompagner les collectivités territoriales, mais aussi l'ensemble des acteurs de l'École dans ce mouvement de réflexion sur la forme scolaire.

Archiclasse accompagne les décideurs, collectivités, acteurs de l'école, équipes techniques dans la définition de leurs projets. Il expose également les projets nationaux de construction ou de rénovation déjà réalisés et facilite la mise en relation des acteurs de ces projets et futurs projets.

De plus, Archiclasse propose différents documents pour s'informer et des outils pour accompagner les établissements dans leur projet de rénovation :

- La **boîte à outils Archiclasse** (Ministère de l'Éducation et de la jeunesse, 2022a) propose une classification des espaces pédagogiques en fonction de leurs usages pédagogiques, de leur configuration et des équipements numériques associés (voir **Figure 8**).

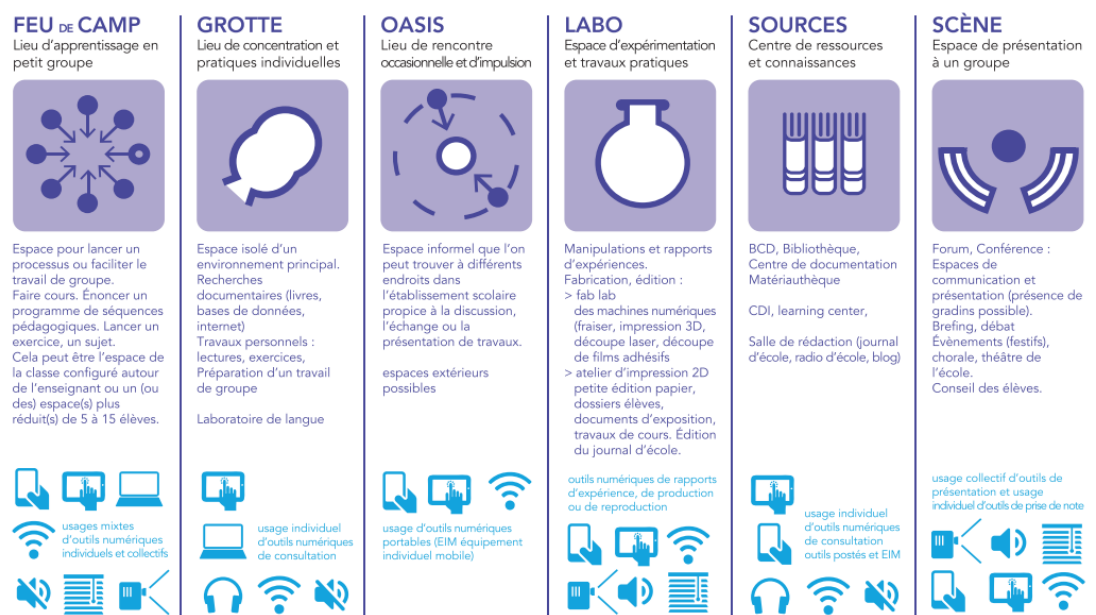
À l'intérieur de cette boîte se trouve des ressources et des informations utiles pour concevoir et aménager des espaces pédagogiques adaptés aux besoins des apprenants. La classification proposée permet d'identifier les différents types d'espaces en fonction de leurs fonctionnalités et de leurs équipements,

offrant ainsi un cadre de référence pour la planification et la conception des espaces éducatifs.

Des aménagements d'espaces en fonction des usages pédagogiques en lien avec le numérique.

Cette boîte à outils Archiclasse est un guide pratique qui offre des conseils et des exemples concrets pour créer des environnements d'apprentissage favorables, en mettant l'accent sur l'intégration des technologies numériques dans les espaces pédagogiques. Elle constitue une ressource précieuse pour les professionnels de l'éducation souhaitant repenser et améliorer leurs pratiques pédagogiques en utilisant des espaces adaptés et stimulants.

Figure 8 - Typologies d'espaces pédagogiques associés au numérique (Ministère de l'Éducation et de la jeunesse, 2022a).



- **ArchiLab** (voir Figure 9) est un outil collaboratif conçu pour faciliter la conception d'aménagements d'espaces pédagogiques. Il se présente sous la forme d'un plateau où l'on peut manipuler différentes pièces afin de matérialiser des concepts d'organisations pédagogiques.

ArchiLab permet aux utilisateurs de visualiser et d'expérimenter des idées d'aménagement d'espaces en les concrétisant physiquement. Les pièces manipulables représentent différents éléments liés à l'organisation pédagogique, offrant ainsi la possibilité d'explorer différentes configurations et d'échanger des idées avec les collaborateurs.

Cet outil favorise la conception partagée en permettant aux acteurs impliqués de collaborer activement dans la création d'aménagements adaptés à leurs besoins et objectifs pédagogiques. ArchiLab offre ainsi une

approche pratique et visuelle pour réfléchir à la conception d'espaces pédagogiques inspirants et fonctionnels.

Figure 9 - Archilab



- **Archistart** (voir **Figure 10**) est un kit d'exploration pédagogique qui propose une approche alternative de l'école. Il se présente sous la forme de cartes et de jetons manipulables, permettant aux enseignants d'échanger des connaissances, des références et des exemples de pratiques pédagogiques afin de construire ensemble des aspirations communes

Archistart peut être utilisé en complément de la démarche archiclasse ou de manière autonome. Il ouvre le débat sur l'évolution des pratiques pédagogiques et leur environnement.

Le kit est composé de trois jeux qui peuvent être utilisés de manière séquentielle ou indépendante :

- o Jeu 1 QUOTIDIEN : ce jeu vise à favoriser les échanges et à situer les participants parmi différentes organisations pédagogiques,
- o Jeu 2 POSSIBLE : l'objectif de ce jeu est d'associer des cartes illustrées afin d'explorer de nouvelles formes d'organisation scolaire,
- o Jeu 3 IMAGINABLE : ce jeu consiste à assembler des cartes et des connecteurs pour construire notre vision idéale de l'école.

Figure 10 - Archistart



b) Classe flexible

Des espaces flexibles.

Le concept de classe flexible (*flexible seating*) provient des États-Unis et du Canada. Il s'est étendu ensuite dans les pays scandinaves. Désormais, il est arrivé en France dans les écoles à pédagogie alternative et commence à s'introduire dans les écoles traditionnelles. Ces classes se retrouvent principalement dans l'enseignement en maternelle et primaire (Bluteau et al., 2022; Connac et al., 2022; Del'Homme, 2018; Leroux et al., 2021; Leroux et al., 2022; Thibaut & Éric, 2022).

La transformation de la forme scolaire concerne la transformation de la posture enseignante.

La classe flexible est une méthode d'aménagement de l'espace d'enseignement que représente la classe et c'est aussi un choix pédagogique où la posture des enseignants et des élèves est repensée (Connac et al., 2022; Desrosiers & Laquerre, 2022). Ce modèle d'aménagement de l'espace est évolutif et s'adapte en fonction des besoins des enseignants et des élèves (Leroux et al., 2021).

C'est dans ce sens que Kariippanon et al. (2018) présentent les « *flexible learning spaces* », comme des environnements d'apprentissage qui « *contiennent une variété d'options de mobilier dans un espace relativement ouvert, qui peut être configuré de manières variées pour favoriser une gamme d'expériences d'apprentissage et créer des occasions de travail à la fois individuel et collaboratif, tout en utilisant diverses technologies pour faciliter un enseignement et un apprentissage personnalisés* ».

Bluteau (2022) souligne qu'un tel modèle de salle de classe offre une plus grande diversité de choix en termes d'assises (fauteuils, vélo stationnaire, tables ajustables,

tabourets oscillants, etc.), de surfaces de travail variées, de tailles et de hauteurs de sièges, ainsi que de positions corporelles. Il comprend également des espaces adaptés aux objectifs pédagogiques et aux comportements attendus, tels que des zones de lecture, de concentration, de collaboration, d'évaluation, etc. Selon cette approche, l'architecture, l'aménagement et la pédagogie doivent être pensés en fonction des besoins de développement des élèves afin de créer un environnement d'apprentissage optimal.

Pour Connac et al. (2022), une classe flexible est agencée en îlots et en coins dispersés, permettant une grande mobilité. Ils décrivent un espace comprenant des tables amovibles dédiées au travail de groupe, à la lecture et à la consultation de documents, des tapis de sol, des espaces de jeu et de création, des ordinateurs ou des tablettes numériques, ainsi que des tableaux mobiles pour les explications ponctuelles. Parfois, une mezzanine ou des extensions dans les couloirs sont également aménagées pour optimiser les surfaces disponibles. Selon ces chercheurs, la classe est flexible non seulement en ce qui concerne l'abandon de la disposition traditionnelle en rangées face au tableau, mais aussi en termes de mobilité des espaces grâce à un mobilier modulable. De plus, les déplacements sont facilités pour permettre à chacun de s'installer en fonction de la tâche à accomplir.

Le principe de ces classes flexibles est d'aménager l'espace d'apprentissage de telle sorte que les apprenants puissent trouver la position qui leur procure le plus de confort et de concentration lors de l'activité qu'ils doivent réaliser (Connac et al., 2022). Les élèves sont libres de choisir leur espace de travail dans la classe, leurs modalités (seul, en binôme, en groupe), leur position (assis, debout, couché) en fonction de l'activité pédagogique (Del'Homme, 2018).

Ce type de dispositif améliore principalement : l'autonomie, la prise d'initiatives, la responsabilité (Havig, 2017; Leroux et al., 2021), l'auto-régulation (Erz, 2018; Kariippanon et al., 2018; Laquerre, 2018; Leroux et al., 2021). Ainsi, l'élève est un apprenant actif, conscient à la fois de ses faiblesses, mais aussi de ses forces, ce qui lui permet de choisir son espace et son activité en fonction de ses besoins, mais aussi d'aider ses camarades. Cette pédagogie favorise la confiance en soi chez l'élève, mais aussi entre les élèves et l'enseignant. Kariippanon et al. (2018) ajoutent que ces espaces flexibles seraient plus agréables, confortables, inclusifs et permettraient une plus grande interaction.

En somme, les espaces d'apprentissage flexibles offrent des possibilités d'aménagement et de configuration variées, favorisant ainsi une diversité de postures, de choix d'assises et de surfaces de travail. Ces espaces permettent de répondre aux besoins pédagogiques spécifiques et de favoriser la mobilité des apprenants en fonction des tâches à réaliser.

D'après des enseignantes, l'aménagement flexible de la classe contribuerait à la satisfaction de plusieurs besoins chez les élèves de primaire, tels que la sécurité, la signifiante et l'affiliation, de même qu'à certaines dimensions de leur bien-être, telles que les émotions positives, l'engagement, et les relations positives des élèves ; et aussi composantes de leur bien-être, telles que les capacités de l'élève, leur santé mentale, de même que leurs compétences sociales et émotionnelles, l'adaptation de

l'environnement physique aux besoins matériels et spatiaux des élèves et enfin l'établissement d'un climat scolaire positif et sécurisant pour les élèves (Leroux et al., 2022). De plus, l'aménagement flexible de la classe favoriserait la différenciation, en réponse aux besoins des élèves et des enseignantes, considérant la souplesse dans l'organisation des espaces, des ressources et des apprentissages (Leroux et al., 2021).

Puis, selon Desrosiers et Laquerre (2022), les élèves traversent un processus réflexif composé de trois phases : exploration, découverte et savoirs d'expérience. Ce cheminement leur permet de faire un choix éclairé quant à leur espace de travail, en se basant sur des critères de sélection tels que des attributs de l'environnement (humains et non-humains), la tâche à accomplir et leurs propres caractéristiques en tant qu'individus. Ces critères prioritaires contribuent à leurs apprentissages et favorisent l'autorégulation et le développement de connaissances métacognitives, grâce aux conditions offertes par la classe flexible.

En outre, Leroux et al. (2022) soutiennent que ce type d'aménagement facilite la mise en œuvre de différentes compétences professionnelles chez les enseignants et contribue à leur bien-être. Leurs recherches démontrent que la classe flexible permet aux enseignants de mettre en place des pratiques pédagogiques et de gestion des apprentissages favorables au bien-être des élèves. Elle offre également un environnement physique adapté aux besoins des élèves, favorise un climat scolaire positif et sécurisant, aide à la gestion de classe et des comportements, et contribue au bien-être des enseignants en renforçant leur sentiment d'efficacité personnelle et collective, ainsi que leurs compétences sociales et émotionnelles. Les enseignants témoignent également que la classe flexible facilite la gestion de classe, la motivation, l'animation et la différenciation.

Cependant, Connac et al. (2022) soulignent la nécessité de prendre certaines précautions pour tirer pleinement parti des libertés offertes par les aménagements flexibles. Il est important de former les élèves à la coopération pour éviter les malentendus, de mettre en place des dispositifs limitant les libertés afin de favoriser l'autorégulation, et de réfléchir aux différentes postures possibles des enseignants pour concilier apprentissage et enseignement. Ils ajoutent : « *L'enjeu d'une réussite d'aménagements de classes flexibles réside ainsi dans la capacité des acteurs à (re)penser leur espace de travail en instituant des temps de réflexions pour faire de l'école un lieu d'échanges et d'interactions sociales élargies au milieu qui l'entoure.* ».

La classe flexible est également une approche pédagogique centrée sur l'élève et ses besoins, offrant une plus grande possibilité de différenciation pédagogique pour répondre à l'hétérogénéité des apprenants. Elle favorise l'autonomie des élèves, tant dans le choix de leur mobilier ou de leur assise que dans la sélection de leurs activités d'apprentissage (Bluteau et al., 2022). La classe flexible encourage le « lâcher-prise » sans forcément faire disparaître les règles au sein de la classe. Cette posture permet à l'élève d'être un apprenant autonome et responsable où l'enseignant sort d'une posture transmissive pour se positionner comme accompagnateur. Il est un facilitateur d'apprentissage (Kariippanon et al., 2018) et repense les temps d'apprentissage. Il met à disposition un emploi du temps

modulable dans lequel les élèves choisissent les activités qu'ils souhaitent réaliser selon un plan de travail, et propose des ressources aux élèves ainsi que des parcours individualisés. Toutefois, selon Bluteau et al. (2022), des questions demeurent, concernant le rôle de l'enseignant et son implication pédagogique afin de favoriser l'adaptation de l'aménagement physique en classe.

c) ***Fablab à l'école***

Des espaces de fabrication.

Au sein de la classe, le coin informatique laisse progressivement la place à des espaces « *fablab* » où se regroupent des ordinateurs, des machines à commandes numériques (et d'outils plus traditionnels), permettant aux apprenants de fabriquer divers objets et invitant davantage au partage et à la coopération. Le terme « *fablab* » fait référence au modèle standard proposé par le *Massachusetts Institut of Technology* (MIT) reposant sur le mouvement « *maker* ». Dans le chapitre suivant, une partie sera consacrée aux « *fablabs* » pour décrire davantage le concept.

Universcience et Réseau Canopé ont lancé l'initiative *fablab* à l'école (Réseau Canopé, 2022; Universcience, 2022), un projet national qui consiste à équiper gratuitement les écoles et les collèges de machines numériques (voir **Figure 11**, imprimante 3D, scie à chantourner, découpeuse vinyle, machine à coudre, fraiseuse-graveuse et boîte de cartes électroniques Microbits), de tutoriels vidéo qui expliquent le fonctionnement des machines et des projets qui peuvent être conduits et réalisés avec ces machines et d'une formation pour les enseignants. L'objectif de ce projet est de stimuler le développement de la culture scientifique, technique et industrielle des élèves et de leurs enseignants.

Les *fablabs* s'inscrivent dans une triple logique : une revalorisation des compétences pratiques, le travail par projet et une focale sur les usagers et les usages des outils numériques (Lhoste, 2017). En ce sens, ils sont le lieu de pédagogies actives. Tout comme les classes flexibles, ils visent la responsabilisation des élèves et leur autonomie et renouvellent la relation de l'enseignant à l'élève.

Pour l'instant, le dispositif s'est adressé aux élèves du CM1 à la cinquième. En 2019 et 2020, un premier développement a eu lieu en Île-de-France, dans le Grand Est, en Normandie et en Occitanie. En 2022, le dispositif est prévu sur l'ensemble du territoire national. Leur objectif à terme est de couvrir l'ensemble des 18 régions de France.

Figure 11 - Des machines à commandes numériques disponibles dans un fablab



1.3 Problèmes et hypothèses

Ce chapitre a montré que le développement constant du numérique avait un impact sur notre mode de vie et de travail. En particulier, il transforme la forme scolaire au niveau des pratiques enseignantes, des compétences techniques et complexes qui requièrent d'être développées à l'école, des moyens technologiques d'enseigner et d'apprendre et de son organisation au sein de l'espace, du temps et des relations, mais aussi dans la posture et le rôle de l'enseignant.

De plus, cet impact de la transformation numérique conduit l'école à devoir évoluer pour préparer les apprenants à détenir les compétences et les connaissances nécessaires pour être acceptés sur le marché du travail et pour la citoyenneté. Ces compétences du XXI^{ème} siècle concernent notamment la collaboration, la résolution de problèmes, la pensée critique, la créativité et la pensée informatique. De ce fait, la communauté éducative est amenée à travailler sur des approches d'enseignement et d'apprentissage, afin de faciliter le développement de ces compétences et de promouvoir l'innovation pédagogique⁵ et l'apprentissage numérique (Tricot, 2017).

⁵ L'innovation pédagogique est à comprendre ici, au sens d'André Tricot, qui la définit comme la conception et la mise en œuvre d'une façon d'enseigner nouvelle et inédite qui concerne à la fois les tâches mises en œuvre par les enseignants et celles mises en œuvre par les élèves, au sein d'une organisation du temps, de l'espace et des relations Tricot, A. (2017). *L'innovation pédagogique*. Retz. .

Parallèlement, nous avons abordé des potentialités que pourraient apporter les technologies émergentes, comme la robotique éducative, la RA, la RV, les ITA, telles que de nouvelles possibilités d'interaction avec les savoirs et autrui et de nombreux avantages (par exemple : le travail collaboratif, l'autonomie et la motivation). Puis, nous avons aussi évoqué leurs limites pouvant expliquer en partie pourquoi elles sont encore sous-utilisées à l'école.

Sur la base du travail de synthèse précédemment exposé dans ce chapitre, nous pouvons identifier les différentes limites concernant chaque technologie. Elles sont regroupées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 - Les limites relevées dans la littérature concernant les technologies en éducation (liste non exhaustive).

Technologies	Limites
Tablette tactile	<ul style="list-style-type: none"> - effet distrayant sur les élèves pouvant conduire à une surutilisation des manuels électroniques et à des pratiques modestes de production de texte (Karsenti & Fievez, 2013). - contraintes sur l'activité pédagogique des enseignants qui sont à la fois écosystémiques, institutionnelles, ergonomiques et individuelles (Villemonteix & Nogry, 2016). - difficultés pour les enseignants concernant les usages du numérique et notamment aux usages des tablettes en contexte scolaire (Karsenti & Bugmann, 2018).
Robotique pédagogique,	<ul style="list-style-type: none"> - la plupart des robots restent à l'état de projet, ils ne sont pas assez matures pour être distribués et accessibles aux écoles. - les pièces de robot sont coûteuses, - demande un investissement en temps et en formation, - la construction, l'utilisation et la programmation des robots sont souvent perçues comme des activités enfantines dans la société occidentale, - de nombreux enseignants sont réticents à suivre des tendances volatiles (manque d'acceptabilité des technologies chez les enseignants) (Mondada et al., 2017). - conduis parfois des élèves à favoriser l'atteinte de l'objectif de production au détriment de l'objectif de compréhension, - un manque de maîtrise conceptuelle de la part des enseignants soulignant un besoin de formation aux concepts informatiques, - un besoin de porter une réflexion plus approfondie sur la progressivité des apprentissages concernant les activités pédagogiques réalisées avec l'usage des robots (Spach, 2019).
Réalité virtuelle et Réalité augmentée	<ul style="list-style-type: none"> - des investissements financiers importants sont nécessaires pour la mise en place de la technologie et la formation du personnel éducatif. - il existe un manque d'études exhaustives sur les performances de la RV en termes d'acquisition et de rétention des connaissances concrètes. - les questions de cybersécurité et d'éthique doivent être abordées, - certains problèmes peuvent survenir en raison de l'utilisation d'applications non conformes ou mal conçues, ainsi qu'en raison d'une formation insuffisante des enseignants, - il existe un manque de recherches pour évaluer les impacts psychologiques de la RV, en particulier chez les jeunes enfants, - des traumatismes physiologiques et des changements comportementaux peuvent survenir chez les individus (Lewis et al., 2021). - possibilité d'augmenter la charge de travail ou le temps d'enseignement (Chang et al., 2019).

	<ul style="list-style-type: none"> - vivre un cybermalaise (Cook et al., 2019). - conception pédagogique des systèmes limitée (Hite et al., 2019; Jensen & Konradsen, 2018; Lee & Shea, 2020).
Interface utilisateur tangible	<ul style="list-style-type: none"> - aucune vérification expérimentale à long terme réalisée avec une taille d'échantillon suffisante et une évaluation objective. - manque d'équilibre entre abstraction, ouverture, richesse et complexité. - l'utilisation des ITA tient peu compte du rôle de l'enseignant (Liang et al., 2021). - peu de méthodes de conception coopérative et participative existantes adaptées aux très jeunes enfants (Baykal et al., 2018), - limites technologiques : la méthode de leur alimentation en énergie et leur indépendance énergétique, la taille de l'objet conditionne le choix de la batterie et limite donc le choix de la taille et de la capacité de la batterie, le traitement de l'image où le suivi des marqueurs peut être compliqué en raison d'une grande distance par rapport à la table ou dû à une mauvaise situation d'éclairage (Krestanova et al., 2021), - l'évolutivité et le risque de perte d'objets physiques, - la versatilité et la malléabilité, - la fatigue utilisateur (Shaer & Hornecker, 2010).

Un grand nombre de ces limites, hormis les questions techniques, mettent en exergue deux grands besoins pour le système éducatif :

1^{er} besoin : Développer des environnements techno-pédagogiques ergonomiques

2^{ème} besoin : Former les enseignants à l'utilisation des TICE et contribuer au développement des compétences clés du XXI^{ème} siècle.

1. Concevoir des environnements technopédagogiques ergonomiques, c'est-à-dire adaptés aux utilisateurs et au contexte scolaire, intégrant des scénarios d'usages pédagogiques innovants avec le numérique,
2. Contribuer au développement des enseignants sur les compétences du XXI^{ème} siècle, c'est-à-dire les aider à se former aux concepts informatiques et à l'utilisation des outils technopédagogiques développés.

En effet, les enseignants et les élèves ont besoin de disposer d'outils technopédagogiques performants qui répondent à leurs besoins pour les intégrer dans leurs pratiques professionnelles et d'apprentissage. Pour cela, il convient d'impliquer et d'engager aussi bien les enfants que les enseignants dans le processus de conception. Cette implication des utilisateurs est importante pour plusieurs raisons :

La première raison est qu'elle permet de mieux comprendre leurs besoins et attentes et ainsi de concevoir des outils qui répondent à leurs besoins. Les besoins des enfants peuvent être différents de ceux des adultes. De plus, les enseignants possèdent des connaissances approfondies sur les besoins et les compétences des enfants en fonction de leur âge, de leur niveau scolaire et de leurs aptitudes individuelles.

La deuxième raison est qu'elle permet de stimuler l'imagination des enfants et d'assurer l'acceptabilité des enseignants. En leur donnant l'opportunité de participer activement à la création d'un outil, cela peut augmenter leur engagement et leur intérêt pour cet outil et ainsi faciliter l'adoption de cet outil et son utilisation à grande échelle dans les établissements scolaires.

La troisième raison est qu'elle permet d'améliorer l'expérience utilisateur par l'obtention de retours, de la part des enfants, sur l'utilisation du produit, les erreurs potentielles et les points de confusion, ou par des renseignements qui peuvent être fournis par les enseignants sur la manière dont le produit sera utilisé en classe, s'intégrera dans le programme d'enseignement et peut être utilisé pour soutenir les objectifs d'apprentissage.

La quatrième raison est qu'elle permet de favoriser l'apprentissage et le développement, notamment, pour les enfants, en leur donnant une occasion d'apprendre et de développer des compétences en résolution de problèmes, en communication, en collaboration et en pensée critique ; et pour les enseignants, en partageant leur expertise sur la manière d'utiliser le produit de manière efficace en classe.

Pour favoriser le développement d'activités de conception participative, il convient de développer des structures de soutien pour l'expérimentation et l'innovation pédagogique en dehors des écoles, afin de ne pas dénaturer les activités de classe. Ce soutien peut être un environnement physique et/ou numérique pour incuber les innovations pédagogiques, c'est-à-dire permettre la conception d'outils technopédagogiques ou encore le déploiement de scénarios d'apprentissage innovants. Cet espace doit également permettre aux enseignants de se former aux concepts informatiques et à l'utilisation et aux usages des outils numériques.

Ainsi, nous faisons l'hypothèse que les approches de conception participative (CP) et les approches de conception centrée utilisateurs (CCU) pourraient être une solution pour répondre aux besoins précédemment énoncés. Plus particulièrement, nous faisons l'hypothèse que les tiers-lieux, fonctionnant sur ce type d'approches de CCU et CP, permettraient aux enseignants de se former entre pairs et de mutualiser leurs connaissances et compétences afin d'améliorer leurs pratiques professionnelles. En étant actifs et à plusieurs pour réfléchir, les enseignants pourraient alors apprendre à utiliser les technologies, porter un regard critique sur celles-ci et peut-être mieux les accepter dans leurs pratiques professionnelles.

2. DES APPROCHES PARTICIPATIVES AU SERVICE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE ?

Ce chapitre a pour objectif de montrer en quoi la conception centrée utilisateur, la conception participative et les tiers-lieux peuvent apporter des solutions pour accompagner les enseignants et les élèves dans la transformation de la forme scolaire.

Tout d'abord, les approches de conception centrée utilisateur et de conception participative sont présentées, ainsi que des courants développés en parallèle, tels que le design thinking et le design d'expérience utilisateur. Puis, trois types de tiers-lieux éducatifs sont décrits comme des espaces pouvant accueillir ces pratiques de conception. Ensuite, certaines caractéristiques des utilisateurs principaux des futures solutions pédagogiques sont mises en évidence afin d'être prises en compte dans le développement de tiers-lieux et d'outils pour faciliter les activités de conception. De plus, un état des lieux a été réalisé sur les échelles d'utilisabilité existantes pour l'évaluation de produits ou systèmes par des enfants. Enfin, ce chapitre se termine sur la formulation de trois objectifs auxquels cette thèse va tenter de répondre pour couvrir les deux grands besoins énoncés à la fin du premier chapitre, à savoir : 1) développer un living lab qui soutient l'innovation en éducation et la formation des enseignants, 2) développer un moyen d'évaluer l'utilisabilité perçue des technologies émergentes conçu pour des élèves qui savent lire et 3) développer un outil soutenant la métaréflexion des enseignants dans les activités de conception participative.

2.1 La conception centrée utilisateur, la conception participative, le design thinking et le design d'expérience utilisateur

Les approches de conception centrée sur l'utilisateur, de conception participative, de *design thinking* et de *design* d'expérience utilisateur reposent principalement sur l'implication et la participation des utilisateurs dans le processus de conception d'un système. La participation des utilisateurs au processus de conception est reconnue comme un élément positif et nécessaire pour que les artefacts répondent à leurs besoins. Ces approches de conception sont présentées ici comme des solutions qui pourraient couvrir les besoins 1) de conception d'environnements technopédagogiques ergonomiques et 2) de montée en compétences des enseignants sur les compétences du XXI^{ème} siècle.

Selon l'Office québécois de la langue française (2022), le *design* correspond à « *une activité créatrice se rapportant aux qualités formelles des objets produits industriellement en vue d'un résultat esthétique s'accordant aux impératifs fonctionnels et commerciaux* ». Et selon Norman (1990), le *design* est lié au fonctionnement des objets, à leur contrôle et à la nature de l'interaction entre les personnes et la technologie. Il met en avant que lorsque le *design* est bien fait, il en résulte des produits brillants et agréables à utiliser. Cependant, lorsqu'il est mal fait, les produits sont inutilisables, ce qui entraîne beaucoup de frustration et de mécontentement de la part des utilisateurs.

2.1.1 La conception centrée utilisateur

La conception centrée utilisateur consiste à considérer les utilisateurs et leurs besoins tout au long du processus de développement d'un système informatique interactif⁶.

⁶ « Les systèmes informatiques interactifs présentent des différences de taille et de complexité. Ils comprennent, par exemple, les produits logiciels disponibles dans le commerce (prêts à l'emploi), les logiciels de bureautique personnalisés, les systèmes de contrôle des processus, les systèmes bancaires automatisés, les sites et applications Web, ainsi que les produits destinés au grand public, tels que les distributeurs automatiques, les téléphones mobiles et les postes de télévision numérique. Dans le présent document, ces systèmes sont généralement définis comme des produits, des systèmes ou des services, bien que, pour des raisons de simplicité, un seul terme soit parfois utilisé. » (norme ISO 9241-210.1)

D'après la norme ISO 9241-210.5.1 (2019), une approche centrée utilisateur doit suivre les principes suivants :

- Compréhension explicite des utilisateurs, des tâches et des environnements.**
 - **La conception est fondée sur une compréhension explicite des utilisateurs, des tâches et des environnements** : il convient d'identifier tous les groupes d'utilisateurs⁷ et de parties prenantes pertinents pour les prendre en compte dans la conception des produits, systèmes et services. L'élaboration de systèmes est fondée sur la compréhension des besoins de l'utilisateur, compte tenu du contexte d'utilisation. Le contexte d'utilisation comprenant les caractéristiques des utilisateurs, les tâches et l'environnement représente une source d'information majeure pour formuler des exigences des utilisateurs. Ces dernières fournissent les informations nécessaires à la conception et à l'évaluation des systèmes interactifs permettant de répondre aux besoins de l'utilisateur.

- Implication des utilisateurs.**
 - **Implication des utilisateurs dans tout le processus de conception et de développement** : l'une des principales forces de la conception centrée sur l'homme est la participation active des utilisateurs finaux qui connaissent le contexte dans lequel le système sera utilisé. L'implication et la participation des utilisateurs peuvent également renforcer l'engagement et l'acceptation de l'utilisateur envers le système conçu.

- Évaluation itérative des différentes versions de la solution.**
 - **La conception est dirigée et affinée par l'évaluation centrée sur l'utilisateur** : l'évaluation des différentes conceptions avec les utilisateurs et l'amélioration de ces conceptions sur la base de leur retour d'information offrent une méthode efficace pour réduire le plus possible le risque de développer un système ne répondant pas aux besoins de l'utilisateur ou de l'organisation.

- Un processus itératif.**
 - **Le processus est itératif** : L'itération implique que l'obtention de nouvelles informations entraîne la révision et la précision de prototypes, afin de réduire le plus possible le risque de non-satisfaction des exigences de l'utilisateur par le système en cours de développement. Un grand nombre des besoins et attentes des utilisateurs et des autres parties prenantes qui auront un impact sur la conception de l'interaction n'apparaissent qu'au cours du développement, au moment où les concepteurs affinent leur compréhension des utilisateurs et de leurs tâches et lorsque les utilisateurs sont plus à même d'exprimer leurs besoins en réponse à des solutions potentielles.

⁷ « L'utilisateur peut interagir avec le produit ou le système dans différentes formes d'utilisation (principale ou secondaire, directe ou indirecte, maintenance, démantèlement, etc.) ». (NF X35-115.3.8)

La conception couvre l'expérience de l'utilisateur dans son intégralité.

- **La conception couvre l'expérience de l'utilisateur dans son intégralité :** l'expérience de l'utilisateur est une conséquence de la présentation, de la fonctionnalité, des performances, du comportement interactif et des capacités d'assistance d'un système interactif, tant matériel que logiciel. Elle constitue également une conséquence des expériences passées, des attitudes, des aptitudes, des habitudes et de la personnalité de l'utilisateur. La conception associée à l'expérience de l'utilisateur implique de tenir compte, le cas échéant, des effets sur l'organisation, de la documentation de l'utilisateur, de l'aide en ligne, de l'assistance et de la maintenance, de la formation, de l'utilisation à long terme et du conditionnement des produits. Il convient de prendre également en compte l'expérience des utilisateurs concernant les systèmes précédents ou d'autres systèmes, ainsi que les questions telles que la stratégie de marque et la publicité. Lors de la spécification des activités réalisées par les utilisateurs et des fonctions réalisées par la technologie, il convient de prendre en compte les forces, limites, préférences et attentes des utilisateurs.

Une équipe de conception composée de compétences et de perspectives pluridisciplinaires.

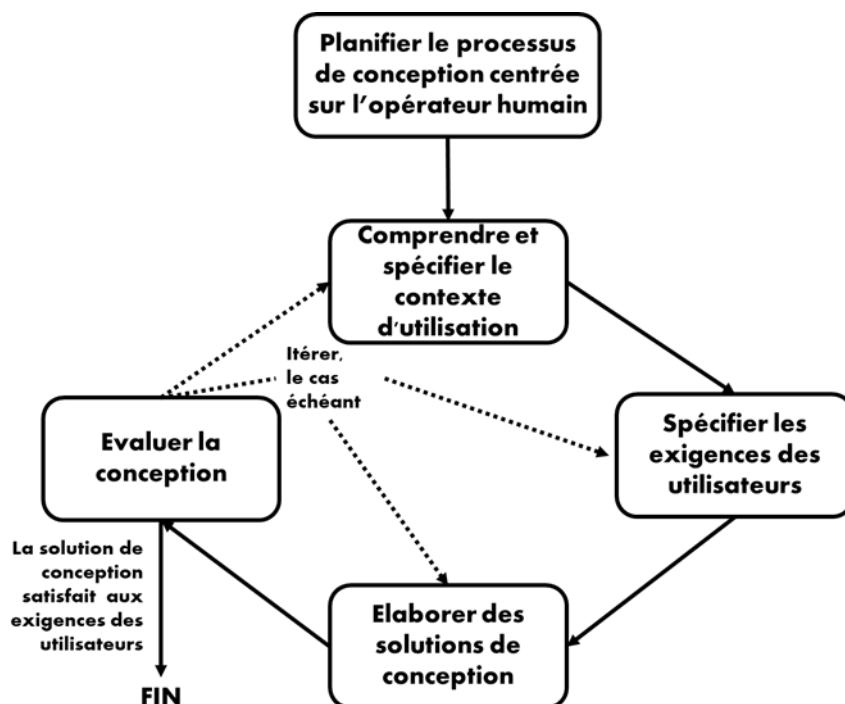
- **L'équipe de conception inclut des compétences et des perspectives pluridisciplinaires :** il convient de disposer d'une équipe qui soit suffisamment diversifiée afin que les projets bénéficient d'une créativité supplémentaire et des idées issues de l'interaction et de la collaboration entre les membres d'une équipe qui, collectivement, réunissent une base de compétences étendues.

Cette approche est traditionnellement utilisée en conception de logiciels et en conception d'Interface Homme Machine, mais peut s'appliquer aussi en conception de tous types de produits.

Le processus de CCU comprend plusieurs étapes. La **Figure 12** reprend de manière schématique et synthétique le déroulement du cycle de conception (ISO 9241-210.5.1, 2019).

Figure 12 - Activités de conception centrée sur l'opérateur humain dans le processus de développement du projet (ISO 9241-210.5.1, 2019).

Les activités de conception centrée utilisateur dans le processus de développement d'un projet.



Selon la norme ISO 9241-210.5.1 (2019), une fois que la nécessité de développer un système, produit ou service a été identifiée et qu'il a été décidé d'utiliser un développement CCU, quatre activités liées de CCU doivent se dérouler lors de la conception de tout système interactif :

- *Comprendre et spécifier le contexte d'utilisation*

Le contexte dans lequel le système est utilisé est défini par les caractéristiques des utilisateurs, des tâches et des environnements organisationnels, techniques et physiques. Il est utile de recueillir et d'analyser les informations relatives au contexte actuel afin de comprendre, puis de spécifier, le contexte qui s'appliquera au système futur.

L'analyse des systèmes existants ou de systèmes similaires peut fournir des informations sur un grand nombre de problèmes liés au contexte, y compris les manquements et les niveaux de référence en matière de performance et de satisfaction. Cette analyse peut révéler des besoins, des problèmes et des contraintes qui pourraient dans d'autres circonstances ne pas être pris en compte, mais auxquels le système futur devra satisfaire.

- *Spécifier les exigences de l'utilisateur*

Dans le cas de la CCU, l'identification des besoins de l'utilisateur et la spécification des exigences fonctionnelles et autres, relatives au produit ou au système doivent être étendues afin de définir explicitement les exigences de l'utilisateur par rapport au contexte d'utilisation prévu et aux objectifs opérationnels du système.

Selon le domaine d'application du système, les exigences de l'utilisateur peuvent inclure les exigences relatives aux changements organisationnels et à la révision des méthodes de travail et peuvent suggérer des possibilités de combinaison de produits et de services. Si le système interactif proposé est connu pour avoir une incidence sur la pratique organisationnelle, il convient que le processus de développement implique des parties prenantes organisationnelles, l'objectif étant d'optimiser les systèmes organisationnel et technique.

Il est recommandé d'identifier les besoins des utilisateurs et des autres parties prenantes, compte tenu du contexte d'utilisation. Il convient que ces besoins incluent les objectifs que les utilisateurs doivent nécessairement atteindre (plutôt que la méthode utilisée pour y parvenir), ainsi que les contraintes imposées par le contexte d'utilisation.

- *Élaborer des solutions de conception*

Les décisions de conception ont un effet significatif sur l'expérience de l'utilisateur. La CCU vise à obtenir une expérience de l'utilisateur satisfaisante, par sa prise en compte tout au long du processus de conception.

Les solutions de conception potentielles sont produites en mettant à profit la description du contexte d'utilisation, les résultats de toutes évaluations de référence, l'état de la technique établi dans le domaine d'application, les lignes directrices et les normes de conception et d'utilisabilité, et l'expérience et les connaissances de l'équipe de conception pluridisciplinaire.

Il convient que la production de solutions de conception comporte les sous-activités suivantes :

- o Concevoir les tâches de l'utilisateur, l'interaction utilisateur-système et l'interface utilisateur afin de satisfaire aux exigences de l'utilisateur, compte tenu de son expérience globale ;
- o Matérialiser davantage les solutions de conception (par exemple à l'aide de scénarios, simulations, prototypes ou maquettes) ;
- o Modifier les solutions de conception en fonction de l'évaluation centrée sur l'utilisateur et du retour d'information ;
- o Communiquer les solutions de conception aux personnes chargées de leur mise en œuvre.

- *Évaluer la conception*

L'évaluation centrée sur l'utilisateur est une activité requise par la CCU. Il convient, dès les premières phases du projet, d'évaluer les conceptions générales pour une meilleure compréhension des besoins de l'utilisateur. Deux types d'évaluation peuvent être utilisés :

- o L'évaluation par des utilisateurs, lorsque celle-ci est réalisable (par exemple : tests utilisateurs) ;
- o L'évaluation sans la participation réelle des utilisateurs (par exemple en utilisant la modélisation des tâches et des simulations). Ces méthodes consistent toujours à déterminer de quelle manière les utilisateurs

appréhenderont le système, même si les utilisateurs eux-mêmes peuvent ne pas participer directement au processus.

Il peut être fait appel à l'évaluation centrée sur l'utilisateur pour :

- Collecter de nouvelles informations sur les besoins de l'utilisateur ;
- Fournir un retour d'information sur les atouts et les lacunes de la solution de conception du point de vue des utilisateurs (afin d'améliorer la conception) ;
- Évaluer si les exigences des utilisateurs ont été satisfaites (ce qui peut inclure l'évaluation de la conformité aux normes internationales, nationales, locales, professionnelles ou législatives) ;
- Établir des références ou établir des comparaisons entre les différentes conceptions.

Ce cycle de conception est itératif. Chacune des activités de CCU peut utiliser les informations existantes et produit de nouvelles informations qu'il convient de collecter de manière adaptée à l'approche de développement choisie. Il se termine lorsque la solution de conception satisfait les exigences des utilisateurs.

L'hypothèse principale de la CCU est que plus l'utilisateur est impliqué dans le processus de conception, plus il y a de chances que ce qui est conçu soit adapté à ses objectifs et à l'environnement dans lequel l'interaction aura lieu (Scariot et al., 2012). Dans ce sens, plusieurs avantages sont mis en avant par Abras et al. (2004) : cela permet au résultat final du processus d'être plus efficace, plus efficient et plus sûr. De plus, une plus grande implication de l'utilisateur dans le projet permet aux concepteurs d'avoir une idée plus précise des attentes de l'utilisateur, puisque celui-ci est impliqué dans le processus. Cela conduit à un sentiment d'appropriation de ce qui est développé, ce qui se traduit souvent par un niveau de satisfaction élevé et une intégration plus fluide entre ce qui est conçu et l'environnement dans lequel le produit sera utilisé.

L'évolution de la CCU recommandant une implication de l'utilisateur plus forte dans la conception rejoint les principes de la conception participative.

2.1.2 La conception participative

D'après de nombreux chercheurs, la conception participative est née en Scandinavie dans les années 70 (Gregory, 2003; Luck, 2018; Spinuzzi, 2005). Gregory (2003) différencie la CP pratiquée dans les pays nordiques de celle pratiquée aux États-Unis. Ils expliquent cela par des contextes sociaux, politiques et économiques différents. Par exemple, le chercheur signale que la Norvège a une population de 4,5 millions d'habitants et un taux de syndicalisation estimé à 90%, contre moins de 15% aux États-Unis. Selon lui, ces conditions différentes façonnent des circonstances bien différentes pour la participation et la codétermination qui structurent le temps différemment, créant de meilleures opportunités de participer à la prise de décision dans la vie professionnelle quotidienne et de maintenir cette participation.

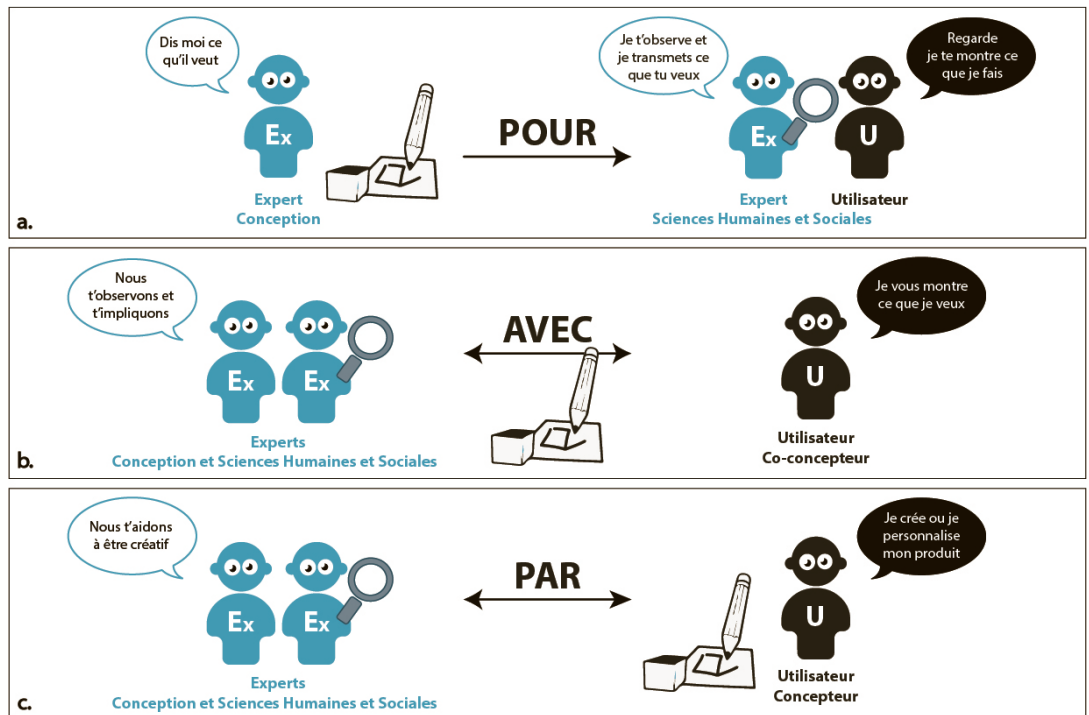
Approche centrée utilisateur.

Implication active des utilisateurs.

La conception participative est une forme de conception centrée utilisateur. En effet, dans ce courant, l'utilisateur est aussi au centre des préoccupations des acteurs de la conception et des acteurs du facteur humain. Celui-ci participe activement au projet en étant considéré comme un co-concepteur (Caelen, 2009; Lee, 2008; Spinuzzi, 2005) ou co-créateur (Nielsen, 2011; Sanders & Stappers, 2008), générant des idées et des solutions de conception. Depuis l'apparition de la conception participative à aujourd'hui, l'implication de l'utilisateur dans les projets de conception a beaucoup évolué. Au début, la conception participative se distinguait de la CCU qui considérait l'utilisateur comme un objet (Sanders, 2002).

Kaulio (1998) a identifié trois types de participation et Charrier (2016) les a repris pour distinguer 3 modèles de conception participative : la conception *pour*, *avec* et *par* les utilisateurs présentés dans la **Figure 13**.

Figure 13 - Processus de conception intégrant les utilisateurs. a. Aidés d'expert en sciences humaines et sociales, les experts de la conception conçoivent pour les utilisateurs. - b. Les experts de la conception et des sciences humaines et sociales conçoivent avec les utilisateurs. - c. La conception est réalisée en partie par l'utilisateur aidé et accompagné par les experts de la conception et des sciences humaines et sociales (repris dans Charrier, 2016).



- Conception pour les utilisateurs

Charrier (2016) explique qu'au début, la démarche est centrée sur le recueil du « savoir des utilisateurs » à travers l'expertise d'acteurs-métier en sciences humaines et sociales. Les experts de la conception conçoivent pour les utilisateurs. Cybis et al. (2007) parlent de participation informative où l'utilisateur est considéré comme une source d'information. En utilisant des techniques telles que les entretiens, les

questionnaires, les groupes de discussion ou l'observation, le concepteur recueille les informations jugées nécessaires au développement du projet

- **Conception avec les utilisateurs**

Puis, Charrier (2016) indique que depuis le début des années 2000, l'utilisateur devient actif et participe au processus de conception. Les acteurs-métier, experts en conception et experts en sciences humaines et sociales, conçoivent avec les utilisateurs. Les données sur les préférences des utilisateurs, besoins et exigences des utilisateurs sont acquises par la réaction des utilisateurs lorsqu'ils testent différentes solutions de conception. Cybis et al. (2007) nomment cette implication de l'utilisateur comme une implication consultative où le concepteur propose des solutions et les soumet aux utilisateurs, afin qu'ils puissent les évaluer et se forger une opinion sur ces solutions. Ce type d'implication peut être réalisé grâce aux mêmes techniques que celles utilisées au niveau précédent, plus des tests d'utilisabilité

- **Conception par les utilisateurs**

Enfin, Charrier (2016) signale que ces dernières années, les utilisateurs sont encore plus actifs et impliqués dans la conception jusqu'à se substituer aux concepteurs, la conception est, dans ce contexte, réalisée en partie par l'utilisateur. L'utilisateur prend part au projet de sa propre initiative. Cybis et al. (2007) la nomment « implication participative » où l'organisation transfère à l'utilisateur le pouvoir de décision sur le projet, utilise les techniques d'échange d'expériences et de génération d'idées (par exemple, atelier de narration, tri de cartes, dessin à l'encre de Chine, journal).

Dans le domaine du design, la participation est comprise comme la possibilité d'une intervention active de l'utilisateur dans le développement du projet (Scariot et al., 2012). La conception collaborative-participative implique de concevoir avec l'utilisateur et elle désigne l'utilisateur comme un contributeur interne et actif à chaque étape du développement de la conception.

Sanders et Stappers (2008) différencient l'approche CCU de la conception participative. Dans le premier cas, les rôles du chercheur et du concepteur sont interdépendants, mais différents : l'utilisateur est représenté par le concepteur, au lieu d'être considéré comme un membre de l'équipe. Le chercheur agit comme un traducteur entre l'utilisateur et le concepteur. Dans le second cas, le défi pour le chercheur est de créer les outils et l'infrastructure nécessaires pour accueillir et faciliter cette résonance permanente avec l'expérience de l'utilisateur. Le chercheur assume le rôle de facilitateur.

Selon plusieurs auteurs, tels que Greenbaum et Loi (2012), Luck (2018) et Bødker et al. (2022), les principes directeurs qui sous-tendent la conception participative, née dans les luttes ouvrières, représentent :

- **L'égalisation des relations de pouvoir** : trouver des moyens de donner la parole à ceux qui peuvent être invisibles ou plus faibles dans les structures de pouvoir de l'organisation ou de la communauté, qui sont ancrées dans la société (lutter pour la démocratie).

- **L'action située** : la CP n'est pas une méthode unique qui peut être appliquée comme un modèle standard d'une situation à l'autre. Par nécessité, les pratiques de conception participative sont situées, c'est-à-dire que pour chaque projet, une application est intégrée et est élaborée pour s'adapter aux caractéristiques et circonstances locales.
- **Des outils et techniques** : Utilisés dans des situations pratiques, concrètes et spécifiques, ils aident les différents participants à exprimer leurs besoins et leurs visions. Par exemple : entretiens, maquettes, prototypes.
- **Des visions alternatives sur la technologie** : la CP est projective. Elle cherche à produire quelque chose ou à changer l'avenir. Il s'agit toujours d'une intervention.
- **Des pratiques démocratiques** : la mise en œuvre de pratiques et de modèles d'égalité parmi ceux qui représentent les autres.
- **Une infrastructure** : la CP implique la mise en place d'une infrastructure caractérisée par une communauté de pratique en devenir grâce à l'utilisation d'outils.
- **Une participation authentique** : il met en avant un ajustement fondamental du rôle des utilisateurs, qui ne sont plus de simples informateurs, mais des participants légitimes et reconnus dans le processus de conception. Selon le chercheur, la CP donne également la priorité à l'apprentissage mutuel, où il y a un développement épistémique dans la construction de la connaissance, qui n'est pas seulement un échange d'informations. Cela implique d'apprendre à se connaître et à se respecter par-delà les différences de position, de perspective, de connaissances et de compétences.
- **L'autonomisation des individus** par la mise en place de ressources permettant aux gens d'agir avec compétence lorsqu'il s'agit de développer, d'introduire et d'utiliser des outils numériques.
- **Un apprentissage mutuel** : encourager et améliorer la compréhension des différents participants, en trouvant un terrain d'entente et des méthodes de travail communes. L'apprentissage par la participation des utilisateurs dans le processus de conception permettant à un plus grand nombre de personnes de comprendre les possibilités et les problèmes de la technologie.

En clair, la conception participative se préoccupe des besoins, des désirs et des envies des utilisateurs, à la fois en tant qu'individus et aussi en tant que groupe. Bødker et al. (2022) expliquent que la façon dont la conception participative envisage l'autonomisation et l'apprentissage repose sur deux piliers. Il s'agit d'une part d'aider les gens à agir différemment ou mieux avec la technologie, et d'autre part de mieux comprendre la technologie en l'utilisant et en agissant avec elle.

La CP met l'accent sur le prototypage et l'expérience pratique. Les approches scandinaves de la conception participative mettent l'accent sur le changement et le développement, non seulement le changement technologique et le développement des systèmes, mais aussi le changement et le développement des personnes, des organisations et des pratiques, dans des contextes socio-historiques changeants (Gregory, 2003).

2.1.3 Le design d'expérience utilisateur

Prise en compte des attentes des utilisateurs finaux.

Le *design UX* au service de l'éducation peut être une approche intéressante pour développer des outils pédagogiques, car celle-ci prend en compte les attentes des utilisateurs finaux – ici des enseignants et des élèves - correspondant aux utilisateurs principaux de ces outils et le contexte d'utilisation. De plus, cette approche les place au cœur de la conception de leurs outils de travail pouvant leur permettre d'apprendre à les utiliser par la réflexion qu'ils leur portent et la manipulation.

L'expérience utilisateur (*UX*) englobe tous les aspects de l'interaction entre un utilisateur et un produit, service ou système. Cela va du moment où une personne découvre un nouveau produit pour la première fois jusqu'à son utilisation sur le long terme et inclut ses réflexions sur ses interactions avec le produit. Le design d'expérience utilisateur a pour objectif de trouver le parcours idéal de l'utilisateur avec le système à développer. Il se différencie du design technologique reposant sur une approche technocentrée, ne prenant pas assez en compte la réalité du terrain et des humains.

Le terme « *User Experience* » a été inventé par Donald Norman dans les années 1990 (Norman et al., 1995). Puis, Hassenzahl et al. (2000) ont apporté au concept la qualité hédonique pour désigner l'aspect attrayant et agréable à l'interaction avec des ordinateurs.

À ce jour, il n'existe pas de consensus concernant la définition de l'expérience utilisateur (Lallemand, Gronier, et al., 2015). Toutefois, nous utiliserons celle de la norme ISO 9241-210.5.1 (2019), qui définit l'expérience utilisateur comme étant « *les perceptions et réactions d'une personne qui résultent de l'utilisation effective et/ou anticipée d'un produit, système ou service.*

- *L'expérience utilisateur inclut toutes les émotions, convictions, préférences, perceptions, réactions physiques et psychologiques, comportements et réalisations de ce dernier, qui interviennent avant, pendant et après l'utilisation.*
- *L'expérience utilisateur est une conséquence de l'image de marque, la présentation, la fonctionnalité, les performances, le comportement interactif et les capacités d'assistance du système interactif ; de l'état intérieur et physique de l'utilisateur résultant d'expériences passées, de ses attitudes, de ses compétences et de sa personnalité ainsi que du contexte d'utilisation.*
- *L'utilisabilité, lorsqu'elle est interprétée du point de vue des objectifs personnels des utilisateurs, peut comporter le type d'aspects perceptifs et émotionnels généralement associés à l'expérience de l'utilisateur. Les critères d'utilisabilité peuvent être utilisés pour évaluer les aspects de l'expérience de l'utilisateur. »*

Plusieurs modèles UX ont été développés pour couvrir les différents composants de l'UX et expliquer leurs relations (par exemple : le modèle UX d'Hassenzahl (2003), le modèle UX de Thüning et Mahlke (2007)). Le modèle hédonique/pragmatique de l'UX (Hassenzahl, 2007) part du principe que les gens perçoivent les produits interactifs selon deux dimensions différentes :

Une dimension pragmatique.

- La dimension pragmatique fait référence à la capacité perçue du produit à favoriser la réalisation d'objectifs comportementaux, tels que « passer un appel téléphonique »,

Une dimension hédoniste.

- La dimension hédoniste se réfère à la capacité perçue du produit à atteindre les objectifs psychologiques de l'utilisateur, tels que « être compétent », « être en relation avec les autres », « être spécial ».

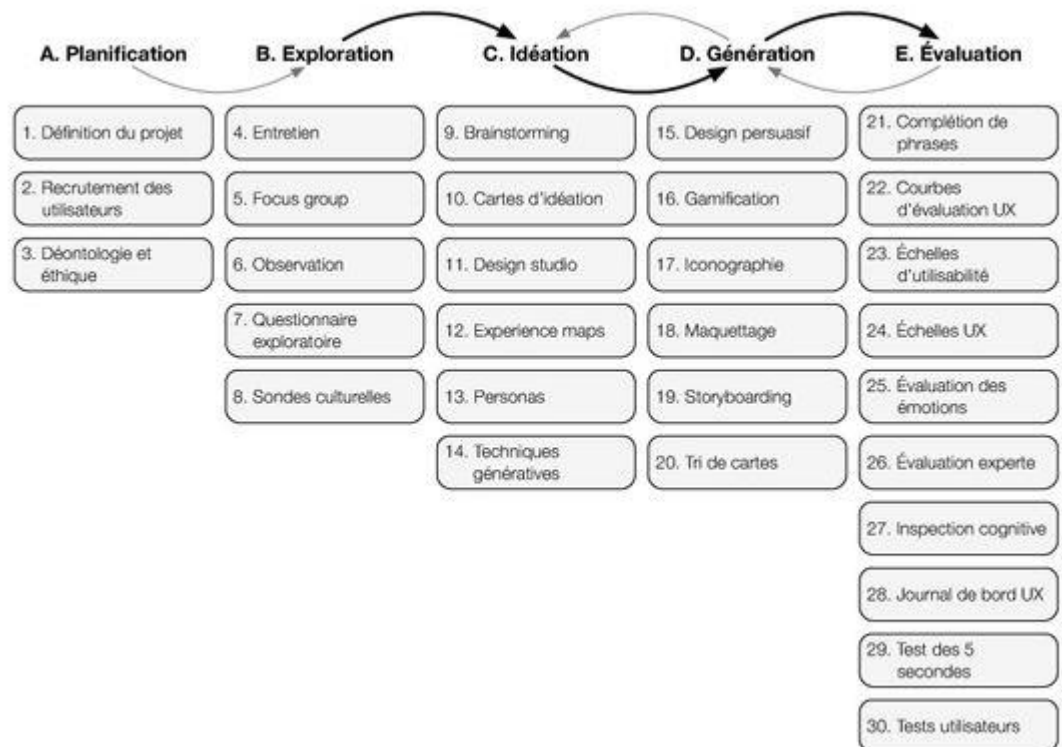
Selon Hassenzahl (2003), la dimension hédoniste peut être divisée en trois catégories : stimulation, identification et évocation. Les fonctions hédoniques d'un produit peuvent être stimulantes en offrant aux utilisateurs des moyens de promouvoir leur développement personnel, en les aidant à s'identifier par l'utilisation ou la possession d'un produit et en provoquant des souvenirs attribués aux produits. Enfin, les conséquences des interactions des utilisateurs dépendent du contexte d'utilisation et peuvent se traduire par un jugement évaluatif (attractivité) et des réactions émotionnelles (satisfaction et plaisir). Par la suite, Hassenzahl a développé son outil d'évaluation UX appelé *AttrakDiff* (Hassenzahl et al., 2003) sur la base de ce modèle UX.

Thüring et Mahlke (2007) ont proposé un « modèle des composantes de l'expérience utilisateur » (modèle CUE). Dans ce modèle, les trois principales composantes de l'UX sont les qualités instrumentales, les qualités non instrumentales et les réactions émotionnelles. Les deux premières composantes sont similaires aux attributs pragmatiques et hédoniques d'Hassenzahl, tandis que la réaction émotionnelle est le résultat de la perception des qualités instrumentales et non instrumentales d'un produit. Elle peut s'exprimer par des sentiments subjectifs, des réactions physiologiques ou des comportements. Ces trois composantes conduisent à une évaluation du système et à une décision de l'utilisateur quant à son utilisation future (Thüring & Mahlke, 2007). Sur la base de ce modèle a été développé un outil d'évaluation de l'UX appelé « évaluation modulaire des composantes clés de l'expérience utilisateur » (meCUE) (Minge & Riedel, 2013).

De plus, il existe une multitude de méthodes de *design* UX (par exemple : observation, entretien, courbes UX) (Zarour & Alharbi, 2017). Lallemand et Gronier (2015) ont proposé de classer 30 méthodes UX en fonction de 5 phases de conception (voir **Figure 14**) :

- **Planification** : définition des objectifs du projet et réflexion sur les outils et ressources à déployer
- **Exploration** : recueil des besoins utilisateurs
- **Idéation** : synthèse de la phase d'exploration et génération d'idées de conception
- **Génération** : formalisation de solutions de conception
- **Évaluation** : évaluation itérative des solutions générées

Figure 14 - Méthodes de design UX selon les phases du processus de conception (Lallemand & Gronier, 2015)



Grâce à ces méthodes, les concepteurs qui sont ceux qui déploient les outils et méthodes en séances de design peuvent connaître et comprendre les besoins et réalités des futurs utilisateurs des solutions qu'ils conçoivent.

Dans le même esprit, les enseignants et/ou les élèves peuvent mobiliser des approches de *design thinking*.

2.1.4 Le Design thinking

Le *design thinking* est une autre méthode qui permet d'impliquer des enseignants et/ou des élèves dans la conception pouvant les aider à soutenir la production de solutions adaptées à leurs besoins et par la même occasion augmenter leurs compétences. Comme le *design UX*, il est composé d'une phase d'« empathie » qui sert à comprendre les besoins des utilisateurs.

Une méthode de créativité.

Il n'existe pas de définition unique pour définir le *design thinking*. Il dépend d'où et de comment il est utilisé dans différentes situations, à la fois théoriques et pratiques (Johansson-Sköldberg et al., 2013). Certains auteurs comme Brown et Katz (2019) définissent le *design thinking* comme une méthode de créativité reposant sur trois phases itératives :

- **Une première phase d'inspiration**, qui consiste à collecter un maximum d'informations relatives au problème posé et issues de toutes les sources possibles.
- **Une deuxième phase d'idéation**, durant laquelle ces informations sont traduites en solutions possibles au problème posé. Dans cette phase on peut retrouver des séances de brainstorming pour générer des idées et aussi la réalisation de prototypes. Un prototype ne nécessite pas de compétences artistiques ou artisanales avancées. Il s'agit avant tout de rendre les idées tangibles afin de pouvoir les tester rapidement. Un simple dessin, un croquis ou un storyboard peut déjà être considéré comme un prototype (Beudon, 2017).
- **Une troisième phase d'implémentation**, où l'objectif est d'améliorer les idées et les prototypes développés grâce à une série de tests. Cette étape nécessite de retourner sur le terrain, d'observer ce qui se passe et de générer de nouvelles idées. Comme dans le *design UX*, il s'agit d'un processus itératif. Les étapes précédentes sont répétées jusqu'à ce qu'une solution idéale soit trouvée.

Ces trois phases sont mises en œuvre de façon collaborative : tous les membres de l'équipe, sur la base de la diversité de leurs domaines et de leur degré de compétences, travaillent ensemble pour atteindre l'objectif final. Ainsi, le *design thinking* propose une approche structurée et flexible pour résoudre des problèmes en favorisant la créativité et l'innovation.

Un état d'esprit.

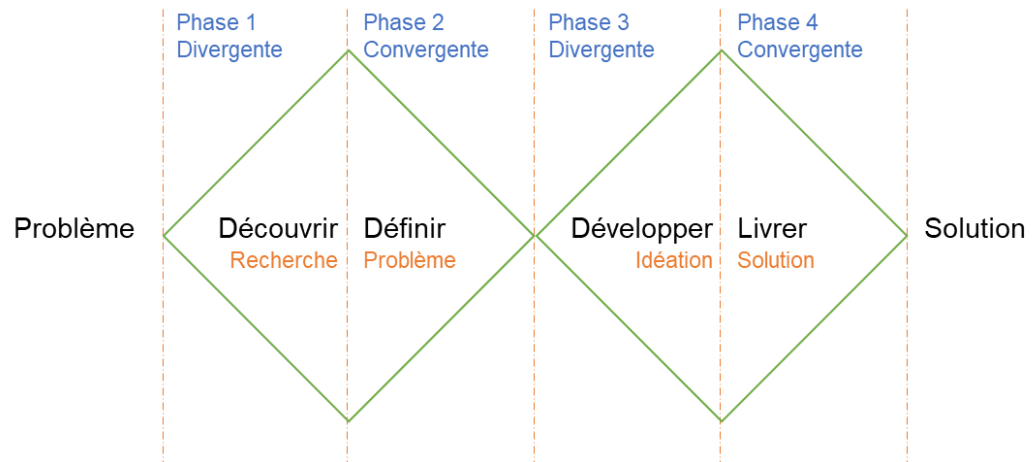
C'est aussi un état d'esprit. Brunet (2019) résume l'état d'esprit du *design thinking* par :

- **Privilégier la pratique plutôt que la théorie**, en passant à l'action plutôt que de simplement apprendre.
- **Reconnaître le droit à l'erreur**, car c'est grâce à cette possibilité que les idées les plus innovantes peuvent émerger.
- **Valoriser l'action plutôt que la perfection**, car il est inutile de chercher une perfection immédiate, surtout si cela conduit à une perte de temps en cas de besoin de modifications importantes.
- **Utiliser des dessins pour expliquer plutôt que de longues explications**, car un dessin vaut mieux qu'un long discours.
- **Adopter une approche empathique** en se mettant à la place du client et en se basant sur des valeurs humaines.
- **Rester clair et concis** dans les dessins et les explications.
- **Favoriser l'expérimentation** pour tester rapidement chaque solution.
- **Encourager la collaboration et tirer parti de l'intelligence collective** pour générer des points de vue variés.
- **Adopter l'attitude du « Oui, et... » plutôt que du « Non, mais... »**, en acceptant les idées des autres et en les améliorant plutôt que de les rejeter et d'imposer ses propres idées.

Le [Design Council](#), une institution publique responsable des questions de design de services au Royaume-Uni, propose un modèle de conception appelé « Double

diamant ». Ce modèle alterne entre des phases de pensée divergente, où l'objectif est de générer un maximum d'idées, et des phases de pensée, où les idées sont réduites et affinées (voir **Figure 15**).

Figure 15 - Double diamant (design council)



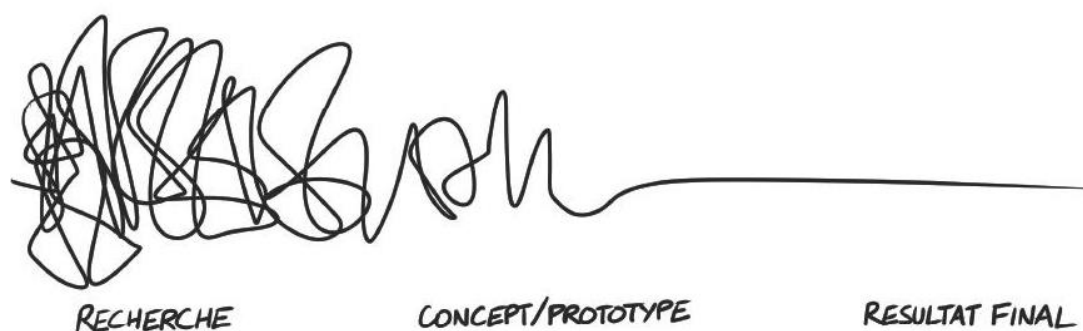
Ce modèle est divisé en 4 phases :

- **Découvrir** : Le premier diamant aide les gens à comprendre, plutôt que de simplement supposer le problème. Cela implique de parler et de passer du temps avec les personnes concernées par les problèmes.
- **Définir** : Les informations recueillies lors de la phase de découverte peuvent vous aider à définir le défi d'une manière différente.
- **Développer** : Le deuxième diamant encourage les gens à donner des réponses différentes au problème clairement défini, en cherchant l'inspiration ailleurs et en concevant conjointement avec une série de personnes différentes.
- **Livrer** : La réalisation implique de tester différentes solutions à petite échelle, de rejeter celles qui ne fonctionnent pas et d'améliorer celles qui fonctionnent.

Le processus de conception en *design thinking* est souvent représenté par le schéma du « double diamant », qui illustre les phases d'ouverture et de réduction. Ces phases se répètent deux fois, d'où le terme « double » diamant. Le premier diamant est consacré à l'identification du problème, tandis que le deuxième diamant est axé sur la recherche de solutions, le tout de manière itérative.

Une autre représentation visuelle du processus de conception est proposée par Damien Newman, qui utilise une illustration montrant un gribouillis confus se transformant progressivement en une ligne unique, claire et nette (Beudon, 2017). Cette illustration symbolise l'évolution du processus de conception (voir **Figure 16**).

Figure 16 - Le « squiggle » de Damien Newman (repris dans Beudon (2017)).



Le *design thinking* est utilisé en éducation pour tenter de répondre à des problématiques complexes. Par exemple : repenser la manière d'élaborer et d'enseigner les programmes en prenant en compte des besoins des enseignants et des élèves qui ne conviennent plus à l'ère où le numérique est omniprésent. C'est le cas du comté de Howard qui utilise le *design thinking* pour reconceptualiser la création des programmes et leur enseignement afin de répondre aux besoins de l'ensemble des élèves (IDEO & Riverdale).

Des boîtes à outils ont été conçues pour les enseignants pour qu'ils puissent concevoir avec leurs élèves (Both, 2022; IDEO & Riverdale ; Synlab, 2017). Elles s'appuient sur une méthodologie composée de 5 phases : l'empathie, la définition, l'idéation, le prototypage et le test. L'empathie sert à comprendre les personnes pour lesquelles nous concevons. La phase de définition sert à identifier les besoins des utilisateurs. L'idéation permet de rechercher des idées pour répondre au problème. Le prototypage permet de donner vie aux idées en les rendant physiques. La dernière phase sert à évaluer le prototype dans le but de l'améliorer. Le processus est itératif.

L'utilisation du *design thinking*, en tant que processus d'apprentissage en équipe, apporte une amélioration de l'expérience en classe pour l'enseignant comme pour l'élève. Cela conduit à une attitude positive envers l'apprentissage constructiviste et à une augmentation de sa mise en œuvre dans l'éducation (Scheer et al., 2012).

2.1.5 Pour conclure

2.1.5.1 La conception centrée utilisateur et la conception participative

Ces deux approches que sont la CCU et la CP apparaissent donc utiles pour accompagner les enseignants dans le changement technologique et le développement des systèmes, mais aussi pour le changement et le développement des personnes, des organisations et des pratiques, dans des contextes socio-

historiques changeants. En effet, ces approches ont en commun l'importance d'impliquer l'utilisateur dans le processus de conception d'un produit et un potentiel transformatif des personnes. D'après Darses (2004) et Abras et al. (2004), ces approches offrent les avantages suivants :

- Elles permettent une meilleure expression des besoins des utilisateurs dès le début du processus de conception.
- Elles facilitent l'intégration des acteurs métiers dans le processus de conception, en prenant en compte leurs connaissances, leurs logiques d'action et leurs techniques spécifiques.
- Elles améliorent à la fois les conditions de travail et les performances des systèmes de production :
 - o En permettant aux employés de co-concevoir leur propre système de travail,
 - o En favorisant les démarches d'amélioration des performances du système de production,
 - o En contribuant à l'amélioration de la formation sur les nouveaux dispositifs et à l'évolution des compétences.

C'est pour ces raisons que nous envisageons d'intégrer ces approches pour 1) développer des outils numériques, pédagogiques, performants et adaptés au contexte éducatif, pour faciliter leur intégration dans les pratiques enseignantes et 2) pour que les enseignants puissent développer leurs compétences et se former à l'utilisation de ces outils. En effet, Iversen et al. (2018) soutiennent que la CP a le potentiel de conduire un programme d'autonomisation informatique dans l'éducation en connectant la CP politique avec des visions contemporaines pour aborder un futur marché du travail et une société qui sont numérisés.

D'autres courants se sont développés sur les mêmes principes que la conception centrée utilisateur et la conception participative et dont les outils et techniques peuvent être intéressants à mettre en œuvre pour soutenir l'innovation pédagogique, tels que le *design UX* et le *design thinking*.

2.1.5.2 Le design thinking et le design d'expérience

Le *design UX* et le *design thinking* sont des courants intéressants qui permettent l'implication des enseignants et/ou des élèves dans le développement de solutions technopédagogiques pouvant favoriser la construction de solutions adaptées à leurs besoins et permettre une montée en compétences sur l'utilisation des solutions technopédagogiques conçues. Ces courants pourraient également permettre de favoriser l'acquisition des compétences transversales, telles que la collaboration, la créativité et le numérique par exemple. Toutefois, une question qui se pose est le lieu où mener ces activités de conception pour l'éducation. Bien que la salle de classe permette de placer les participants dans un contexte réel, celle-ci n'est pas destinée à l'ingénierie et au développement de systèmes. Dans cette perspective, des tiers-lieux sont utilisés comme espaces situés hors de l'école pour pratiquer des activités

de conception centrée utilisateur et de conception participative. Ces lieux sont conçus pour encourager la créativité, l'expérimentation et l'innovation.

2.2 Les tiers-lieux pour l'éducation

Tiers-Lieux : des espaces collaboratifs d'apprentissage.

En éducation, de nouvelles formes d'espaces collaboratifs d'apprentissage prennent place partout en France (Tiers Lieux Edu, 2022). Ces espaces sont communément appelés « tiers-lieux ». L'apparition et la croissance rapide des tiers-lieux sont intimement liées aux profondes transformations sociétales induites par la technologie numérique et Internet (Burret, 2013).

La notion de « tiers-lieux » a été introduite en 1989 par le sociologue américain Ray Oldenburg. « *The Third Place* », en anglais, fait référence en français au « troisième lieu », relatif aux environnements sociaux qui viennent après la maison et le travail. Selon cet auteur, ces derniers constituent l'équilibre triangulaire pour une vie quotidienne épanouissante et détendue. Oldenburg (1999) accorde une importance toute particulière aux bénéfices apportés par ces lieux de rassemblement public informels qui semblent être en déclin aux États-Unis depuis l'arrivée des « *automobile suburb* ». Ce sont des communautés résidentielles à proximité des lignes de tramway, dans lesquelles les rites de sociabilité ont disparu du fait de l'usage de l'automobile. Les tiers-lieux, destinés à la vie sociale de la communauté, sont essentiels aux processus politiques d'une démocratie et de l'engagement civique. Ils permettent également d'autres formes d'affiliation et d'associations communautaires. Ils offrent l'occasion aux gens d'un même secteur de se rencontrer, de se réunir et d'échanger de manière informelle.

Le sociologue Oldenburg (1999) caractérise le tiers-lieu par les éléments suivants :

Un terrain neutre et convivial.

1. Un terrain neutre sur lequel les gens peuvent se rassembler. Un endroit où ils se sentent chez eux et à l'aise, où ils peuvent aller et venir comme ils l'entendent.

Ouverture et inclusivité.

2. Un endroit ouvert à tous, inclusif, où tout le monde est considéré sur le même pied d'égalité. Dans ce lieu, on fait abstraction des différences de position ou de rang existant entre les Hommes dans la société. De plus, le tiers-lieu se veut véhiculer un climat positif et joyeux.

Activité principale : la conversation.

3. La conversation en est l'activité principale. Rien n'indique plus clairement l'existence d'un tiers lieu que le fait que la conversation y soit bonne, animée, scintillante, colorée et engageante.

Accessible et accommodant.

4. Accessible et accommodant. Le tiers-lieu doit être accessible sur une large plage horaire, voire presque en permanence pour accueillir les gens avant, entre et après leurs activités obligatoires, et il doit être accessible physiquement, c'est-à-dire proche du domicile ou du lieu de travail, donnant l'assurance d'y trouver un visage familier. Par son libre accès, l'activité qui se déroule dans les tiers lieux est largement non planifiée, non programmée, non organisée et non structurée par la fluidité des fréquentations.

- | | |
|--|---|
| Dirigé par les habitués. | 5. Les tiers lieux sont dominés par leurs habitués. Ce sont eux qui donnent à l'endroit son orientation et aux autres l'envie de revenir. |
| Une structure simple. | 6. Un profil bas. En tant que structure physique, le tiers-lieu est généralement simple. Il ne se veut pas extravagant, mais plutôt familier où la sobriété et la modestie sont de rigueur pour accueillir les gens de toutes conditions. |
| Une ambiance conviviale. | 7. L'humeur persistante du tiers-lieu est ludique. L'ambiance se doit d'être joyeuse donnant aux personnes l'envie de revenir et invitant le nouvel arrivant à les rejoindre. |
| Un foyer hors de la maison et du travail. | 8. Un foyer hors de la maison. Le tiers-lieu constitue un environnement agréable et enracinant offrant à ses usagers de la chaleur, un sentiment de possession et d'appartenance et de la régénération sociale. |

De nos jours, les tiers lieux sont une forme émergente d'organisation du travail qui se caractérise par un modèle de gestion plus collectif et moins hiérarchique. Ils sont conçus comme des espaces d'expérimentation collective, favorisant le développement de nouvelles méthodes d'apprentissage (Aigron & Manuel, 2018). Ces lieux sont des espaces intermédiaires situés entre le domicile et les bureaux, offrant une alternative en tant qu'espaces de travail. Ils sont basés sur des valeurs d'échange de connaissances et de partage entre les utilisateurs, avec une utilisation des technologies numériques (Lorre, 2018). Ils favorisent une dynamique sociale et reposent sur l'innovation ouverte, ce qui veut dire que cet espace peut accueillir diverses personnes avec différentes compétences et les usagers sont impliqués et actifs dans le processus d'innovation. De plus, les tiers-lieux fonctionnent en mode projet et soutiennent le partage et l'accessibilité aux données (open source) (Aigron & Manuel, 2018; Fredriksson & Duriaux, 2018). Ils sont propices au travail collaboratif et à la créativité par l'utilisation de méthodes de *co-design* ou de *design thinking*, *do it yourself* ou *learning by doing* (Liefoghe, 2018). Ils encouragent aussi la formation de pair-à-pair (Aigron & Manuel, 2018). De même, afin de faciliter la réalisation des projets, ces espaces offrent des services spécifiques comprenant des équipements, de l'animation et des conseils aux utilisateurs (Lorre, 2018).

Selon Lorre (2018), les tiers-lieux sont organisés selon cinq perspectives :

- La perspective **sociologique** : le tiers-lieu est un réseau de relations et d'interactions sociales. Il favorise les pratiques de cohabitation et de co-création, permettant aux utilisateurs de réaliser des projets collectifs.
- La perspective **socio-professionnelle** : Il s'agit d'un espace d'interactions pour les professionnels souhaitant travailler, se rencontrer et échanger.
- La perspective **économique** : le tiers-lieu est un lieu de travail axé sur l'échange et peut être considéré comme un générateur d'innovation. La créativité peut conduire à la création de richesses financières et non financières.
- La perspective **culturelle** : le tiers-lieu est caractérisé par des valeurs d'ouverture, de solidarité et favorise les échanges et le partage. Il permet aux utilisateurs de devenir des co-créateurs et de mener leurs projets à bien.

- La perspective **territoriale** : le tiers-lieu est un centre de ressources pour les utilisateurs et pour le territoire dans lequel il est situé. Il stimule le dynamisme du territoire grâce à un processus de création de projets.

En pratique, ce sont des lieux en tension.

On constate que depuis la définition d'Oldenburg, le concept s'est déplacé en Europe et a évolué. Ferchaud et Dumont (2017) vont contredire la définition d'Oldenburg, en montrant que les tiers-lieux en Éducation ne sont pas conçus comme des lieux neutres. Selon eux, il s'agit bien au contraire de lieux en tension entre action publique, action économique et action militante, traduisant des positionnements, voire des stratégies affirmées. Ils disent que leur profil est, en grande partie, déterminé par l'équilibre, stabilisé, mais sans cesse évolutif, issu de ces tensions.

Il existe différents types de tiers-lieux.

Les tiers-lieux regroupent une variété d'espaces tels que des espaces de *coworking* (espaces de travail collaboratif), des *fablabs* (laboratoires de fabrication numérique), des *techshops* (espaces offrant un accès à divers outils), des *hakerspaces* (espaces favorisant le partage de ressources et de savoirs, souvent dans le domaine de l'informatique) (Burret, 2013; Lorre, 2018), des *living labs* (laboratoires vivants) (Scaillerez & Tremblay, 2017) ou encore des *learning labs* (laboratoires d'apprentissage) pour ne citer que les plus connus. Certains tiers-lieux regroupent parfois plusieurs de ces fonctions en un seul espace, engendrant un nombre considérable de combinaisons possibles.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à identifier une typologie de tiers-lieux (Capdevila, 2015; Lorre, 2018; Scaillerez & Tremblay, 2017). Capdevila (2015) a classé ces nouveaux espaces selon le type de gouvernance et l'approche créative. Quant à Scaillerez et Tremblay (2017), ils ont catégorisé les tiers-lieux par les acteurs qui les composent, à savoir des fabricants, des penseurs ou des « réseauteurs ». Alors que Lorre (2018) distingue les ateliers de fabrication numérique (*fablabs*) des espaces de *coworking*. Selon lui, les premiers types de tiers-lieux reflètent de nouvelles formes d'organisations de fabrication et de création, où des utilisateurs individuels et/ou collectifs entreprennent la réalisation de leurs projets et développent des objets personnalisés. Les seconds types de tiers-lieux sont perçus comme des espaces rassembleurs qui offrent un environnement de travail confortable, ainsi que des réseaux de compétences et de connaissances favorables aux travailleurs nomades, favorisant ainsi la flexibilité et les échanges.

Selon Mary (2020), ces dynamiques collectives qui permettent aux équipes de « se former en se formant », doivent être organisées et impulsées par les responsables du système éducatif. Elle démontre qu'il est possible de susciter chez les collectifs de travail la volonté et les moyens de s'approprier leur formation continue, en s'appuyant sur leurs situations de travail. Elle évoque les tiers-lieux comme des espaces concrets qui offrent des opportunités de rencontres et des échanges de pratiques pour les enseignants. De plus, elle ajoute qu'ils « *construisent aussi un réseau et une dynamique d'interformation fondée sur la mutualisation des pratiques d'apprentissage efficaces, discutées et testées par chacun. L'objectif est de se placer du point de vue de l'élève apprenant et de l'aider à comprendre et à expérimenter différentes manières de mémoriser et d'apprendre* ». L'important est que l'enseignant qu'il soit

Une nouvelle forme d'organisation du travail pour la créativité et l'innovation.

débutant ou expérimenté, se positionne comme un apprenant, pouvant à la fois apporter des connaissances aux autres, mais aussi apprendre de ses pairs.

En éducation, ces lieux représentent une nouvelle forme d'organisation du travail, considérés comme indispensables à la créativité et à l'innovation. Ce sont des lieux qui permettent à divers acteurs de se rencontrer, de partager, d'échanger, d'expérimenter et de travailler sur des problématiques communes liées à l'Éducation (Guenoud & Moeckli, 2010). Par le numérique, le tiers-lieu semblerait à même de favoriser de nouvelles formes d'interactions sociales et de relations de travail, plus flexibles, ouvertes, interactives, et mécaniquement « collaboratives » du fait de leur accessibilité, de leur disposition, de leur localisation (Ferchaud & Dumont, 2017).

À présent, nous allons présenter trois types de tiers-lieux : les *fablabs*, les *learning labs* et les *living labs* et mettre en lumière les caractéristiques de ces concepts qui peuvent répondre aux problématiques identifiées à la fin du chapitre 1.

2.2.1 Les fablabs

Un lieu équipé de machines pour la fabrication.

Faire par soi-même et s'approprier les technologies.

Formation entre pairs.

À l'origine, le concept de *fablab* a été lancé par le professeur Neil Gershenfeld, à la fin des années 1990, dans son laboratoire, nommé « *Center for Bits and Atom* » (CBA) situé au MIT (Geslin, 2017). « *FabLab* » est la contraction de « *Fabrication laboratory* ». Il désigne un lieu équipé de machines à commandes numériques qui donne la possibilité aux usagers de passer de l'idée à la réalisation concrète, en fabriquant soi-même toutes sortes d'objets. Son objectif initial est de permettre à chacun de s'approprier les technologies du point de vue de la création plutôt que de simplement les utiliser (Gershenfeld, cité dans Quinche & Didier, 2019). Les *fablabs* encouragent des formes d'apprentissage axées sur le « faire » (*Do It Yourself - DIY*). Un autre aspect central de ce concept réside dans la collaboration entre les membres et l'apprentissage mutuel (Quinche & Didier, 2019).

Depuis 2009, les *fablabs* se sont multipliés sur le territoire français (Lhoste, 2017). On peut citer quelques exemples : le [Graoulab](#), le [FabLabMDesign](#), le carrefour numérique, le LOREM, le petit *fablab* de Paris, la nouvelle fabrique située à Paris.

Selon Geslin (2017), les *fablabs* reposent sur 3 concepts essentiels :

- *Apprendre* : des formations sont dispensées de manière plus ou moins formelle à ceux qui le souhaitent sur les différents outils accessibles.
- *Faire* : les outils présents dans un *fablab* peuvent être utilisés à des types très variés de projets à n'importe quel stade d'avancement. Un processus itératif est souvent mis en place naturellement : penser, créer, tester et recommencer. Pour les projets plus avancés et qui le nécessitent, certaines technologies ouvrent la voie vers la fabrication de petites séries.

Les fablabs reposent sur le concept de partage et d'open hardware.

- *Partager* : le partage de l'espace, des machines, du savoir-faire, des idées, des projets, etc. Les *fablabs* permettent d'apprendre ensemble à faire soi-même. Cette approche est donc propice au développement d'un cycle de pérennisation naturelle du savoir-faire et son évolution est stimulée par les différents porteurs de projets. Le partage se veut local, mais aussi global à travers le réseau international des *fablabs*. Inspiré du principe de l'*open source*, les *fablabs* reposent également sur l'*open hardware* qui désigne les informations nécessaires à la fabrication d'un objet partagé et diffusé en accès libre. Ainsi, chacun peut le réutiliser, l'adapter et le faire évoluer en fonction de ses besoins.

Démarche de projet et apprentissage basé sur la conception.

Les *fablabs*, visent à démocratiser la fabrication numérique personnelle, c'est-à-dire la conception, la fabrication et la réparation d'objets, par les individus eux-mêmes. Ils mobilisent des compétences techniques dans une démarche de projet, ou plus précisément un apprentissage basé sur la conception (*design-based learning*). Ils peuvent s'appuyer également sur une méthodologie de conception participative (González-Nieto et al., 2020) ou une approche basée sur les problèmes (Chan & Blikstein, 2018). Lhoste et Barbier (2016) définissent les *fablabs* « *comme des formes d'infrastructures intermédiaires entre des activités scientifiques et techniques sorties du laboratoire et des activités sociales de formation et de bricolage sorties du monde domestique et déplacées vers des lieux tiers.* »

Par ailleurs, les *fablabs* sont souvent en lien avec les *makerspaces* et les *hackerspaces* (Blikstein, 2018; González-Nieto et al., 2020; Soomro et al., 2022). Ils s'inscrivent dans une dynamique d'institutionnalisation de la culture maker qui porte des conventions et des valeurs proches de la culture hacker (Lhoste, 2017; Lhoste & Barbier, 2016). Halverson et Sheridan (2014) distinguent trois composantes : *la fabrication (making)* en tant qu'ensemble d'activités, les *makerspaces* en tant que communautés de pratique et les *makers* en tant qu'identités de participation. Pour les auteurs, l'approche par la fabrication est la plus proche d'autres travaux de conception basés sur le constructivisme et le constructionnisme, qui se concentrent sur l'engagement des participants dans le contenu et le processus d'apprentissage. Sur la base de cette approche, Mieveville et al. (2015) ont montré comment l'enseignement de l'électronique peut être prodigué et rendre en peu de temps les étudiants autonomes et désireux d'aller plus loin dans le domaine.

Puis, d'autres auteurs ont souligné des éléments que pouvaient apporter ces types de lieux et approches. Par exemple, Soomro et al. (2022) ont montré que les *makerspaces* et les *fablabs* aident à développer la personne, le produit, les environnements physiques et sociaux, ainsi que les aspects du processus de créativité. De plus, ils ont ajouté que ces derniers permettaient de motiver les étudiants à s'engager dans l'enseignement des science, technologie, ingénierie et mathématique (STIM) et facilitaient le développement d'expériences d'apprentissage pratiques, de la confiance, de la résolution de problèmes et des compétences en communication. Liquète (2019) a montré que l'ouverture ou la mise à disposition d'un espace partagé de type *fablab* réajuste les rôles, autant du côté des enseignants que des élèves. Il a vu qu'une part du suivi et du pilotage des projets est menée en autonomie par les élèves, et que ceux-ci sollicitent différemment, et en des moments

clés, l'enseignant en tant qu'autorité de savoirs experts et source d'arbitrage entre les pairs.

Cependant, Quinche et Didier (2019) mettent en évidence le risque de dépendance des utilisateurs tels que les élèves et les enseignants à l'égard de l'expertise des techniciens ou experts présents dans les *fablabs*. Ils constatent que même si les utilisateurs explorent les possibilités offertes par les *fablabs*, ils ont tendance à ne pas développer leur autonomie. Les auteurs soulignent ainsi des besoins spécifiques pour les élèves et les enseignants afin d'intégrer de nouvelles compétences liées au numérique. Cela comprend des outils numériques accessibles aux enfants dès le primaire, un soutien accru et un encadrement pendant les phases de production adaptés aux besoins des élèves, ainsi que des formations spécifiques pour les enseignants en fonction de leurs compétences préalables. De plus, Bosqué (2015) souligne le déplacement des activités de fabrication numérique vers des exigences locales, influencées à la fois par des impératifs économiques et des convictions morales. Selon leur localisation, les *fablabs* deviennent des zones de friction et de résistance qui ne dépendent pas uniquement des outils numériques.

Depuis 2015, les *fablabs* ont établi leur propre réseau et identité distincte (Réseau français des FabLabs, 2022). Leur fonctionnement est formalisé par la charte des *fablabs* (The Fab Massachusetts Institute of Technology, 2012), émise par le MIT. En France, un livre blanc (Bosqué et al., 2019) a été rédigé pour décrire le développement des *fablabs*, couvrant leur historique, leur animation, leur administration, leur gouvernance et les réseaux qui les composent. Les fondateurs et les *fabmanagers* jouent un rôle essentiel dans les activités d'intermédiation et les processus d'institutionnalisation des *fablabs* en créant des communautés de pratiques locales.

De plus, les *fablabs* font partie d'un réseau mondial coordonné par la *FabFoundation*. D'après Garnier (2020), ils poursuivent deux principaux objectifs :

- Favoriser l'émancipation des individus en diffusant une culture scientifique et technique.
- Contribuer collectivement au développement des technologies de fabrication numérique personnelle en partageant largement les bénéfices des expérimentations locales. Pour atteindre cet objectif, le partage des connaissances créées localement par les utilisateurs doit s'effectuer non seulement au sein de chaque *fablab*, mais également entre les différentes communautés d'utilisateurs des *fablabs*.

Dans une telle dynamique, les *fablabs* sont essentiels et deviennent des centres locaux d'innovation et de fabrication. En effet, Lhoste et Barbier (2016) ont montré qu'il s'agissait « *de dispositifs qui facilitent les interactions entre différents acteurs avec pour objectif de contribuer au développement de communautés innovantes locales grâce au soutien des acteurs économiques et politiques territoriaux qui accueillent ces tiers-lieux et qui modifient le rapport d'une institution à son propre projet d'extension de la culture scientifique et technique.* ».

2.2.2 Les learning labs

Ce sont des laboratoires d'apprentissage. Leur objectif est d'améliorer l'enseignement et l'apprentissage dans les institutions universitaires en mettant en œuvre des projets utilisant les technologies émergentes et les nouvelles tendances de la science pédagogique. Ils favorisent le développement de scénarios d'apprentissage innovants.

Tout comme l'apparition des *fablabs*, les *learning labs* sont arrivés avec la révolution numérique. Le premier *learning lab* fut créé en 1997 à l'université de Stanford (Stanford University, 2022). Il correspond à une organisation de recherche dont la mission est d'entreprendre des projets visant à améliorer l'enseignement et l'apprentissage dans les établissements universitaires en utilisant les nouvelles technologies et les nouvelles tendances de la science de la pédagogie (Sanchez et al., 2022).

Les *learning labs* sont des laboratoires d'apprentissage. En France, on peut retrouver par exemple, le *learning lab* de l'IUT Robert Schuman, le *learning lab* de l'École centrale de Lyon et de l'EM Lyon Business School, le *learning lab* de la bibliothèque Sciences de Lyon 1.

Les *learning labs* correspondent à des environnements qui favorisent des scénarios d'apprentissage innovants permettant le développement de compétences numériques et celles en matière d'innovation (Sanchez et al., 2022). Des innovations ont déjà été réalisées (exemples : les classes inversées à distance (Aubrun, 2018), les open badges, les MOOCs). La mise en œuvre de *learning labs* trouve d'autant plus d'intérêt depuis la crise sanitaire et l'enseignement à distance.

Sanchez et al. (2022) associent *un learning lab* à la fois à la pratique (créer quelque chose) et à la recherche (expérimenter quelque chose) sur l'apprentissage. Dans ce contexte, l'apprentissage peut être compris dans son sens large comme le développement de nouvelles pratiques d'enseignement pour les enseignants ou de nouvelles stratégies d'apprentissage pour les apprenants. Ils définissent ce concept comme « *un espace physique, numérique et humain d'observation, d'expérimentation et d'évaluation, pour repenser et enrichir les attitudes et pratiques d'apprentissage et d'enseignement à l'université. Un learning lab est un incubateur d'innovation pédagogique et d'apprentissage numérique structuré sur trois dimensions : espaces, activités et communautés.* ».

Encore récent, le concept reste flou. Pour les chercheurs, le *learning lab* est soit une méthode d'intervention, un programme (Bal et al., 2018), une approche (Brehm & Guenzel, 2018), une unité organisationnelle ou un espace physique (Carron et al., 2018; Erol & Klug, 2020), numérique (Liguori & Rappoport, 2018; Zinger et al., 2017) ou hybride avec des installations de laboratoire contrôlées à distance ou des environnements virtuels avec différentes simulations (Stefanovic, 2013) situés dans une Université.

En termes d'objectifs, un *learning lab* peut-être dédié à

- Relever des défis éducatifs tels qu'introduire la robotique, l'intelligence artificielle (IA) et les tests de logiciels dans les écoles (Haller-Seeber et al., 2022),
- Modifier la manière d'enseigner (Carron et al., 2018), des défis sociaux tels que le racisme et l'équité (Bal et al., 2018) ou encore les risques naturels (Shabudin et al., 2017),

- Former les apprenants ou améliorer leurs compétences numériques (Brehm & Guenzel, 2018; Rukspollmuang et al., 2022; Sanchez et al., 2022),
- Développer les compétences transversales du XXI^{ème} siècle (Liguori & Rappoport, 2018),
- Favoriser la motivation des apprenants, l'immersion et les échanges (Carron et al., 2018),
- Améliorer les compétences des enseignants (Zinger et al., 2017),
- Améliorer l'évaluation des connaissances et des savoir-faire des enseignants (Carron et al., 2018),
- Favoriser l'innovation ouverte en industrie et surtout l'apprentissage par la pratique des pratiques d'innovation ouverte afin d'améliorer la production des entreprises (Erol & Klug, 2020).

Selon Brehm et Guenzel (2018), les *learning labs* reposent sur quatre concepts : le concept didactique, le concept de flux, le concept de dépôt des tâches et le concept de communauté. De plus, Sanchez et al. (2022) ont proposé un modèle pour la conception de *learning labs* dans des Universités, basé sur trois composantes :

- *La communauté* : un *learning lab* est principalement défini par une communauté d'enseignants et d'étudiants d'une université donnée. D'autres acteurs issus de l'université (personnel technique ou administratif, ingénieurs pédagogiques et spécialistes des technologies éducatives) et externes (différentes personnes intéressées à participer et experts invités à donner des conférences ou à organiser des ateliers) font également partie de cette communauté.

Par exemple : dans l'étude de Bal et al. (2018), les parties prenantes représentaient des enseignants, des administrateurs, des élèves et des familles, des membres de la communauté et des chercheurs ; dans l'étude d'Erol et Klug (2020), elles concernaient des entreprises industrielles régionales, les institutions régionales d'éducation et de recherche et les fabricants privés.

Sanchez et al. (2022) distinguent 3 catégories de membres en fonction de leur implication dans le *learning lab* :

- o Les spectateurs sont des membres qui sont prêts à être conscient de ce qui se passe au sein de la communauté et apprennent en observant quand l'activité a lieu.
 - o Les participants sont des membres actifs qui sont profondément impliqués dans les activités.
 - o Les contributeurs sont des membres impliqués dans l'organisation de l'activité. Ils produisent également des ressources pédagogiques.
- *L'activité* : un *learning lab* est défini par des activités. Elles correspondent à des scénarios d'apprentissage concrets conçus, organisés ou facilités par le *learning lab*. Elles requièrent la participation et l'engagement de la communauté afin d'atteindre les objectifs d'apprentissage des participants,

ainsi qu'un, ou plusieurs des objectifs du laboratoire d'apprentissage. Ainsi, afin de répondre aux objectifs et aux valeurs, ces activités doivent permettre la découverte, l'observation, l'expérimentation et l'évaluation des pratiques d'enseignement et d'apprentissage. Les activités doivent également inclure des modalités innovantes, être centrées sur l'apprenant, encourager le partage des connaissances, être évaluées et formalisées, être rendues visibles et valorisées au niveau universitaire.

Un accent est mis sur l'apprentissage par l'expérience, la réalisation de projets, l'approche participative (Rukspollmuang et al., 2022) et l'innovation ouverte (Erol & Klug, 2020).

Selon Sanchez et al. (2022), les activités du *learning lab* sont conçues et définies en fonction des éléments suivants :

- La description comprend le nom et le thème de l'activité (par exemple, l'apprentissage par le jeu), le type d'activité (par exemple, atelier, webinaire...), le lieu, la durée et la date à laquelle l'activité se déroule,
 - Les objectifs de l'activité. Les objectifs d'apprentissage sont inspirés du cadre européen pour la compétence numérique (Vuorikari et al., 2022),
 - Les acteurs et les tâches. Cette catégorie est une description de l'activité en termes de conception de l'apprentissage, d'organisation, de personnes impliquées et de public cible.
 - Les ressources comprennent tous les outils et documents utiles pour réaliser l'activité (par exemple, le formulaire d'inscription, les outils de communication) ou produits par l'activité.
 - L'évaluation est également une dimension importante de l'activité. Des questionnaires spécifiques de retour d'information ou des entretiens avec des personnes ayant participé à l'activité permettent de savoir si les objectifs ont été atteints.
- *Les espaces* : un *learning lab* est défini par des espaces hybrides composés d'espaces physiques et numériques. L'espace physique englobe différentes salles conçues pour accueillir les activités et la communauté qu'elles visent à accueillir. L'espace numérique prend la forme d'une plateforme numérique permettant de communiquer (webinaires, réunions) et de stocker et diffuser des ressources pédagogiques. L'espace numérique englobe également les réseaux sociaux qui permettent la construction de la communauté. Les principales caractéristiques des espaces de laboratoire d'apprentissage sont leur affordance et leur modularité afin qu'ils puissent (1) adapter les activités aux besoins des utilisateurs, (2) promouvoir la collaboration et le partage entre un public hétérogène, (3) évoluer en fonction des besoins des utilisateurs et des avancées technologiques, (4) rendre visibles les innovations pédagogiques entreprises par les membres de la communauté.

Selon Carron et al. (2018), un *learning lab* peut posséder :

- Un espace de *coworking* et d'expérimentation (avec du mobilier facilement déplaçable) où les élèves manipulent et réalisent,
- Un espace de formation en ligne avec des ordinateurs équipés d'écouteurs pour réécouter des cours spécifiques, des tutoriels et des formations avec des *MOOC* ou des *serious games*,
- Un espace dédié à la créativité avec des outils,
- Un espace de démonstration pour donner des idées.

Tout comme les *fablabs*, les *learning labs* possèdent leur propre réseau : *Learning Lab Network* (Learning Lab Network, 2022c). Depuis sa création en 2014, le réseau fédère plus d'une centaine de membres en France, en Belgique, au Canada et au Maroc autour d'une mission d'utilité publique : promouvoir et contribuer au développement de *learning labs* afin d'offrir à chacun la possibilité d'apprendre autrement. Un processus de labellisation, issu du travail des référents régionaux et des réflexions de membres du réseau, a été mis en place. Ce dernier est inscrit dans la charte pour les *learning labs* (Learning Lab Network, 2022a). Cette charte définit un *learning lab* comme « à la fois un lieu et un écosystème d'expérimentation et d'innovation sur les nouvelles formes de travail et d'apprentissage collaboratif. Ces espaces novateurs ont recours simultanément aux outils numériques, aux environnements, équipements, supports d'apprentissage et méthodes pédagogiques favorisant l'intelligence collective. ». Selon la charte, un *learning lab* regroupe les caractéristiques suivantes :

- « Le recours à des pédagogies actives par exemple initiées par des situations-problèmes, des projets de nature authentique ; la pédagogie par problème...,
- La mise en œuvre de formes d'interactions (étudiant, enseignant, entreprise, société) marquées par l'apprentissage collaboratif et la construction d'intelligence collective ;
- Le développement de compétences disciplinaires, professionnelles et transversales comme la recherche d'informations, l'esprit critique, le travail d'équipe, l'évaluation, la prise de décisions, la créativité, la gestion de projets ... ;
- La mise en place et l'entraînement à des méthodes particulières comme le design thinking, le codesign, le leadership partagé, des ateliers de l'imaginaire, l'effectuation, le visual thinking, le brainstorming ... ;
- Le développement et le recours à des technologies de pointe visant tout à la fois à soutenir les dispositifs de co-formation et leur apportant des valeurs ajoutées ;
- La création d'environnements et des lieux favorables à la production, à la créativité, au collectif et soutenus fortement par diverses technologies de l'information et de la communication ;
- La recherche du développement personnel de chacun en fonction de ses propres styles d'apprentissage. »

Après la crise sanitaire et la généralisation du travail à distance, le *Learning Lab Network* (2022b) a publié un ouvrage qui identifie les éléments clés d'un *learning lab* :

- Proposer des activités diversifiées (par exemple : approche par projets, classe inversée, jeux de rôle),

- Être équipé de technologies numériques et non numériques (par exemple : logiciels, solutions de téléprésence, studios, tableaux, jeux) et offrir des aménagements variés,
- S'adapter en fonction des besoins et des utilisations,
- Accompagner les utilisateurs (par exemple : mettre à disposition des ressources humaines, proposer différents types d'accompagnement adaptés aux besoins spécifiques, aider à la prise en main des outils, soutenir la conception de scénarios pédagogiques, offrir des formations et fournir des informations logistiques.),
- Mettre en place un protocole d'observation,
- Accueillir un public diversifié (en termes de profils, d'évènements et de disponibilité et d'accès aux espaces),
- Adopter une approche réflexive : évaluer le projet de manière méthodique, impliquer les utilisateurs dans la conception, l'aménagement et le développement des espaces, et évoluer en fonction des données recueillies,
- Participer au développement du réseau,
- Contribuer à la recherche scientifique.

Koh et Abbas (2015) se sont intéressés aux compétences, aptitudes et connaissances nécessaires aux professionnels pour le bon fonctionnement des *learning labs*. Selon ces auteurs, ces compétences concernent principalement la capacité d'apprendre, de s'adapter à de nouvelles situations, de collaborer, de défendre le *learning lab* et de servir des personnes diverses. De plus, les aptitudes et connaissances correspondent principalement à la gestion, le développement de programmes, la rédaction de demandes de subventions et à la collecte de fonds, à la maîtrise de la technologie et à la facilitation de l'apprentissage en fonction des théories de l'apprentissage et des comportements des utilisateurs.

Par ailleurs, des chercheurs ont développé des outils pour évaluer les objectifs d'apprentissage en lab (Galloway & Bretz, 2015; Nikolic et al., 2020). Par exemple, Nikolic et al. (2020) ont développé le *Laboratory Learning Objectives Measurement (LLOM)* permettant aux étudiants d'évaluer l'apprentissage perçu sur le plan psychomoteur, cognitif et affectif d'un *learning lab*.

Durant la pandémie, les étudiants ont dû travailler à distance. Chen (2022) a pu montrer que les étudiants en ligne ont apprécié les vidéos et ont pris confiance en eux dans les procédures, mais ont conservé davantage d'idées fausses sur le contenu du cours.

Le *learning lab* combine une réflexion sur les méthodes de transmission et d'appropriation des connaissances avec une attention particulière portée à l'aménagement spatial du cadre d'apprentissage et aux ressources disponibles (personnel, matériel, équipement) pour les apprenants, ainsi qu'une analyse des besoins et des usages des acteurs du lieu. Ces principes de conception sont guidés par des valeurs d'ouverture à un public diversifié et d'accompagnement des évolutions technico-sociales, en particulier de la transition numérique. Selon Raes et Pieters (2022), un *learning lab* est une forme spécifique de *living lab* qui étudie les pratiques et les technologies innovantes *in situ* et *in vivo*, et la manière dont la

technologie et les comportements d'apprentissage et d'enseignement se configurent mutuellement.

2.2.3 Les living labs

Ce sont des laboratoires vivants.

Le concept de « *living lab* » vient de « *living laboratory* » renvoyant à « laboratoire vivant » en français. Il est plus rarement utilisé dans la littérature sous le nom de « living labbing » (Leminen, 2015a).

Selon certains chercheurs, tels que Tukiainen et al. (2015), ou Fulgencio et al. (2012), le terme « laboratoire vivant » a été utilisé pour la première fois par Knight, en 1749, pour désigner les éléments et les conditions du corps humain comme un environnement pour des expériences et le terme « *living lab* », en 1956, dans l'hebdomadaire *The Billboard* à propos d'une installation dirigée par le Dr Ernst Dichter de l'*Institute of Motivational Research*.

Deux visions différentes de living lab.

Selon Hossain et al. (2019), il existe deux approches distinctes des *living labs* : la vision nord-américaine et la vision européenne. La première approche nord-américaine et l'approche européenne, plus récente, partagent le concept d'implication des utilisateurs dans les activités d'innovation dans des environnements réels. L'approche nord-américaine considère toutefois les *living labs* comme des maisons de démonstration, des *home labs* ou des maisons du futur, dont l'objectif principal est de donner un aperçu de l'avenir et de servir de preuve de concept pour chacune des technologies qu'elles intègrent (Markopoulos & Rauterberg, 2000), tandis que l'approche européenne les considère comme une plateforme permettant d'étudier les habitudes quotidiennes des utilisateurs.

Certains chercheurs suggèrent que le concept de *living lab* est issu des travaux de 1999, du professeur William Mitchell du MIT (Bergvall-Kåreborn et al., 2009; García-Guzmán et al., 2013; Schuurman et al., 2011)). Selon Leminen (2015a), il est considéré comme le grand-père des *living Labs* par le réseau européen des laboratoires vivants (ENOLL) parce que lui et son équipe ont joué un rôle précoce et important pour stimuler les activités des *living labs* en Europe. D'autres chercheurs, tels que Følstad (2008), Ståhlbröst (2008), par exemple, identifient d'autres pionniers dans le domaine, comme Abowd (1999) et ses collègues du *Georgia Institute of Technology* qui étudiaient l'impact de l'informatique ubiquitaire sur l'éducation, ou encore Kidd et al. (1999), sur les environnements domestiques.

En 2006, le réseau européen des laboratoires vivants a été constitué sous la présidence finlandaise du Conseil de l'Union européenne (European Network of Living Labs, 2022b). Il compte aujourd'hui plus de 480 *living labs* en Europe et dans le monde entier. Leminen (2015a) a montré que les études sur les *living labs* concernent un large éventail de domaines ou de secteurs (par exemple : l'agriculture, la santé, l'éducation, les villes intelligentes).

**Leur mission :
soutenir le
processus
d'innovation.**

Les *living labs* visent principalement à soutenir les processus d'innovation qui conduisent à des produits et services utilisables. Autrement dit, ils contribuent à l'innovation et au processus de développement.

De nombreux chercheurs ont tenté de définir le concept de *living lab* (par exemple : Følstad (2008), Bergvall-Kåreborn et al. (2009), Dell'Era et Landoni (2014), Dubé et al. (2014), Leminen (2015b), Steen et Van Bueren (2017), Chronéer et al. (2018)). Cependant, il n'existe encore à ce jour aucune définition communément acceptée. Néanmoins, on retiendra la définition du réseau européen des *living labs* (ENOLL), pouvant servir de référence et qui définit les *living labs* comme « *des écosystèmes d'innovation ouverts dans des environnements réels qui utilisent des processus de retour d'information itératifs tout au long du cycle de vie d'une innovation pour créer un impact durable. Ils se concentrent sur la co-création, le prototypage et les tests rapides et la mise à l'échelle des innovations et des entreprises, en fournissant (différents types) de valeur conjointe aux parties prenantes concernées.* » (European Network of Living Labs, 2022a, traduction libre).

Une revue de littérature réalisée par Hossain et al. (2019) confirme la variété de définitions des *living labs* et de leur utilisation. Selon les auteurs, les *living labs* sont décrits comme une approche, une méthode, un contexte, un environnement, une expérimentation, un réseau, un modèle économique et un intermédiaire. Néanmoins, ils parviennent à identifier 8 caractéristiques clés des *living labs* :

**Ce sont des
environnements
réels.**

- *Des environnements réels* : les *living labs* sont des environnements réels dans lesquels il est possible d'expérimenter, de développer, de cocréer, de valider et de tester des produits, services et systèmes existants, ainsi que de développer de nouveaux produits et services avec les parties prenantes. Ce qui les différencie des laboratoires classiques.

**Ils sont composés
de parties
prenantes.**

- *Des parties prenantes* : les *living labs* comprennent de multiples parties prenantes basées sur des partenariats public-privé (3p) ou des partenariats public-privé-population (4p) (Leminen, 2015a). Le premier partenariat concerne la collaboration avec les citoyens, les entreprises et les pouvoirs publics et le deuxième partenariat implique les entreprises, les organismes publics, les universités, diverses institutions et les utilisateurs. Ils supposent des parties prenantes hétérogènes telles que des universitaires, des développeurs, des représentants de l'industrie, des citoyens et des utilisateurs, ainsi que diverses organisations publiques et privées. Selon Westerlund et Leminen (2011), les *living labs* comprennent quatre acteurs clés :

- o Les facilitateurs (*enablers*) sont les organisations qui rendent tout cela possible, celles qui permettent les activités des laboratoires vivants et les soutiennent en les promouvant ou en leur allouant un soutien financier ou un espace. Les facilitateurs peuvent être des acteurs publics, des financiers ou des organisations non gouvernementales

(comme les villes), des municipalités et des organisations de développement régionales,

- Les fournisseurs (*providers*) sont des organisations de développement, comme des instituts d'enseignement, des universités ou des consultants, qui apportent des connaissances et une expertise, ainsi que des activités de soutien à l'innovation,
- Les utilisateurs (*users*) représentent les citoyens ou les clients finaux, et ce sont des acteurs actifs ou passifs qui participent aux *living labs* dans différents rôles,
- Les bénéficiaires (*utilizers*) sont les organisations publiques ou privées qui bénéficieront des résultats des activités d'innovation de plusieurs façons.

Les *living labs* visent à impliquer les utilisateurs dans le processus d'innovation en assurant la cohésion, en offrant un soutien, en développant les compétences et en promouvant les participants. Leminen et al. (2014), identifient quatre rôles d'utilisateur dans les laboratoires vivants :

1. L'informateur est chargé de partager les connaissances, la compréhension et les opinions des utilisateurs à l'équipe de conception du laboratoire vivant.
2. Le testeur utilise, évalue et valide des produits et services et prototypes dans des environnements réels tels que des salles de classe.
3. Le contributeur suit les règles et les instructions émanant d'une hiérarchie autoritaire ou descendante au sein du *living lab*.
4. Le co-créateur est considéré comme un acteur égal, s'auto-organise souvent et peut apporter une contribution essentielle au processus d'innovation.

De nombreux rôles sont identifiés pour les participants. Parmi eux, Nyström et al. (2014) énumèrent ce qui est peut-être l'ensemble le plus complet de 17 rôles dans les réseaux ouverts : défenseur, fournisseur d'accessoires, constructeur, contributeur, coordinateur, cocréateur, facilitateur, gardien, informateur, instigateur, messenger, orchestrateur, planificateur, producteur, testeur et webmestre. Les rôles des parties prenantes sont très étroitement liés aux activités du *living lab*.

Des activités d'innovation et de collaboration.

- *Des activités d'innovation et de collaboration* telles que :
 - Co-création : co-conception par les utilisateurs et les producteurs ; les utilisateurs et les facilitateurs sont impliqués de manière égale.
 - Exploration : découverte des usages, des comportements et des opportunités de marché émergents.
 - Expérimentation : mise en œuvre de scénarios réels au sein de communautés d'utilisateurs.

- Évaluation : évaluation des concepts, produits et services selon des critères socio-ergonomiques, socio-cognitifs, et socio-économiques (Westerlund & Leminen, 2011).

Les laboratoires vivants visent à créer, prototyper, valider et améliorer des solutions complexes dans divers contextes réels en constante évolution. Pour ce faire, un processus de conception itératif y est généralement mis en place. De plus, les *living labs* sont facilités plutôt que gérés, car ils n'assument aucune autorité sur les participants individuels. Les utilisateurs sont généralement considérés comme des participants actifs, contrairement aux bancs d'essai qui correspondent à « une plateforme et un processus de test en environnement contrôlé permettant de réaliser des tests reproductibles, fiables et rigoureux, pouvant éventuellement être automatisés » (Picard & Bourquard, 2018). Leminen et al. (2014) décrit le cheminement du rôle de l'utilisateur pour devenir un consommateur créatif. Le parcours de celui-ci intègre les dimensions du degré d'activité de l'utilisateur (« élevé » par rapport à « faible ») et la vision de la co-crédation de l'entreprise (« l'utilisateur en tant que sujet » par rapport à « l'utilisateur en tant qu'objet ») lors de l'approche des consommateurs créatifs. Ce cadre permet aux managers de diagnostiquer le type d'implication des utilisateurs que les managers souhaitent engager dans les activités d'innovation de leurs organisations. Lorsqu'un utilisateur est un objet, cela fait référence au fait qu'il révèle ses propres besoins et expériences (d'utilisateur), et cela se rapporte à un modèle centré sur le client. En revanche, lorsque l'utilisateur est un sujet, l'expérience inclut le co-développement ou la co-crédation de l'innovation, ce qui correspond à un modèle centré sur l'utilisateur.

Des modèles d'affaires et réseaux.

- *Modèles d'affaires et réseaux* : le modèle d'entreprise et le *living lab* partagent un objectif similaire. Toutefois, les études sur les modèles d'entreprise se concentrent généralement sur une seule organisation, alors que les *living labs* englobent une grande variété de parties prenantes. Les laboratoires vivants explorent la faisabilité d'un modèle économique de solutions complexes dans des contextes réels.

La proposition de valeur en tant qu'élément clé d'un modèle d'entreprise est difficile à communiquer dans le contexte des *living labs*, car ceux-ci ont des significations différentes selon les parties prenantes. Cependant, de nombreux *living labs* s'appuient sur des modèles commerciaux durables, car ils fonctionnent grâce à un financement par projet associé à des universités ou à des agences de développement urbain. Le rôle de la technologie peut être compris en termes d'appropriation et de création de valeur.

Les *living labs* sont par définition des réseaux, car ils incluent de multiples parties prenantes dans les activités d'innovation et de développement. De sorte que la majeure partie de la littérature sur les laboratoires vivants

considère ces derniers comme des réseaux ou des écosystèmes et utilise les composantes, les acteurs, les activités et les ressources des laboratoires vivants pour décrire ces réseaux. Les ressources des *living labs* comprennent des aménagements pour faciliter la co-conception et les tests et des outils de gestion pour soutenir l'interaction entre les parties prenantes.

Les *living labs* ne sont pas seulement des réseaux d'infrastructures et de services, mais aussi des réseaux de personnes réelles aux expériences riches. Les *living labs* sont des réseaux d'innovation comportant six éléments de définition : un cadre naturel, des parties prenantes multiples, des méthodes multiples, des vues à court et à long terme, une orientation vers l'utilisateur et une infrastructure.

Des méthodes, outils et approches.

- *Méthodes, outils et approches* : Les organisations ont de plus en plus recours aux *living labs* dans leurs processus d'innovation et de développement. Pour cela, il existe différentes perspectives concernant l'approche des *living labs*. Les *living labs* sont pertinents pour mesurer les comportements et les interactions humaines et ils fournissent un environnement d'innovation dans lequel il est possible d'engager toutes les parties prenantes concernées dans différentes phases pour cocréer de la valeur. La méthode des *living labs* est appliquée pour explorer une variété de besoins d'utilisateurs, ou des catégories spécifiques de besoins d'utilisateurs, où le contexte est un élément important et où les utilisateurs sont autorisés à interagir avec de nouveaux produits et services dans la vie quotidienne. La participation peut être ouverte à tous les utilisateurs potentiels ou limitée à des utilisateurs présélectionnés en fonction de la nature et de la pratique du *living lab*. Les méthodes axées sur la conception fonctionnent dans des contextes réels et sont dirigées par des concepteurs professionnels à la recherche de nouvelles solutions. Plusieurs méthodes sont appliquées dans les *living labs*, notamment l'ethnographie et l'innovation par l'utilisateur principal. Les participants aux *living labs* produisent des dessins, des images, des figures et d'autres représentations pour illustrer les solutions à un problème particulier. La littérature précédente suggère également un certain nombre de méthodes, notamment la collecte et l'analyse des fichiers du système (*logs*), les données comportementales, la recherche ethnographique, les questionnaires, les groupes de discussion et l'observation. Ainsi, les laboratoires vivants fournissent les outils nécessaires pour valider les technologies et faciliter le développement de produits et services en fonction des besoins des utilisateurs. Les *living labs* sont souvent utilisés dans le secteur des TIC pour explorer de nouvelles applications et ils sont reconnus comme un moyen de relever les défis de l'innovation auxquels sont confrontés les fournisseurs de services TIC.

Des défis.

- *Défis* : L'importance d'une collaboration étroite entre les participants afin d'accélérer les innovations soulignent des défis liés aux méthodes et aux

concepts des *living labs*. Ces défis sont divers et associés au type de *living lab* et au contexte dans lequel il opère. Ils comprennent la temporalité, la gouvernance, les résultats imprévus, l'efficacité, le recrutement et la durabilité de groupes d'utilisateurs et l'extensibilité de leurs activités d'innovation.

Des résultats d'innovation.

- *Résultats d'innovation* : les études antérieures présentent les résultats des *living labs* de deux manières différentes : (i) innovations matérielles et immatérielles et (ii) diversité de l'innovation. Cependant, certains résultats peuvent être à la fois matériels et immatériels, en fonction de leurs contextes. Les résultats matériels comprennent les conceptions, les produits, les prototypes, les solutions et les systèmes, tandis que les résultats immatériels comprennent les concepts, les idées, les droits de propriété intellectuelle, les connaissances et les services. La plupart des études portent sur les innovations incrémentales, et très peu explorent les innovations radicales.

De pérennisation.

- *Durabilité* : La durabilité est un problème mondial, et le développement durable est un sujet de plus en plus important, mais de nombreux laboratoires vivants ne semblent pas s'y intéresser explicitement.

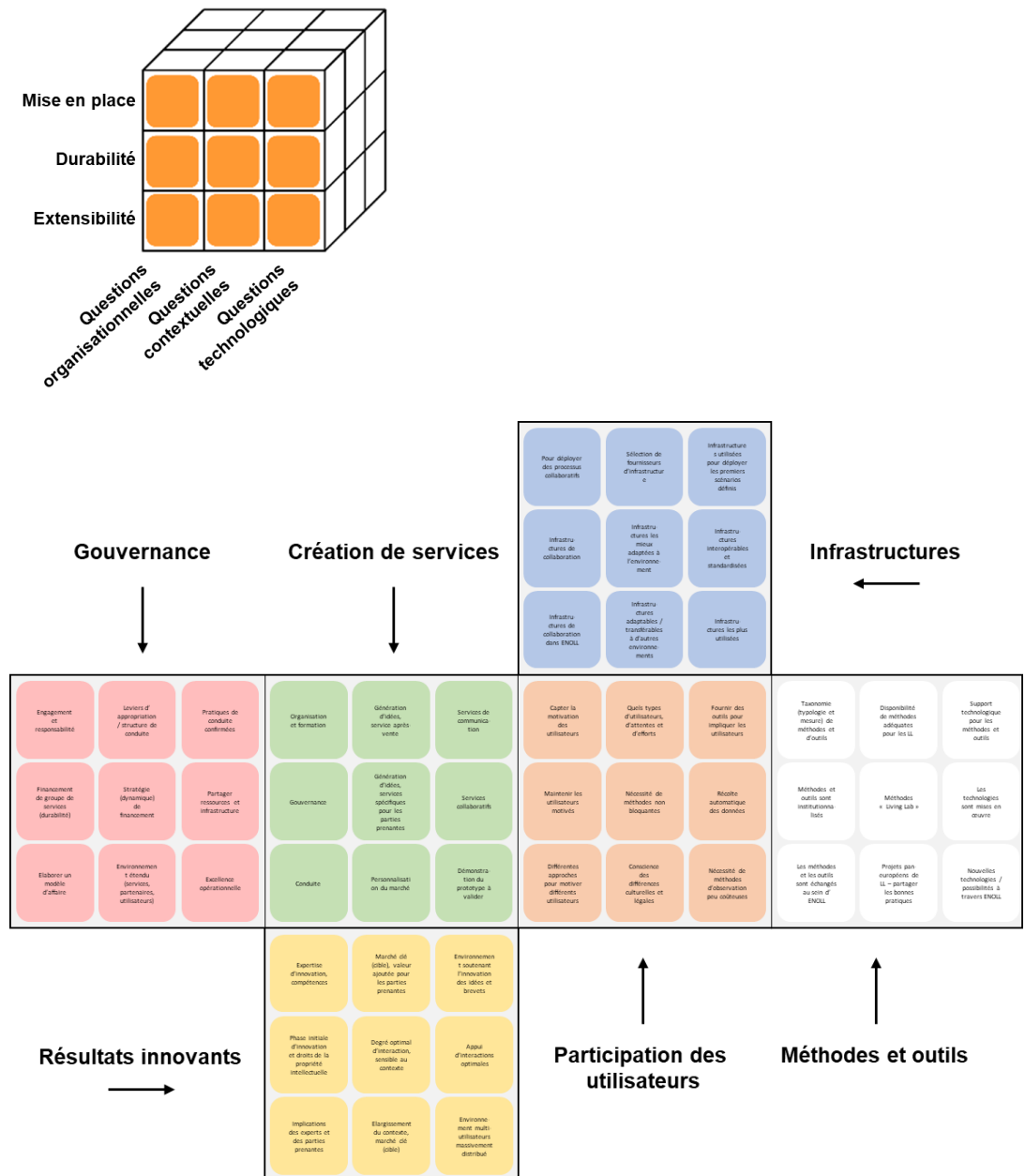
L'innovation durable et les *living labs* sont étroitement liés l'un à l'autre, et le développement et la durabilité sont implicitement intégrés dans de nombreuses études sur les laboratoires vivants. Ces derniers peuvent aborder les questions de durabilité, par exemple, en sélectionnant les bons matériaux et les processus respectueux de l'environnement pour réduire un impact social et économique. Dans le contexte d'un laboratoire vivant, la durabilité fait référence à sa viabilité et à sa responsabilité envers la communauté au sein de laquelle il opère.

Ainsi, les laboratoires vivants peuvent être concernés par les effets environnementaux, économiques et sociaux. Cependant, certains chercheurs affirment que la plupart des laboratoires vivants n'ont pas de modèle économique durable parce qu'ils fonctionnent selon un financement par projet. Les laboratoires vivants durables rencontrent également des difficultés pour évaluer les produits et services. Dans l'ensemble, les *living labs* contribuent au développement sociétal dans les zones urbaines en impliquant les parties prenantes concernées.

Selon les auteurs, ces caractéristiques sont diverses, d'autant plus que chaque *living lab* a des objectifs, un fonctionnement, un financement et des acteurs qui lui sont propres. Parmi ces caractéristiques, on en retrouve six déjà référencées dans le « *Living Lab Harmonization Cube* » (Mulder et al., 2008). Dans le but d'harmoniser les méthodes et outils utilisés dans les *living labs* du réseau ENOLL, un cadre de référence a été établi en 2007 (Mulder et al., 2007) et en 2008 (Mulder et al., 2008). Il est représenté par un cube, dont les faces représentent six perspectives caractéristiques (voir **Figure 17**). Ces six perspectives comprennent : la gouvernance,

la création de services, les infrastructures, les résultats innovants, la participation des utilisateurs et les méthodes et outils.

Figure 17 - Living Lab Harmonization Cube ou cube ENoLL: cadre de référence des divers outils et méthodes (Mulder et al., 2008)



Chaque thème (côtés du cube) facilite l'interopérabilité entre les deux phases de développement d'un laboratoire vivant. Dans ce contexte, trois phases de développement ont été distinguées, à savoir : la mise en place, la durabilité et l'extensibilité. Ces phases sont représentées dans le cube par les trois rangées. Les trois colonnes de chaque côté du cube reflètent trois aspects communs d'un

**Ce sont des formes
d'innovation
ouverte.**

laboratoire vivant, c'est-à-dire les questions organisationnelles, technologiques et contextuelles du *living lab*.

Selon Leminen (2015a), les *living labs* sont liés à des formes d'innovation ouverte. Cette dernière suggère que les entreprises ne peuvent pas se reposer uniquement sur leur propre recherche et développement, et qu'elles doivent acquérir des connaissances auprès de sources externes (Chesbrough, 2006b). La recherche sur l'innovation ouverte soutient, en effet, que l'utilisation de ressources externes et internes augmente la capacité d'innovation des entreprises (Chesbrough, 2006a). L'implication des utilisateurs et la collaboration ouverte entre des personnes de différents horizons, avec des perspectives différentes qui ont des connaissances et des expériences différentes, sont les deux idées dominantes dans le paradigme de l'innovation ouverte (Kviselius et al., 2009). Par ailleurs, la collaboration multi-organisationnelle est suggérée comme bénéfique pour la performance innovante des entreprises (Faems et al., 2005). Cependant, Bergvall-Kåreborn et al. (2009) suggèrent que les *living labs* diffèrent de l'innovation ouverte dans le sens où l'approche des *living labs* est centrée sur les besoins des utilisateurs, les produits et services alors que l'innovation ouverte est centrée sur les technologies et le *business model*. Selon Hossain et al. (2019), les *living labs* mettent l'accent sur les partenariats public-privé-personnel et l'importance des utilisateurs, alors que l'innovation ouverte inclut une collaboration plus limitée entre les entreprises.

2.2.4 Synthèse et apports pour la problématique

Ces trois types de tiers-lieux présentent des différences notamment au niveau de leurs objectifs.

Par exemple, les *living labs* ont pour objectif d'analyser les interactions entre les personnes et les systèmes dans des environnements réalistes dans le but de développer des solutions matérielles innovantes. L'innovation est centrée sur la technologie. Ils sont considérés comme des environnements réalistes par rapport au terrain étudié (par exemple, il peut prendre la forme ou les conditions d'une salle de classe, d'une pièce de vie), mais c'est aussi un lieu de co-conception qui exige un aménagement flexible pour s'adapter aux situations et encourager la créativité et la collaboration avec du matériel adapté à la captation et aux tests utilisateurs pour analyser les interactions.

Quant aux *learning labs*, ils sont principalement mis en place dans les universités pour innover sur les moyens et méthodes d'enseignement et d'apprentissage dans l'enseignement supérieur. Ils ne disposent pas forcément du matériel de captation des *living labs*, mais possèdent des plateformes numériques dédiées. L'innovation est centrée sur la pédagogie de l'activité avec la technologie. De plus, ce sont des espaces modulables situés la plupart du temps dans les bibliothèques universitaires.

Les *fablabs* sont, quant à eux, des espaces constitués de machines dédiés à la fabrication. Leur but est de rendre les processus de conception, de prototypage et

de fabrication d'objets accessibles au plus grand nombre. Bien qu'on puisse créer des petites séries d'objets quand les projets sont bien avancés, les objets restent davantage à un état de prototypage ou pour un usage réduit de personnes. Ils sont moins à la recherche de l'industrialisation du produit par rapport aux *living labs* par exemple. Toutefois, ils privilégient le partage et l'apprentissage par le faire.

Néanmoins, ces trois types de tiers-lieux présentent également des caractéristiques communes qui pourraient apporter une solution aux besoins 1) de conception d'environnements technopédagogiques ergonomiques et 2) de montée en compétences des enseignants sur les compétences du XXI^{ème} siècle.

En résumé, ces caractéristiques invoquent l'innovation ouverte, demandent la mutualisation des compétences multiples, le partage, l'apprentissage par le faire, l'implication des TIC, une approche organisationnelle plus horizontale et ascendante, au sein d'un espace physique et/ou virtuel favorable à l'expérimentation. Un autre point central qui les unit et qui fait le pont avec la partie précédente est le recours systématique aux approches centrée utilisateur et participative qui reposent principalement sur l'implication des utilisateurs dans le processus de conception.

Tous ces éléments font échos aux besoins associés à la transformation numérique en contexte scolaire. Par conséquent, nous pensons que développer un *living lab* au service de l'éducation pourrait permettre de concevoir, d'expérimenter avec divers acteurs métiers dont la recherche, des environnements technopédagogiques adaptés aux utilisateurs et au contexte scolaire et ainsi répondre à de nombreux besoins (réseau d'innovation, espace de mutualisation et de formation, développement de solutions spécifiquement conçues pour l'éducation, etc.). Ainsi, on peut se poser la question suivante : qu'en est-il des *living labs* spécifiquement dédiés à l'Éducation nationale et favorables à l'accompagnement des enseignants vis-à-vis de la transformation et au développement de solutions technopédagogiques spécifiquement pensées pour ce contexte ?

Afin de développer un *living lab* éducatif, il est important de s'intéresser aux participants et de comprendre qui ils sont pour les accompagner dans leur développement professionnel et dans le processus d'innovation.

2.3 Spécificités des utilisateurs en contexte éducatif

Pour accompagner la transformation numérique et des formes scolaires, il est donc important d'impliquer les enseignants, mais aussi les élèves dans le processus de conception. En effet, ces derniers constitueront les utilisateurs principaux des solutions pédagogiques à concevoir. Ils représentent donc des utilisateurs potentiels du *living lab* à développer.

Comme mentionné plus haut, selon Leminen et al. (2014) et Druin (2002), en fonction de leur implication au sein du *living lab*, les participants vont être amenés à jouer des rôles différents. Ils pourront être :

Les rôles pouvant être tenus par les participants dans le processus de conception.

1. Un informateur chargé de partager les connaissances, la compréhension et les opinions des utilisateurs à l'équipe de conception du laboratoire vivant.
2. Un testeur chargé d'utiliser, évaluer et valider des produits et services et prototypes dans des environnements réels.
3. Un contributeur chargé de suivre des règles et des instructions données par une hiérarchie autoritaire ou descendante au sein du *living lab*.
4. Un co-créateur chargé d'agir comme un acteur égal qui s'auto-organise souvent et qui peut avoir une contribution cruciale dans le processus d'innovation.

Or, un professeur de mathématiques ne testera pas de la même façon un nouveau système selon qu'on invoque sa participation en tant que professionnel ou à titre privé. De la même façon, un enfant n'évaluera pas la qualité d'une application destinée à l'aider dans ses compétences en mathématiques, selon qu'on lui demande de le faire en tant qu'élève au sein de sa classe ou en tant qu'enfant par exemple au sein du centre périscolaire. Aussi, tout comme le décrit Falk (2012) pour l'expérience muséale, les comportements des acteurs de conception dépendent autant des contextes que de l'identité qu'ils endossent.

Dans le cadre de ce travail, il semble important de prendre en compte l'identité que l'on qualifiera de « professionnelle » des participants à la conception : celles d'être dans son métier d'enseignant et celle d'être dans son « métier » d'élève. La partie suivante vise à mieux cerner certaines caractéristiques des participants.

2.3.1 Le métier d'enseignant face aux transformations

Selon le ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, être enseignant au XXI^{ème} siècle, c'est « *exercer un métier passionnant et exigeant. Celui de participer à la construction de la société en transmettant son savoir et en valorisant les compétences des élèves. Être enseignant offre la possibilité de se renouveler chaque jour et d'être acteur d'un système éducatif en évolution.*

S'adapter au profil de chaque élève, pour lui permettre de développer son potentiel et lui transmettre les valeurs de citoyenneté ; faire évoluer ses cours grâce au numérique et en actualisant ses propres connaissances. Pour relever ces défis, l'enseignant n'est pas seul. Guidé par l'ambition de favoriser la réussite scolaire des élèves dont il a la responsabilité, l'enseignant doit mobiliser des compétences didactiques et pédagogiques dans l'enseignement d'une ou plusieurs disciplines, mais également relationnelles. » (Ministère de l'Éducation et de la jeunesse, 2022b).

L'OCDE ne cesse de souligner « le rôle crucial des enseignants » (OCDE, 2005) et la nécessité d'accompagner et de former les enseignants (OCDE, 2013), notamment dans cette transformation numérique qui conduit les écoles à devoir assurer

l'adaptation des sociétés à des changements sociaux, économiques et culturels profonds (OCDE, 2021). Les enseignants ont des missions de plus en plus complexes qui nécessitent qu'ils soient préparés et formés, notamment pour répondre de manière pédagogiquement appropriée à l'hétérogénéité des élèves, pour exercer en équipe, pour faire face à un métier qui évolue constamment (Chaix, 2014) et pour savoir utiliser les outils numériques de manière critique, créative et efficace (Ministère de l'Éducation nationale, 2013). Le besoin de formation est donc essentiel dans le métier d'enseignant.

Une profession qui nécessite une remise en question permanente sur sa pratique.

Enseigner est un métier qui s'apprend, au sein des Inspés en formation initiale, par la formation continue (par exemple : Réseau Canopé, des écoles de formation), mais aussi tout au long de sa carrière. Leurs compétences sont encadrées par le référentiel de compétences des enseignants (Ministère de l'Éducation nationale, 2013). Dans le cadre de la formation ou de l'auto-formation, la pratique et les compétences professionnelles peuvent être nourries par l'appropriation de nouveaux savoirs ou pratiques, par l'actualisation de compétences, par des échanges réguliers avec les collègues et les acteurs de la communauté éducative.

Selon Le Boterf (2011), être un professionnel compétent implique d'être capable d'agir de manière pertinente et compétente dans une situation professionnelle donnée que ce soit pour réaliser une activité ou un projet, résoudre un problème ou faire face à un événement. Cela nécessite la mise en œuvre d'une pratique professionnelle adéquate en fonction des exigences de la situation, tout en mobilisant les ressources appropriées telles que les connaissances, les compétences, les comportements et les aptitudes. Il décrit le processus par lequel un professionnel parvient à agir de manière pertinente et compétente dans une situation par :

- *« Il comprend la situation dans laquelle il doit intervenir et, donc, développe une intelligence de la situation ;*
- *Il se donne en conséquence des objectifs réalistes à atteindre ;*
- *Il met en œuvre une pratique professionnelle pertinente, d'une part pour intervenir dans cette situation en prenant en compte les exigences concernant la façon souhaitable d'agir et son contexte particulier et, d'autre part, pour atteindre des objectifs qui correspondent aux résultats attendus (produits, services) satisfaisant à certains critères de performance ;*
- *Il crée et mobilise une combinatoire appropriée de ressources à la fois personnelles (connaissances, habiletés, aptitudes physiques, etc.) et de ressources disponibles dans l'environnement (banques de données, fiches techniques de capitalisation de l'expérience collective, réseaux de professionnels ou d'expertises, etc.) qui servent à comprendre la situation (à en avoir une bonne intelligence), à orienter et à réaliser son intervention, à en tirer des enseignements ;*
- *Il tire les leçons de son action et des résultats obtenus. »*

Selon cet auteur, une personne peut développer son professionnalisme comme des « parcours personnalisés de navigation » (ibid.), c'est-à-dire par une démarche d'apprentissage qui permet à chaque individu de naviguer de manière autonome et réflexive à travers des situations complexes et incertaines. Il suppose :

- **Des objectifs de professionnalisation** qui servent de destinations à atteindre, comme la maîtrise d'une discipline ou d'une spécialité professionnelle).
- **Des évaluations initiales ou périodiques** permettent de faire le point sur la situation actuelle, par exemple à travers des processus d'évaluation de l'enseignement ou d'évaluation du personnel.
- **Des opportunités de professionnalisation** qui sont représentées dans une cartographie, offrant un espace à parcourir. Par exemple, à travers des partenariats tels que PERFORMA, qui soutient le développement professionnel du personnel enseignant en répertoriant les opportunités de professionnalisation telles que des réunions de retour d'expérience ou des collaborations avec des experts ou des chercheurs.
- **Des projets de professionnalisation** qui servent des feuilles de route avec des objectifs personnels à atteindre. Plusieurs parcours peuvent être tracés sur la même cartographie des opportunités de professionnalisation.
- **Des livrets et des récits de professionnalisation** qui tiennent lieu de carnets de bord, contribuant à enrichir les atlas des opportunités de professionnalisation. Cela peut inclure des répertoires de moyens permettant d'atteindre des objectifs de professionnalisation, en s'appuyant sur l'expérience de personnes ayant utilisés ces moyens avec succès.
- **Des règles de conception, de fonctionnement, de répartition des rôles et de financement** qui correspondent à des règles de navigation. Cela peut impliquer des directives sur la manière de développer des projets personnalisés, des modalités d'évaluation, des attributions de certification et des contributions financières pour la réalisation d'un projet.

Une analyse constante des pratiques professionnelles semble donc fondamentale afin que les enseignants puissent se développer professionnellement et s'adapter aux situations complexes auxquelles ils doivent faire face. D'autant plus que les transformations technopédagogiques sont tellement rapides qu'aller en formation une ou deux fois par an ne suffit pas aux enseignants par rapport à leurs besoins (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2018, 2019). Il est donc nécessaire d'accompagner la formation continue et d'outiller l'enseignant pour qu'il soit autonome dans sa pratique réflexive.

Selon Legendre et David (2012), les enseignants sont des professionnels qui, constamment, sont confrontés à des problèmes auxquels ils tentent d'apporter des solutions originales. Leur travail comporte nécessairement une part d'innovation. Cependant, ces savoirs issus de l'expérience demeurent le plus souvent tacites, faute d'être formalisés, ce qui rend particulièrement difficiles leur partage et la construction de leurs compétences et d'une expertise collective. Le *living lab*, en tant que solution pour accompagner les enseignants face aux transformations, devrait permettre leur participation active, mais aussi pouvoir soutenir leur (trans)formation professionnelle. La question des outils à mettre en œuvre pour les soutenir est donc un axe à part entière du travail que nous avons conduit.

2.3.2 Le cas particulier de l'enfant

Dans le cadre de la conception destinée au contexte éducatif, il est courant que les concepteurs de nouvelles technologies demandent aux parents et aux enseignants ce dont leurs enfants ou leurs élèves pourraient avoir besoin, plutôt que de le demander directement aux enfants eux-mêmes (Druin, 1999). Toutefois, impliquer l'enfant dans le processus de conception est important. Crowley et al. (2020) donnent plusieurs raisons de faire participer les enfants :

- Une amélioration de la qualité de vie, des services et des politiques,
- Un renforcement de la protection,
- Un développement des capacités,
- La contribution à la collectivité,
- Le renforcement de l'obligation de rendre des comptes.

Il est nécessaire de comprendre ce que les enfants ont à offrir à différents âges, et comprendre ce que cela peut signifier pour l'équipe de conception. Nous pouvons attendre des enfants qu'ils nous disent ce qui les stimule et les ennuie, ce qui les aide à apprendre et ce qui peut être utilisé à la maison ou à l'école. Les enfants peuvent également nous aider, à penser au-delà des besoins traditionnels du lieu de travail. Au lieu de penser à la productivité, à l'efficacité ou à la réduction des coûts, ils peuvent aider les adultes à réfléchir à des outils qui font rire les gens, favorisent la créativité et soutiennent l'apprentissage collaboratif (Markopoulos et al., 2008). Il est important de comprendre pourquoi nous choisissons les méthodes que nous utilisons pour travailler avec les enfants. Cela peut faire une différence dans ce que nous faisons en concevant de nouvelles technologies pour les enfants. À l'avenir, nous pouvons nous attendre à de plus grands défis étant donné la prolifération des nouvelles technologies.

En psychologie du développement, l'enfance fait référence à la période de la vie allant de la naissance jusqu'à l'adolescence. Pendant cette période, les enfants subissent des changements rapides et continus dans leur développement physique, cognitif, émotionnel et social (Laval, 2019). Les environnements dans lesquels ils évoluent, tels que la famille, l'école et la communauté, jouent un rôle crucial dans leur développement. Les compétences et les comportements des enfants évoluent également à mesure qu'ils grandissent, répondant aux attentes et aux normes culturelles qui leur sont transmises.

Les enfants ont des points communs entre eux. Ils évoluent au fil du temps : ils grandissent, deviennent plus forts et apprennent davantage. Toutefois, ils peuvent également présenter des différences individuelles. Comprendre le développement des enfants est nécessaire pour prévenir les erreurs de jugement, minimiser la mauvaise conception pour, avec et par eux, réaliser des études d'évaluation les impliquant et fournir des résultats plus crédibles.

Différentes approches de psychologie du développement ont été proposées pour rendre compte de la complexité du développement de l'enfant (Guellai & Esseily, 2018). Pour en citer seulement quelques-unes : il y a l'approche psychanalytique

associée aux travaux de Sigmund Freud, l'approche behavioriste qui met l'accent sur l'apprentissage par la récompense, l'approche constructiviste faisant référence aux travaux de Piaget où l'enfant se construirait à travers ses actions sur le monde qui l'entoure ; ou encore l'approche néoconstructiviste qui prolonge la théorie de Piaget et en même temps la critique sur plusieurs points tels que la méthode utilisée par Piaget pour asseoir sa théorie ou sur les mécanismes en jeu dans le développement.

On se place davantage sur des perspectives interactionnistes de type constructiviste et de type social faisant référence aux travaux de Wallon, Vygotski et Bruner pour qui le changement procède d'une interaction entre les facteurs internes et externes. L'enfant se développe en interagissant avec son environnement physique et par l'interaction sociale (Laval, 2019).

Ainsi, il est nécessaire de prendre en compte l'enfant dans sa complexité. De plus, sa participation dans la conception d'outils technopédagogiques avec d'autres personnes pourrait l'aider à se développer.

2.3.2.1 L'enfant au centre du processus d'évaluation d'un produit

Depuis l'avènement du langage de programmation Logo (Papert, 1977), qui a impliqué les enfants dans le processus de conception, plusieurs études ont cherché à intégrer les enfants dans le développement technologique (Lanna & Oro, 2019; Nonnis & Bryan-Kinns, 2019; Yarosh & Schueller, 2017). Comme nous l'avons déjà évoqué, les enfants peuvent jouer quatre rôles dans le processus de développement technologique : utilisateur, testeur, informateur et/ou partenaire de conception (Druin, 2002). En tant que testeur, les enfants peuvent donner leur avis sur l'attrait et l'utilité d'un produit, fournissant ainsi une évaluation depuis leur propre perspective. Bien qu'il existe différentes méthodes pour recueillir les opinions des enfants (entretiens, séances de brainstorming, réflexions à voix haute), les questionnaires sont souvent utilisés en raison de leur capacité à être remplis simultanément par de nombreux participants. Plusieurs chercheurs ont proposé des approches et des recommandations pour rendre les processus d'évaluation valides et satisfaisants pour les enfants (Bell, 2007; Laerhoven et al., 2004; Mellor & Moore, 2013; Read, 2015), en veillant notamment à ce que les enfants comprennent les questions posées et que l'échelle de réponse permette d'obtenir des réponses précises.

Cependant, la plupart des questionnaires d'utilisabilité sont conçus pour les adultes et présentent des problèmes liés à la complexité de la syntaxe et du vocabulaire utilisés (Finstad, 2006; Fleck et al., 2018). Il est donc difficile pour les enfants d'exprimer leurs perceptions à travers des questionnaires qui ne leur sont pas adaptés. C'est pourquoi plusieurs méthodes d'évaluation de l'expérience utilisateur ont été développées spécifiquement pour les enfants. Parmi celles-ci, on trouve les *Problem Identification Picture Cards* pour les 5-6 ans (Barendregt et al., 2008), le *Funtoolkit* composé d'un smileyomètre, le *Funsorter* et la *Again Again Table* pour les

5-10 ans (Read et al., 2002), le *Laddering* adapté aux 5-7 ans (Zaman & Abeebe, 2010) et le *This or That* pour les enfants d'âge préscolaire (Zaman, 2009). D'autres échelles ont été développées pour mesurer le niveau de compétence perçu par les enfants, telles que l'échelle *Thumbs-Up Scale* (TUS), ou la fréquence d'utilisation d'une tâche/événement avec l'échelle *Frequency of Use Scale* (FUS) (Kano et al., 2010). Cependant, la plupart de ces méthodes d'évaluation ciblent les enfants de 7 ans et moins et se concentrent davantage sur le format de l'échelle plutôt que sur la signification et la compréhension des éléments. De plus, elles sont spécifiquement conçues pour les enfants qui ne lisent pas encore facilement.

Rendre les questions d'utilisabilité accessibles et significatives pour les enfants reste un défi (Markopoulos et al., 2008). En effet, il est rare de trouver des enquêtes spécialement conçues pour permettre aux enfants d'évaluer la facilité d'utilisation d'un environnement numérique en utilisant les mêmes critères que ceux utilisés pour les adultes et ces enquêtes sont généralement disponibles en anglais.

2.3.2.2 L'enfant, l'apprenant et le métier d'élève

En contexte scolaire, l'enfant endosse le statut d'élève. Il y vient a priori pour apprendre.

Selon Maulini (2009), le concept de « métier d'élève » a été élaboré par les sociologues pour signifier deux choses principalement :

- 1) À l'école, un travail est à faire ; il y a donc des opérations à réaliser, un engagement subjectif nécessaire, des règles à respecter, des compétences à avoir pour répondre aux attentes de l'enseignant.
- 2) L'élève n'est bien sûr pas un travailleur comme un autre : il ne touche pas de salaire, puisqu'il ne vient pas en classe pour produire des richesses, mais pour se produire lui-même, en apprenant ce qui lui permettra de grandir et de développer son intelligence.

Dioni (2008) met en avant l'évolution que suit le « métier d'élève » sous l'influence des TIC. Tricot et Rafenomanjato (2017) ont souligné que les outils numériques (développés spécifiquement ou détournés à des fins scolaires) modifient les conditions d'apprentissage, mais ces outils n'enlèvent pas aux élèves le devoir de toujours essayer de comprendre et faire les efforts nécessaires pour apprendre.

Jeffrey (2013) aborde la notion de « rites scolaires » en insistant sur le fait qu'un enfant devient, dans le cadre scolaire, un élève. Celui-ci doit assumer le passage de la culture hors de l'école à la culture dans l'école. Les élèves apprennent par les ritualisations scolaires à contrôler leurs expressions corporelles, à tenir compte des séquences scolaires du temps et à intérioriser les valeurs de l'école (par exemple : un élève apprend à l'école à lever la main pour demander la parole. Il accepte cette contrainte normative essentielle à la discipline dans la classe. Du coup, il est capable d'utiliser ce geste rituel dans un autre cadre que celui de l'école, mais s'en abstient dans le cadre familial ou lors de discussions avec les copains). Toutes les activités scolaires (accueil du matin, séquences d'activités d'enseignement/apprentissage,

actes de communication avec les élèves, déplacements dans la classe et hors de la classe, prises de parole) sont fortement ritualisées.

Impliquer les enfants en tenant compte de leurs capacités, mais aussi dans leur statut d'élève semble fondamental pour la conception dédiée au contexte scolaire.

2.4 Objectifs scientifiques

Dans le premier chapitre, nous avons soulevé deux grands besoins pour le système éducatif :

- Concevoir des environnements technopédagogiques ergonomiques, c'est-à-dire adaptés aux utilisateurs et au contexte scolaire, intégrant des scénarios d'usages pédagogiques innovants avec le numérique,
- Contribuer au développement des enseignants sur les compétences du XXI^{ème} siècle, c'est-à-dire les aider à se former aux concepts informatiques et à l'utilisation des outils technopédagogiques développés.

Pour répondre à ces besoins, nous proposons :

1^{er} objectif : Fournir des recommandations sur la mise en œuvre d'un tiers-lieu en éducation, en vue d'un redéploiement sur le territoire.

2^{ème} objectif : développer une échelle de mesure d'évaluation de la perception de l'utilisabilité des technologies émergentes par de jeunes utilisateurs.

3^{ème} objectif : développer un instrument tangible soutenant la métaréflexion.

1. De fournir des recommandations sur la mise en œuvre d'un *living lab* en éducation en vue d'un redéploiement vers un territoire élargi. Un *living lab* a pour objectif de développer des solutions innovantes. Ses atouts reposent sur la participation de plusieurs acteurs dont les compétences sont diverses (chercheurs, développeurs, médiateurs, etc.) et en particulier les utilisateurs finaux considérés comme des experts (enseignants et élèves) dans la conception de systèmes. De plus, c'est un lieu « situé » entre un laboratoire scientifique classique et une salle de classe qui permet l'expérimentation dans des conditions réalistes de par son environnement réel, sans bouleverser les enseignements réalisés à l'école. Ensuite, en participant à la conception de leurs outils par la manipulation et la réflexion, les enseignants peuvent apprendre à s'en servir et de par la collaboration avec d'autres acteurs, s'enrichir de connaissances et modifier leurs représentations.
2. De développer une échelle de mesure d'évaluation de la perception de l'utilisabilité des technologies émergentes pour de jeunes utilisateurs. Il existe de nombreuses méthodes et outils en *UX Design*. Cependant, pour évaluer les différentes évolutions de prototypes par de jeunes élèves, la plupart des questionnaires d'utilisabilité sont destinés aux adultes et en anglais.
3. De développer un instrument tangible soutenant la métaréflexion des enseignants après des activités de conception participative. Nous partons du postulat que les séances de *co-design* mobilisent des compétences du XXI^{ème} siècle, telles que la créativité, la pensée informatique, la collaboration, la pensée critique et la résolution de problème. Afin d'en prendre conscience, les enseignants vont être amenés à s'auto-évaluer sur la mobilisation de ces compétences au travers de ces séances de *co-design*.

3. LE LI'L@B : UN PROJET DE RECHERCHE-ACTION

Réseau Canopé, en partenariat avec S. Fleck du laboratoire PErSEUs de l'Université de Lorraine, a testé la mise en place d'un living lab au sein d'un de ses Ateliers dans le but d'accompagner la transformation des pratiques et de la forme scolaire, et ce en accord avec les éléments présentés en chapitre 1. Pour rappel, il a bénéficié pour cela du soutien financier de la Caisse des dépôts et consignation dans le cadre du projet e-Fran e-TAC (voir parties ci-après). Cette thèse fait ainsi partie intégrante des travaux conduits par le groupe de travail « Conception participative en contexte scolaire » du projet e-TAC.

Ce chapitre permet de comprendre la manière dont s'est mis en place le Li'L@b, de quoi il est fait et comment il a évolué pendant la période allant de 2017 à 2021. Cette étude utilise une approche exploratoire inscrite dans une approche de recherche-action.

Ce chapitre invoque également 3 études qui ont fait l'objet de publications collectives^{8 9 10}.

⁸ Fleck, S., Baraudon, C., Frey, J., Lainé, T., & Hachet, M. (2018). "Teegi's so Cute!": Assessing the Pedagogical Potential of an Interactive Tangible Interface for Schoolchildren. Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children (IDC'18), Trondheim, Norway. <https://doi.org/10.1145/3202185.3202731>

⁹ Veytizou, J., Bertolo, D., Baraudon, C., Olry, A., & Fleck, S. (2018, 23-26 octobre). Could a Tangible Interface help a child to weigh his/her opinion on usability? Proceedings of the 30th Conference on l'Interaction Homme-Machine (IHM'18), Brest, France. <https://doi.org/10.1145/3286689.3286702>

¹⁰ Perry, E., Baraudon, C., & Fleck, S. (2018, 23-26 octobre). Concevoir des IHM pour l'éducation : intérêts d'une sonde culturelle pour mieux connaître l'enseignant-utilisateur. 30ème conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Brest, France.

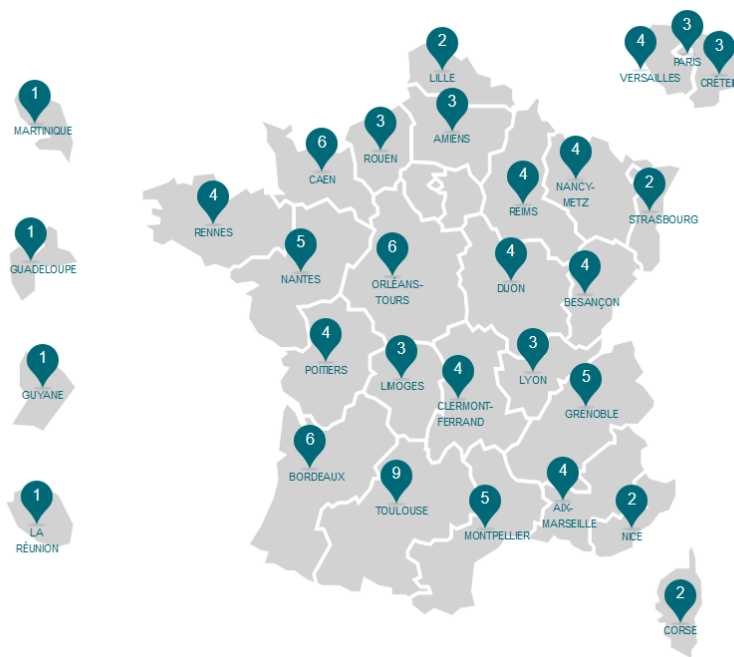
3.1 Contexte

3.1.1 Réseau Canopé

[Réseau Canopé](#) est un opérateur public du MENJ. Il forme les enseignants tout au long de leur carrière professionnelle et les accompagne notamment dans l'appropriation des outils et des environnements numériques.

Il se compose d'un siège social situé à Chasseneuil-du-Poitou (86), de 12 directions territoriales correspondant aux régions académiques, de 5 directions académiques (Corse et Outre-mer) et de 102 Ateliers Canopé implantés dans chaque département, illustrés par la **Figure 18** (Réseau Canopé, 2023).

Figure 18 - Les 102 Ateliers Canopé sur le territoire français.



Les directions territoriales ont pour mission de contribuer à l'offre éducative et de formation des régions académiques, en lien avec l'ensemble des partenaires de formation de la communauté éducative. Les Ateliers Canopé qui dépendent directement des directions territoriales assurent les formations en présentiel ou à distance pour les enseignants du premier et second degré, la mise à disposition des ressources, ainsi que les médiations et les animations pédagogiques qui en découlent. Ils proposent une offre de services adaptée aux nouveaux enjeux éducatifs. Ils accueillent l'ensemble de la communauté éducative dans des espaces innovants et connectés.

3.1.1.1 Historique

Les missions de Réseau Canopé ont beaucoup évolué ces dernières années.

Lorsque le réseau était encore sous le nom de réseau Scérén, constitué de centres régionaux de documentation pédagogique (CRDP), ses missions consistaient principalement à produire et diffuser de la documentation papier à destination des enseignants.

Suite au décret du 26 décembre 2014, ce réseau s'est transformé et a pris le nom de « Réseau Canopé », constitué en réseau de création et d'accompagnement pédagogiques, placé sous la tutelle du ministre chargé de l'éducation ("Articles D314-70 à D314-105. Section 5 : Le réseau Canopé," 2014). Cette refonte a suivi la loi du 8 juillet 2013 pour la refondation de l'école de la République ("Loi n°2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République," 2013). Ainsi, l'édition transmédia devient le nouveau modèle développé par réseau Canopé. Le principe est de concevoir, d'éditer et de diffuser des ressources multiformats adaptées à chacun des canaux de diffusion disponibles (papier, web, mobile, TV), complémentaires les uns des autres, et répondant aux besoins de la communauté éducative, qu'il s'agisse d'éclairages, d'approfondissements ou d'outils pour agir (Merriau, 2016). Cette refondation s'étalera jusqu'en 2017.

La refonte de l'offre numérique a pour objectifs d'améliorer l'accès aux ressources éditées, la navigation des internautes sur le site, afin de faciliter la recherche et l'utilisation de ces ressources pédagogiques. Pour cela, les Ateliers Canopé sont disposés à proximité des enseignants, des établissements scolaires et des Inspés. Ces Ateliers constituent des espaces de créativité, de collaboration, d'expérimentation et de formation, pour accompagner les nouvelles pratiques pédagogiques et particulièrement celles induites par le numérique.

Quatre services sont proposés au sein des Ateliers :

- L'accompagnement / la formation ;
- La médiation de ressources ;
- Le *co-design* et la scénarisation ;
- Les événements pédagogiques et l'animation des communautés.

Merriau (2016) définit un Atelier Canopé comme :

- « Un lieu de présentation de l'offre numérique éducative, de consultation ou de prêt de ressources multisupports, un espace de visionnage ou encore un kiosque de ressources numériques ;
- Un lieu d'animations et d'événements éducatifs aux formats multiples, favorisant le questionnement, le partage, la mutualisation et l'innovation pédagogique ;
- Un lieu de formation à la culture, aux médias numériques, aux usages du numérique éducatif ;
- Un lieu d'expérimentations pédagogiques proposant des situations réelles et expérimentant le numérique dans un cadre d'enseignement et d'apprentissage ;

- *Un lieu de recherche et développement, d'innovation et de prospective, pour concevoir et tester de nouveaux produits et services. »*

De plus, la refondation du réseau passe par le renforcement des liens avec ses partenaires, tels que les rectorats, les collectivités, les Inspés, les associations et les parents d'élèves, notamment dans le domaine du numérique éducatif.

En 2017, après 6 ans de direction, le directeur général quitte ses fonctions et sera remplacé par un administrateur provisoire. Puis, en 2018, un nouveau directeur général est nommé. Celui-ci quittera son poste avant la fin de son mandat et sera remplacé lui aussi par un administrateur provisoire.

Ensuite arrive la pandémie de Covid-19 qui marquera l'année 2020. Dans ce cadre, le gouvernement français a pris des mesures sanitaires à plusieurs reprises, afin de freiner la diffusion du Covid-19. Ainsi, les acteurs de Réseau Canopé ont dû arrêter leurs activités sur site et s'adapter pour les faire de chez eux durant la période du 17 mars au 11 mai, puis du 30 octobre au 15 décembre. Leurs missions consistaient alors à accompagner les enseignants dans ce contexte. Entre les phases de confinement, leurs activités ont également été freinées par les mesures sanitaires suivantes : un accueil restreint du nombre de personnes à l'Atelier, par les gestes barrières hygiéniques et de distanciation physique à respecter, tels que le port du masque par exemple.

Cette même année, une nouvelle directrice générale a été nommée pour trois ans. Durant cette même année, une réduction du budget alloué à Réseau Canopé a engendré une suppression de postes et l'annonce par la direction d'une restructuration, plongeant les acteurs de Canopé dans le flou concernant leur avenir professionnel.

En 2021, les mesures sanitaires liées au covid-19 sont toujours d'actualité. Une troisième période de confinement a été mise en place entre le 3 avril et le 3 mai. Dans ce contexte, le rapport d'activité de Réseau Canopé de 2021 (Réseau Canopé, 2021) souligne que depuis fin 2020, Réseau Canopé a débuté une transformation majeure au service de la formation continue et initiale des enseignants, notamment en ligne. De plus, il révèle de nouvelles orientations stratégiques à l'horizon 2024, en rapport avec le contexte d'une mobilisation exceptionnelle au service de la continuité pédagogique lié à la pandémie.

Ce rapport précise que Réseau Canopé est désormais entièrement dédié à la mission de formation tout au long de la vie des professeurs, titulaires comme contractuels. En ce sens, le 24 décembre 2021, Réseau Canopé a reçu une certification « Qualiopi » par l'Afnor, pour une durée de trois ans, pour la réalisation des actions de formation. Sa mission est désormais de déployer son expertise dans les écoles académiques de la formation continue aux côtés des partenaires académiques, et par le biais d'une offre nationale de formation en présentiel et à distance. En présentiel, dans chacun de ses Ateliers implantés sur le territoire Français et à distance, via les plateformes e-Inspé et Canotech ou encore ses podcasts Extra classe.

3.1.1.2 L'Atelier Canopé 57

Les Ateliers Canopé ont été conçus pour soutenir l'innovation pédagogique. Chaque Atelier dispose d'une thématique différente. Celle de l'Atelier Canopé 57 concerne le projet « *living lab* ». Pour faciliter l'utilisation de son espace et des ressources pédagogiques par les enseignants, l'Atelier Canopé 57 a été implanté dans un Inspé de Lorraine – site de Montigny-Lès-Metz.

Cet Atelier se compose de plusieurs espaces :

- Un **espace accueil** pour accueillir, orienter, renseigner, présenter les différents espaces, accompagner l'utilisateur dans sa découverte de l'Atelier.
- Un **mini-amphi** permettant de regrouper une douzaine de personnes pour des présentations ciblées sur différentes thématiques répondant aux besoins ou demandes des participants présents.
- Un **espace ludothèque** qui dispose de nombreux jeux en prêt et qui propose des formations autour des jeux éducatifs.
- Un **espace de formation** qui permet aux usagers de réfléchir ensemble sur des problématiques et de co-crée des solutions ou de recevoir des formations sur des thématiques ciblées. Sa particularité est son espace modulable.
- Un **espace fablab** composé de plusieurs machines de fabrication (exemples : imprimante 3D, découpeuse laser) pour échanger, partager et créer son propre matériel pour la classe.
- Un **espace de valorisation de l'offre** où sont exposés différents ouvrages et des produits phares. Cet espace est représenté par l'arbre central de l'Atelier Canopé 57, des étagères et des vitrines.
- Un **espace d'exposition** éphémère qui peut présenter des œuvres artistiques de partenaires, ou des créations de fablab par exemple.

Les différents espaces de l'Atelier Canopé 57 sont représentés par la **Figure 19** et sont visualisables en virtuel via ce lien :

<https://atelier-canope57.canoprof.fr/eleve/.360/VR360-atelier57/>.

Figure 19 - Illustrations des différents espaces de l'Atelier Canopé 57.



L'Atelier Canopé 57 comprend également une équipe de 7 agents :

- Une directrice d'Atelier,
- Deux médiateurs numériques,
- Une médiatrice formation,
- Une médiatrice des ressources et de documentation,
- Un médiateur de ressources et services-valorisation,
- Une doctorante en ergonomie des IHM.

Parmi ce personnel, cinq sont des enseignants détachés. Trois sont affectées directement sur le projet Li'L@b, à savoir la directrice, un des médiateurs numériques et la doctorante. Néanmoins, les autres acteurs restent également concernés, notamment de par la réorganisation de leurs activités professionnelles.

3.1.2 Le projet e-TAC

En janvier 2017, le projet e-TAC, initié en 2016, en réponse à l'appel à projets e-FRAN (Espaces de formation, de recherche et d'animation numérique), est financé par le troisième programme d'investissement pour l'avenir du ministère français de l'Éducation nationale pour une durée de 4 ans. Il sera prolongé d'un an et demi suite à la pandémie.

1^{er} objectif d'e-TAC :
Co-concevoir et évaluer des ITA spécifiquement pensées pour améliorer l'apprentissage collaboratif.

2^{ème} objectif d'e-TAC :
Accompagner la transformation des pratiques enseignantes en vue de favoriser et soutenir les pratiques collaboratives et l'intégration de solutions innovantes dans les pratiques pédagogiques.

Il réunit des acteurs de l'enseignement (inspecteurs, chefs d'établissement, enseignants), de la formation et de l'édition de ressources (Inspé, Réseau Canopé, DANE), du monde économique (la start-up Open Edge), des collectivités territoriales (Communauté de communes de Saint-Avold, le conseil départemental de Moselle), de 4 équipes de recherche issues de deux institutions (Université de Lorraine et Inria) et d'experts internationaux (P. Dillenbourg et D. Peraya).

Le projet e-TAC vise à faciliter la mise en place d'approches pédagogiques mobilisatrices d'apprentissages collaboratifs supportés par le numérique au sein même de la classe et non à distance. L'originalité du projet réside dans son approche interdisciplinaire des Interactions Homme-Machine (Sciences du numérique, Psychologie des apprentissages et ergonomique, Sciences de l'information et de la communication, et Sciences de l'éducation) et dans l'implication directe des futurs utilisateurs, élèves et enseignants, selon une approche écologique et participative de la recherche.

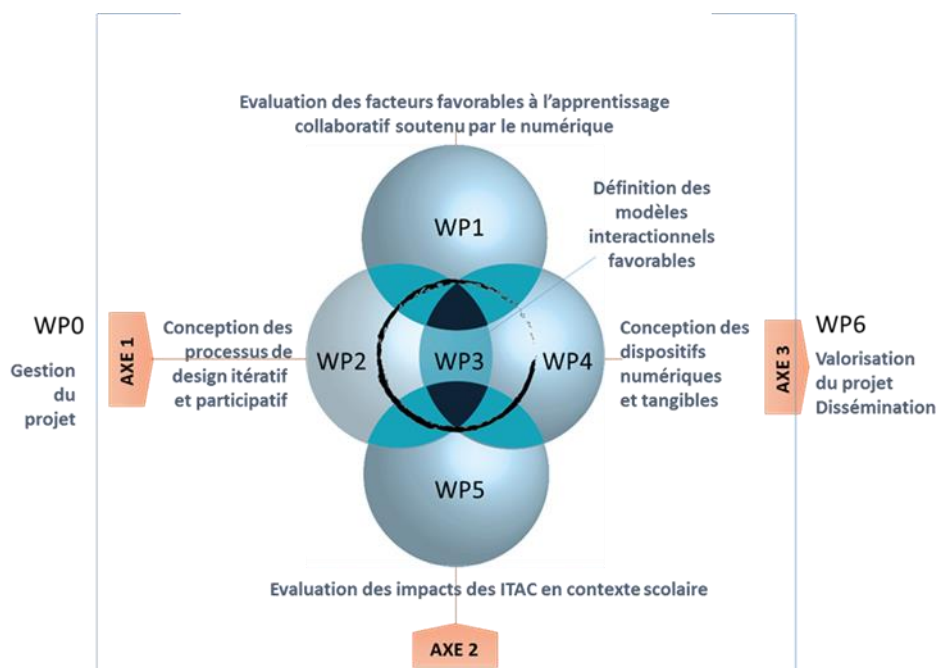
Il a ainsi pour finalité de susciter des pratiques renouvelées en mettant à disposition des interfaces de nouvelle génération, pensées non seulement pour, mais aussi par les utilisateurs finaux.

Ainsi, le projet e-TAC vise deux objectifs principaux :

- Co-concevoir des interfaces utilisateurs tangibles et augmentées spécifiquement pensées pour améliorer l'apprentissage collaboratif.
- Accompagner la transformation des pratiques enseignantes en vue de favoriser et soutenir les pratiques collaboratives et l'intégration de solutions innovantes dans les pratiques pédagogiques.

Le projet e-TAC s'est structuré en 3 axes - concevoir, évaluer et former - répartis en 7 groupes de travail (voir **Figure 20**). Ce projet mobilise une approche de la recherche fondée sur la conception participative (e.g., créativité collective, focus groups) permettant de faire émerger des solutions nouvelles. De plus, ces processus d'innovation cherchent à impliquer directement le jeune public visé dans le projet (9-15 ans).

Figure 20 - Structure schématique des actions du projet e-TAC



Or, pour concevoir des solutions innovantes, e-TAC demande d'avoir un espace intermédiaire entre la classe et le laboratoire de recherche, notamment pour être au plus proche des besoins et réalités de classe, mais aussi pour ne pas agir de manière intrusive dans les classes lors des tests dits utilisateurs. De plus, pour accompagner la transformation des pratiques professionnelles enseignantes, les enseignants ont besoin d'un accompagnement et de moyens spécifiques.

Face à ces enjeux, c'est tout naturellement que les partenaires UL et Canopé ont intégré le projet Li'L@b au sein du projet e-TAC. Le projet de thèse a émergé de ce partenariat et a été rendu possible par le financement e-FRAN associé.

3.1.3 Enjeux et objectifs du Li'L@b

Le projet « Li'L@b » a en effet été initié en 2016 par le directeur général du Centre national de documentation pédagogique (CNDP) - correspondant maintenant à Réseau Canopé national - et le directeur de l'antenne de Montigny-Lès-Metz, en partenariat avec l'Université de Lorraine - PErSEUs. Il s'inscrivait dans le cadre de la refondation du Réseau Canopé qui a suivi la loi du 8 juillet 2013 pour la refondation de l'école de la République fixant avec la création d'un service public du numérique éducatif, le cadre de développement du numérique à l'école ("Loi n°2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République," 2013). L'article 16 de la loi a prévu notamment que Canopé, en tant que service public, ait pour objectif de :

1. « Mettre à disposition des écoles et des établissements scolaires une offre diversifiée de services numériques permettant de prolonger l'offre des enseignements qui y sont dispensés, d'enrichir les modalités d'enseignement et de faciliter la mise en œuvre d'une aide personnalisée à tous les élèves ;
2. Proposer aux enseignants une offre diversifiée de ressources pédagogiques, des contenus et des services contribuant à leur formation ainsi que des outils de suivi de leurs élèves et de communication avec les familles ;
3. Assurer l'instruction des enfants qui ne peuvent être scolarisés dans une école ou dans un établissement scolaire, notamment ceux à besoins éducatifs particuliers. Des supports numériques adaptés peuvent être fournis en fonction des besoins spécifiques de l'élève ;
4. Contribuer au développement de projets innovants et à des expérimentations pédagogiques favorisant les usages du numérique à l'école et la coopération. »

Il s'inscrivait également dans la mise en place d'Ateliers sur le territoire qui devaient prendre la forme d'espaces de créativité, de collaboration, d'expérimentation et de formation, pour accompagner les nouvelles pratiques pédagogiques et particulièrement celles induites par le numérique.

Dans ce contexte, soutenu par un réseau de partenaires incluant la recherche (Université de Lorraine, Inria), l'objectif du « Li'L@b » au sein de l'Atelier est ici de participer à la démocratisation auprès des enseignants de technologies encore émergentes dans le contexte éducatif. Il s'agit également d'investiguer les potentialités pédagogiques portées par des solutions alternatives aux écrans/claviers/souris pour l'amélioration des apprentissages dans le premier et le second degré, en offrant un écosystème favorable à l'évaluation avec et par des acteurs éducatifs, mais aussi des élèves, voire les familles. Enfin, il vise à permettre aux enseignants de (re)devenir concepteurs de leurs outils et solutions pédagogiques pour leur classe au travers d'actions de co-conception.

Les objectifs de cet espace sont doubles :

- Développer des dispositifs technopédagogiques ergonomiques, c'est-à-dire conformes aux besoins et attentes des enseignants et apprenants, intégrant des scénarios d'usages pédagogiques innovants avec le numérique,
- Favoriser l'appropriation de ces dispositifs (outils, environnements, systèmes) par les usagers de l'Éducation nationale, en améliorant les processus de conception, de validation et d'édition, notamment au sein du réseau Canopé.

Le Li'L@b est une plateforme pilote dont l'expérience de mise en œuvre sur une période de 5 ans doit servir de base pour favoriser un déploiement de ce type de solution au sein d'autres ateliers à travers la France.

**1^{er} objectif du
Li'L@b :
Développer des
dispositifs techno-
pédagogiques
ergonomiques.**

**2^{ème} objectif du
Li'L@b :
Favoriser
l'appropriation
des enseignants
aux TICE
développées.**

Il est donc nécessaire de conduire une étude en contexte pour pouvoir être en mesure de fournir des guides de recommandations pour faciliter un éventuel déploiement vers d'autres Ateliers.

3.2 Cadre de l'étude

La mise en œuvre et l'évaluation du projet Li'L@b au sein de l'atelier Canopé 57 s'inscrivent dans une approche de type recherche-action (Catroux, 2002). Cette approche a été choisie, car elle permet de fournir un cadre à des investigations qualitatives sur le terrain. Elle a pour but d'éclairer les pratiques et identifier les éléments ayant influencé les changements observés. Cette étude a été conduite entre 2017 et 2021.

Dans le but de documenter et d'analyser les éléments ayant marqué le développement du Li'L@b au regard de ses objectifs (voir section 3.1.3), nous avons plus spécifiquement porté notre analyse sur :

1. Le développement du Li'L@b et son évolution jusqu'à son état actuel par rapport aux objectifs.
2. Les retours d'expériences et représentations des acteurs de l'Atelier Canopé 57 impliqués directement dans sa mise en œuvre et dans les activités du Li'L@b.

Le premier point est basé sur mon retour d'expérience basé sur mes observations et sur les retours d'expérience des membres du Li'L@b.

Il est important de rappeler qu'à partir de 2020, le contexte sanitaire dans lequel a été plongée la population française en réponse à la pandémie de Covid-19 a impacté considérablement les travaux de recherche. Pendant les phases de confinement, les déplacements dans les écoles et dans l'Atelier étaient rendus impossibles. Puis, le fonctionnement de l'Atelier a été totalement freiné, conduisant le report, puis l'annulation de certaines formations numériques qui devaient servir pour des expérimentations. Les activités en lien avec le Li'L@b (notamment les « mercredis du Li'L@b », concept expliqué dans la section 3.3.2.1c) ont été arrêtées. Les tests utilisateurs avec les prototypes conçus n'étaient également plus possibles. Entre les phases de confinement, la réalisation des expérimentations a été contrainte par un accès limité des personnes au sein de l'Atelier, puis par les gestes barrières hygiéniques et de distanciation physique (exemples : port du masque, partage du matériel contraint, distanciation physique) qui ont rendu l'observation et les analyses complexes.

3.3 Mise en œuvre du Li'L@b

La mise en œuvre du Li'L@b s'est déroulée sur une période de cinq ans. Les projets conduits au sein du Li'L@b ont donné des directions, déterminé ses activités et l'aménagement de son espace. Ils ont permis aux acteurs de repenser son accès,

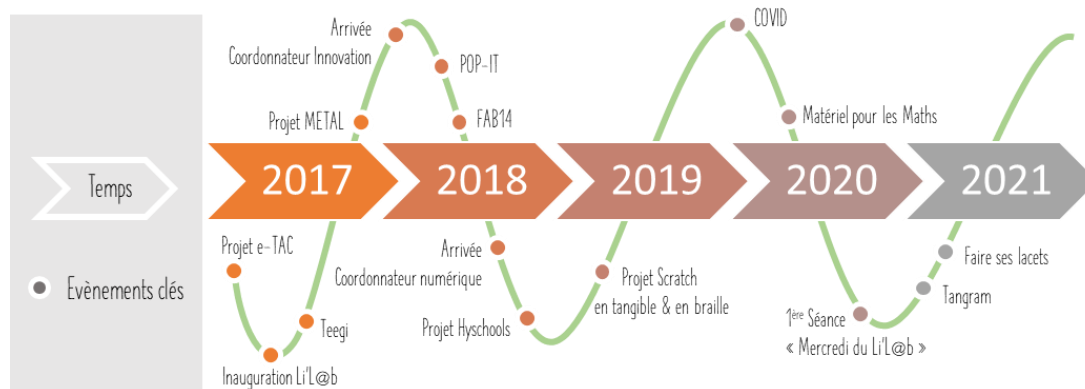
son matériel, son organisation d'équipe et de mieux cerner ses utilisateurs. Après quatre ans de développement du Li'L@b, les ressentis des acteurs impliqués ont été recueillis, les freins rencontrés au cours de ce développement ont été soulevés et en conséquence, des recommandations ont été proposées.

3.3.1 Les projets moteurs du changement : chronologie des événements marquants

Divers projets se sont déroulés au sein du Li'L@b. Toutefois, notre analyse portera uniquement sur les projets les plus déterminants.

La frise chronologique, représentée à la **Figure 21**, retrace les projets saillants qui ont eu lieu au sein du Li'L@b et des éléments clés qui lui ont conféré différentes directions sur la période allant de 2017 à 2021. Ces différents projets seront développés dans la section 3.3.2. Les points signalés sur la courbe indiquent les lancements d'activités du Li'L@b concernant les projets en question. Dans le cadre de ce descriptif, les années indiquées (ex. 2017) correspondent à la période de début d'année scolaire concernée, soit septembre.

Figure 21 - Chronologie des projets et événements marquants dans la mise en œuvre du Li'L@b pendant la période de 2017 à 2021.



3.3.1.1 Lancement du projet - 2016

L'implantation, liée à la refondation de Réseau Canopé, de l'Atelier Canopé 57 dans les bâtiments de l'Inspé, à Montigny-Lès-Metz, a eu lieu très peu de temps avant le lancement du projet Li'L@b. Pendant cette période, l'équipe de cet Atelier est formée par les anciens membres du CRDP de Metz. Ils sont à l'origine du projet et ont porté avec conviction la demande de subvention, l'élaboration des plans, les investissements, etc.

Ils ont co-pensé, en partenariat avec l'Université de Lorraine, dans le cadre du projet e-TAC, la plateforme du Li'L@b comme un espace modulable, translationnel entre

recherche et formation. Ils ont soutenu la nécessité de coupler le projet à une approche en recherche-action via une thèse, en vue de décrire, analyser l'expérience pour en faciliter la régulation et le transfert. En fin d'année scolaire, les porteurs sont cependant chacun amenés à quitter leurs fonctions de manière imprévue.

3.3.1.2 Amorçage des activités living lab - 2017

Le projet e-TAC a donné une première direction au Li'L@b.

Le Li'L@b a été inauguré le 21 mars 2017. Son activité a débuté avec des projets en lien avec le projet e-TAC (voir 3.1.2).

Ces activités étaient des ateliers de *co-design* et des tests utilisateurs en lien avec la recherche et autour des interfaces tangibles et augmentées. Rappelons que le projet e-TAC vise un objectif qui est de co-concevoir et évaluer des interfaces tangibles et augmentées spécifiquement pensées pour améliorer l'apprentissage collaboratif.

Ainsi, de premiers tests utilisateurs ont été menés sur une interface tangible appelée « Teegi ». Celle-ci est présentée dans le chapitre 1. Ces tests ont permis d'identifier un premier besoin méthodologique pour le Li'L@b, celui exposé dans la section 2.3.2.1, qui concerne le manque d'outil pour évaluer l'utilisabilité perçue des technologies émergentes pour de jeunes élèves.

Puis, l'équipe de recherche du projet [e-FRAN - METAL](#) est venue solliciter Stéphanie Fleck qui les a orientés vers les services du Li'L@b pour leur apporter une compréhension de la culture professionnelle des enseignants et leurs besoins concernant l'évaluation dans le cadre de leur projet de conception d'un tableau de bord destiné aux enseignants, fondé sur les *Learnings Analytics* de traces d'interaction des élèves lors de leur utilisation des ENT en collège.

À mon arrivée en 2017, au sein de l'Atelier Canopé 57, les porteurs du projet venaient de partir avec leur vision du projet. Ils ont été remplacés par de nouvelles personnes avec des compétences et appétences différentes. Ces changements de personnel ont continué avec le départ en retraite d'un membre de la direction territoriale impliqué dans le projet Li'L@b en tant que manager.

La première année a été consacrée à comprendre le contexte et les attentes de Réseau Canopé, à faire le lien avec le projet e-TAC, à s'acculturer sur le sujet des tiers-lieux et leur fonctionnement, par la lecture d'articles scientifiques, la visite de tiers-lieux et des échanges avec des professionnels pour m'approprier le sujet de recherche.

3.3.1.3 Développement des activités fablab - 2018

En 2018, les chercheurs du projet e-TAC ont sollicité le Li'L@b pour co-construire un outil tangible permettant d'évaluer l'utilisabilité des technologies émergentes par de jeunes élèves en réduisant les effets de Halo. Ces derniers représentent un biais cognitif qui dans notre cas souligne que les élèves, en fonction de leur premier ressenti, ont tendance à évaluer très positivement ou, à l'inverse, très négativement

toutes les caractéristiques d'une technologie numérique. Cet outil fait référence au projet POP-IT (Veytizou et al., 2018), décrit en section 3.3.2.3 c). Au-delà de mobiliser le Li'L@b, cette étude a un intérêt pour celui-ci, car l'outil développé pourra servir par la suite à évaluer les futures ITA.

La participation de quelques acteurs du Li'L@b au congrès mondial des fablabs, Fab14, réalisé à Bataville, les a incités à disposer d'outils de type ITA (exemple : un [bac à sable à réalité augmentée](#)). De plus, les échanges avec les chercheurs ont permis l'introduction d'outils libres pour la conception participative avec les enfants (exemple : un [support Do.doc](#)). Après cet événement, les outils conçus par ces acteurs ont été apportés à l'Atelier et par la suite utilisés pour des démonstrations, des formations auprès des médiateurs et des enseignants. Des étudiants ont également réfléchi à la manière d'améliorer le système pour qu'il soit facilement transportable. D'autres étudiants avec un autre type de bac à sable à réalité augmentée ont cherché à créer des fiches activités pour les enseignants. Une plateforme [Do.doc](#), créé par l'atelier des chercheurs, a également été mise en place localement avec Réseau Canopé, afin que les utilisateurs du Li'L@b puissent partager les différents projets.

L'arrivée de 2 nouvelles personnes, la participation à un événement et l'acquisition de matériel ont donné une deuxième direction au Li'L@b.

Cette année-là, deux enseignants sont arrivés à la direction territoriale : un coordonnateur Innovation et un coordonnateur Numérique. Ces derniers sont issus d'un lycée professionnel, au sein duquel, ils ont mis en place un *fablab* pour faciliter l'inclusion scolaire des élèves en situation de handicap. Avec leurs expériences, leurs connaissances, leur réseau et leurs compétences, ces acteurs ont contribué à donner une nouvelle direction au Li'L@b. De plus, la participation des acteurs du Li'L@b à l'événement Fab14 a également influencé le Li'L@b vers des activités tournées vers la fabrication et plus particulièrement vers le prototypage d'outils pédagogiques.

La venue d'un projet, dont l'objectif est d'améliorer l'enseignement par la co-construction de scénarios pédagogiques, a donné une troisième direction au Li'L@b.

Suite à l'événement Fab14, le Li'L@b s'est alors équipé de machines pour la fabrication, telles qu'une découpeuse laser, une imprimante 3D, etc.

Le concept de *fablab* a pris du sens pour les acteurs du Li'L@b avec les projets de fabrication d'outils pédagogiques qui ont débuté l'année suivante et par des formations au *co-design*, à l'utilisation des machines et des logiciels de modélisation qui leur ont été prodigués.

En parallèle, un projet orienté vers la construction de scénarios pédagogiques incluant un outil pédagogique pour améliorer l'enseignement de l'hydrogène aux apprenants a débuté au sein du Li'L@b. Il s'agit du projet *Hyschool*. Ce projet a marqué le début d'un nouveau type d'activités pour le Li'L@b.

3.3.1.4 Stabilisation des activités compromises par le Covid - 2019, 2020 et 2021

En 2019, les projets de recherche qui ont débuté auparavant se sont poursuivis. Puis, dans le cadre d'un projet de master, trois étudiantes de l'Inspé de Montigny-

Lès-Metz ont utilisé les services du Li'L@b pour réaliser une version tangible et en braille d'un outil de programmation, nommé Scratch, pour des élèves déficients visuels. Ainsi, les acteurs de l'Atelier se sont approprié le Li'L@b en essayant de répondre aux besoins immédiats des enseignants au niveau local avec des projets qui privilégient l'apprentissage par la manipulation d'objets. Ces besoins ont concerné principalement des outils à fabriquer pour la classe. C'est alors qu'en 2020, le Li'L@b a offert ses services à une enseignante exprimant un besoin pour sa classe d'avoir des outils de manipulation mathématiques individuels pour son établissement, en raison des règles sanitaires imposées par le gouvernement français aux écoles, liées au Covid.

En parallèle, le coordonnateur Innovation s'est retiré du projet.

Pour attirer des enseignants au Li'L@b, l'équipe a instauré « les mercredis du Li'L@b ». Ce sont des séances planifiées une fois par mois pour travailler seul ou à plusieurs sur des besoins provenant des enseignants pour la construction d'outils pédagogiques pour la classe. Cependant la crise sanitaire du Covid 19 a bousculé la mise en place de ces séances. Une seule séance a pu être réalisée en présentiel en 2020. Par ailleurs, mon contrat avec Réseau Canopé a pris fin cette même année. En raison du Covid et de son impact sur la réalisation des travaux de recherche, un nouveau contrat a été signé avec l'Université de Lorraine me permettant de poursuivre ces travaux de recherche au sein du laboratoire PErSEUs, donc hors de l'Atelier.

En 2021, avec la crise du Covid, le Li'L@b a principalement accueilli des étudiants avec des projets de fabrication tels que la fabrication d'un tangram et celle d'un outil permettant aux élèves d'apprendre à faire leurs lacets.

En clair, le Li'L@b s'est construit en fonction des projets, des compétences, expériences, connaissances et appétences qui l'ont alimenté, du matériel qu'il a reçu et des acteurs qui l'ont orienté ou animé. Actuellement, il continue à se construire avec sa communauté et les évolutions de la société. Ces projets accueillis au sein du Li'L@b peuvent être regroupés en fonction des types d'activités spécifiques du Li'L@b.

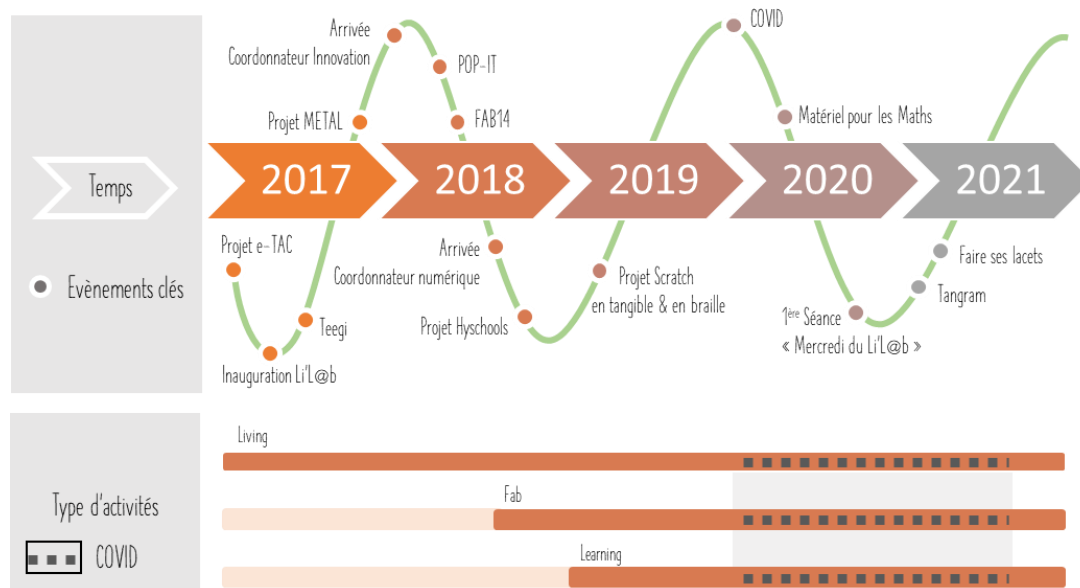
3.3.2 Des activités spécifiques

Au sein du Li'L@b, les projets identifiés peuvent être classés parmi trois types d'activités spécifiques :

- Les activités orientées *fablab*,
- Les activités orientées *learning lab*,
- Les activités orientées *living lab*.

Ces activités sont représentées à la **Figure 22** en fonction de la chronologie des projets et événements marquants du Li'L@b sur la période allant de 2017 à 2021.

Figure 22 – Les points de départ des types d'activités spécifiques du Li'L@b entre 2017 et 2021.



La partie foncée des barres représentées dans la Figure 22 indique la période où a eu lieu chaque type d'activité. Elle permet de localiser leur commencement dans le développement du Li'L@b.

Pour les activités orientées *living lab*, nous pouvons voir qu'elles ont commencé dès le début du projet Li'L@b, notamment par l'impulsion des projets lancés par les chercheurs du projet e-TAC. Pour les activités orientées *fablab*, elles ont commencé avec l'arrivée des coordonnateurs dans le réseau et l'événement Fab14. Enfin, pour les activités orientées *learning lab*, elles ont débuté avec le projet *Hyschools* à la demande de chercheurs.

Toutes ces activités ont été freinées durant la période marquée par le Covid en raison d'un accueil au public limité. Cette période est signalisée par les lignes en pointillés dans la Figure 22.

À présent, ces activités vont être détaillées pour mieux les identifier.

3.3.2.1 Orientées fablab

Activités de fabrication de matériel pédagogique.

Au sein du Li'L@b, on peut retrouver des activités orientées *fablab*, de type « *maker* », « *DIY* ». Autrement dit, il s'agit d'activités tournées vers la fabrication et plus particulièrement vers le prototypage d'outils pédagogiques. La plupart de ces activités sont menées par un médiateur numérique de l'Atelier. Parmi ce type d'activités, on peut regrouper comme exemples les projets suivants : la fabrication de matériel pour les mathématiques, le projet scratch en version tangible et en braille, les fabrications de pièces de tangram et d'un outil pour apprendre aux élèves à faire leurs lacets.

Les enseignants viennent de manière formelle ou informelle utiliser les services du Li'l@b pour fabriquer du matériel pédagogique pour leur classe en fonction d'un besoin qu'ils ont identifié dans leur pratique professionnelle.

Une plateforme [Do.doc](#) spécialement dédiée aux projets du Li'l@b est accessible aux enseignants pour partager leurs projets tout au long du processus. [Do.doc](#) est un outil libre et modulaire permettant de capturer des médias (photos, vidéos, sons et stop-motion), de les éditer, de les mettre en page et de les publier. Cette plateforme dédiée au Li'l@b permet à ses utilisateurs de voir les projets qui ont déjà été faits, de leur donner des idées, de comprendre l'intérêt de partager leur travail, de garder une trace pour l'améliorer, ou pour les autres personnes qui souhaiteraient le refaire. Cela permet aussi de créer une communauté, de pouvoir échanger avec elle et d'obtenir des retours. Les utilisateurs sont alors encouragés à s'en servir par les membres du Li'l@b.

Dans ce genre d'activités, le Li'l@b accompagne les enseignants pour modéliser, prototyper et réaliser des outils pédagogiques en utilisant les outils à commandes numériques comme la découpeuse laser ou l'imprimante 3D. À la différence des *fablabs*, c'est un acteur du Li'l@b formé à l'utilisation de ces machines qui peut s'en servir. Dans ce type d'activités, la conception n'implique pas systématiquement de chercheurs.

Nous présentons quelques exemples (voir **Figure 23**).

Figure 23 - Des exemples de projets de fabrication de matériel pédagogique.



a) **Projets d'auto-conception de matériels pour la classe**

Trois exemples sont donnés ici pour illustrer ce type d'activités.

Boîte contenant du matériel pour les mathématiques

Une enseignante a utilisé les services du Li'L@b pour concevoir une boîte individuelle de manipulation pour le cycle 2, pour faire apprendre aux élèves les centaines, dizaines et unités de plusieurs manières : par des formes géométriques, par des nombres, des bâtons, des jetons, des séries de Noums et des plaques de nombres.

Pendant la période du Covid, il est demandé aux écoles de désinfecter les objets physiques à chaque manipulation entre les élèves. Ainsi, cette enseignante a exprimé un besoin d'avoir des outils de manipulation mathématiques individuels pour son établissement. Celle-ci est alors venue à l'Atelier avec un dessin de ce qu'elle souhaiterait obtenir.

Le Li'L@b a alors déployé un facilitateur avec des compétences numériques pour apporter une aide technique afin de réaliser les dessins en numérique, puis en physique. Le Li'L@b a également mis à disposition de cette enseignante, son espace, un ordinateur et des machines pour la fabrication telles que la découpeuse laser et l'imprimante 3D, mais aussi un outil de partage pour documenter ses projets, tels que Do.doc. De manière générale, c'est le médiateur numérique du Li'L@b qui utilise les machines pour la fabrication au Li'L@b. Toutefois l'enseignante a pu bénéficier d'une démonstration sur la manière de se servir de ces machines, de leurs logiciels, des formats de fichiers à utiliser et une prise en main sur des outils de dessin vectoriel. Elle a fait le choix d'utiliser une licence libre pour partager ses fichiers et documenter son projet sur la plateforme Do.doc de l'Atelier. Elle a obtenu par la suite un kit *fablab* à l'école pour son établissement.

Cette enseignante est venue une dizaine d'heures à l'Atelier, ce qui représente 4 séances pour fabriquer son matériel.

Nous pouvons parler ici de design *by* : l'utilisatrice - ici l'enseignante - vient à l'Atelier en tant qu'experte de son métier avec un besoin identifié et une proposition de solution qu'il lui convient de fabriquer par les moyens du Li'L@b. Elle la testera ensuite dans son établissement. Elle joue à la fois un rôle d'informateur, de testeur et de concepteur. Le facilitateur intervient seulement techniquement lors de la fabrication et en soutien à la diffusion et au partage du projet et des fichiers.

Les services du Li'L@b présentent, toutefois, une limite dans la fabrication d'objets en série. En effet, l'enseignante n'a pas pu fabriquer autant de boîtes de matériels pour les mathématiques pour son établissement qu'elle le souhaitait. Le Li'L@b peut permettre de co-concevoir, de diffuser et de partager, mais il n'est pas équipé pour fabriquer en grande quantité. Sachant qu'une petite pièce à imprimer en 3D peut prendre deux heures et qu'il n'y a qu'une machine. Si les enseignants veulent créer par la suite une série de pièces, il leur est recommandé de prendre contact avec un *fablab*.

Tangram

Dans le cadre d'un stage, quatre étudiantes fonctionnaires stagiaires du master MEEF (Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation) ont utilisé les services du Li'L@b pour fabriquer des pièces de tangram pour leur classe.

Ces enseignantes se sont rendu compte qu'elles disposaient de fiches industrielles de tangram qui n'avaient pas les mêmes couleurs que les pièces du tangram. C'est alors avec un besoin de fabriquer des pièces de Tangram de mêmes couleurs que les fiches qu'elles ont fait appel aux services du Li'L@b.

Ainsi, le Li'L@b a alors déployé un facilitateur avec des compétences numériques pour apporter une aide technique pour réaliser les dessins en numérique, puis en physique. Le Li'L@b a également mis à disposition de ces enseignantes, son espace et du matériel comme la découpeuse laser, un ordinateur et Do.doc. Le médiateur numérique, à partir d'une image, leur a montré la démarche du fichier à travailler pour aller jusqu'à l'impression. Les enseignantes ont pu tester en classe une première version monochrome, puis une seconde version en couleur. L'avantage d'utiliser le Li'L@b est que les pièces sont obtenues à moindre coût et peuvent être remplacées, adaptées pour augmenter ou diminuer la difficulté du Tangram, voire pour créer des tangrams sur-mesure. Pour finir, les étudiantes ont fait le choix d'utiliser une licence libre pour partager leurs fichiers et documenter leur projet sur la plateforme Do.doc de l'Atelier.

Ces étudiantes sont venues moins d'une dizaine d'heures à l'Atelier, ce qui représente environ 4 séances pour fabriquer leur matériel.

Nous pouvons également parler ici de *design by* : les utilisatrices - ici les étudiantes - viennent à l'Atelier en tant qu'expertes de leur métier avec un besoin identifié et une proposition de solution qu'ils leur conviennent de fabriquer par les moyens du Li'L@b. Entre-temps, elles ont accès à leur classe pour tester une première version du Tangram. Elles jouent à la fois les rôles d'informateur, de testeur et de concepteur. Le facilitateur intervient seulement techniquement lors de la fabrication et en soutien à la diffusion et au partage du projet et des fichiers.

Apprendre à faire ses lacets

Toujours dans le cadre de leur stage, ces mêmes quatre étudiantes fonctionnaires stagiaires du master MEEF ont utilisé les services du Li'L@b pour fabriquer un support physique pour aider les élèves à apprendre à réaliser leurs lacets.

Elles ont réalisé un premier support en carton qui se déchirait quand les élèves l'utilisaient. Elles sont alors venues à l'Atelier avec un besoin d'avoir un support plus résistant. Les enseignantes et le médiateur numérique sont partis d'une image en format JPEG. Les étudiantes l'ont ensuite redessiné en version numérique pour un format DXF.

Le Li'L@b a alors déployé un moyen humain avec des compétences numériques pour apporter une aide technique pour améliorer la version numérique du dessin sur ordinateur, la transférer sur le logiciel dédié à la découpeuse laser et paramétrer cette dernière pour la découpe. De plus, elles ont eu accès aux différentes étapes du passage numérique à la découpe qui leur permettent de comprendre le passage à différents formats de fichiers. Avant de découper une version définitive du support, une des enseignantes a testé en classe plusieurs dimensions de trous pour voir quel diamètre serait le plus approprié pour les élèves pour faire passer le lacet. Enfin, elles ont fait le choix d'utiliser une licence libre pour partager leurs fichiers et documenter leur projet sur la plateforme Do.doc de l'Atelier.

Ces étudiantes sont venues six heures à l'Atelier, ce qui représente environ 3 séances pour fabriquer leur matériel.

Encore ici, nous pouvons parler de design *by* : les utilisatrices - ici les étudiantes - viennent à l'Atelier en tant qu'experte de leur métier avec un besoin identifié et une proposition de solution qu'ils leur conviennent de fabriquer par les moyens du Li'L@b. Entre-temps, elles ont accès à leur classe pour tester plusieurs versions de diamètre des trous pour insérer les lacets. Elles jouent à la fois les rôles d'informateur, de testeur et de concepteur. Le facilitateur intervient seulement techniquement lors de la fabrication et en soutien à la diffusion et au partage du projet et des fichiers.

Dans les deux projets « Tangram » et le « support pour apprendre à faire ses lacets », on retrouve des limites à l'utilisation des services du Li'L@b, notamment dans le partage des projets avec la plateforme Do.doc, car celle-ci n'est accessible qu'à l'Atelier. Actuellement, des acteurs de Réseau Canopé et un chercheur de l'Atelier des chercheurs sont en train de réfléchir pour le rendre plus accessible.

De plus, pour une question de sécurité et de compétences, les machines pour la fabrication, telle que la découpeuse laser, ne sont utilisées que par le médiateur numérique qui a été formé à celles-ci. Les utilisateurs dépendent donc de la disponibilité du médiateur pour fabriquer leur matériel pédagogique. De plus, la plage horaire d'ouverture de l'Atelier correspond aux heures de classe, ce qui empêche leur accès. Enfin, il est difficile pour le personnel de l'Atelier d'obtenir du consommable pour les machines.

b) Projets de co-conception

Projet Scratch en version tangible et en braille

Dans le cadre d'un projet de master, trois étudiantes de l'Inspé de Montigny-Lès-Metz ont utilisé les services du Li'L@b pour réaliser une version tangible et en braille d'un outil de programmation, nommé Scratch, pour des élèves déficients visuels. L'objectif des étudiantes était que cette version tangible et en braille soit accessible aux élèves déficients visuels pour apprendre la programmation avec Scratch et accessible à tous les élèves pour leur permettre de passer la même épreuve au

brevet. Les étudiantes sont parties d'un projet existant d'une enseignante et ont fait appel aux services du Li'L@b. Tout d'abord, elles voulaient faire une version en 3D.

Le Li'L@b a déployé un moyen humain avec des compétences numériques pour apporter une aide technique et conseiller les étudiantes d'utiliser la découpeuse laser plutôt que l'imprimante 3D qui prendra plus de temps pour la réalisation. Cet aide technique a consisté au médiateur à apporter une aide au dessin numérique des pièces et à la réalisation de la fabrication avec la découpeuse laser. Il a aussi apporté une aide à la conception et des astuces techniques pour que les pièces tiennent ensemble. Le Li'L@b a également mis à disposition de ces étudiantes, son espace et du matériel comme la découpeuse laser, un ordinateur et Do.doc. Les étudiantes ont réalisé la partie braille, la mise en couleur des pièces, puis elles ont fait des tests auprès d'une élève. Puis, le médiateur numérique a pris contact avec les équipes d'enseignants spécialisés « Troubles des Fonctions Visuelles » de l'académie Nancy Metz pour poursuivre l'amélioration du prototype. Enfin, les étudiantes ont fait le choix d'utiliser une licence libre pour partager leurs fichiers et documenter leur projet sur la plateforme Do.doc de l'Atelier.

Ces étudiantes sont venues une quatorzaine d'heures à l'Atelier, ce qui représente environ 7 séances pour réaliser leur projet.

Nous pouvons également parler ici de design *by* : les utilisatrices - ici les étudiantes - viennent à l'Atelier en tant qu'experte de leur métier avec un besoin identifié et une proposition de solution qui vient à être améliorée avec les services du Li'L@b. Entre-temps, elles ont accès à une élève pour tester une version du projet Scratch en tangible et en braille. Elles jouent à la fois les rôles d'informateur, de testeur et de co-concepteur. Le facilitateur intervient techniquement lors de la fabrication, mais aussi dans la conception pour améliorer l'idée et en soutien à la diffusion et au partage du projet et des fichiers.

Durant ce projet, une des limites rencontrées par les utilisateurs a été le manque de compétences pour le braille. Le Li'L@b a besoin d'agrandir son réseau de partenaires dans les domaines étudiés. Les étudiantes ont pu trouver une enseignante spécialisée dans le braille qui avait une machine pour le faire.

c) *Les mercredis du Li'L@b*

Ce concept a été lancé par l'équipe de l'Atelier Canopé 57. Il vise à planifier un mercredi dans le mois pour inciter les enseignants du premier et second degré de toutes disciplines à venir au Li'L@b pour collaborer, réfléchir et fabriquer du matériel pédagogique qui répond à leurs besoins du terrain, mais aussi à partager leurs réalisations au sein d'une communauté (i.e., fichiers, compétences, expériences et connaissances). Ce concept est aussi ouvert aux formateurs, étudiants, éducateurs, artistes, chercheurs, et tout autre acteur concerné par des problématiques liées à l'éducation.

Malheureusement, suite au COVID 19, une seule séance a pu être mise en place. Cette première séance était une introduction au concept du Li'L@b. Elle avait pour objectif de présenter aux enseignants la structure, les principes du concept et les

moyens mis à disposition pour réaliser des projets de conception de matériel pédagogique.

3.3.2.2 Orientées learning lab

Activités qui visent la co-construction de scénarios pédagogiques innovants afin d'améliorer l'enseignement et l'apprentissage.

Au sein du Li'L@b, on peut retrouver également des activités orientées *learning lab*, c'est-à-dire des activités orientées vers la co-construction de scénarios pédagogiques comprenant les objectifs d'apprentissage, les contenus, les activités ou méthodes pédagogiques et les stratégies d'évaluation, en vue d'améliorer l'enseignement du domaine en question.

Pour ce type d'activités, le Li'L@b peut accompagner ses utilisateurs en offrant un espace modulable, un support technique pour mettre en place la salle (caméras, installation d'ordinateurs, grand écran pour les présentations de travaux) et des moyens humains avec des compétences dans l'enseignement. Ce type d'activités peut être illustré avec le projet *Hyschools*.

Dans le cadre du projet ERASMUS+, [Hyschools](#) est un projet porté par l'Université de Manchester qui regroupe 8 partenaires européens :

- Université de Manchester – Royaume-Uni
- Université de Franche-Comté - France
- Université de Lorraine - France
- Campus Automobile Spa-Francorchamps - Belgique
- Région des Abruzzes - Italie
- Université *degli studi di Perugia* - Italie
- Parc scientifique de Patras - Grèce
- Agence de gestion énergétique de Maramures - Roumanie

L'objectif de ce projet consiste à concevoir et mettre en œuvre un ensemble de ressources pédagogiques et professionnelles dans le but d'améliorer la qualité de l'enseignement de la technologie des piles à combustible à l'hydrogène afin de doter les élèves des compétences futures requises par ce secteur en pleine croissance.

Dans le cadre de ce projet, l'Université de Lorraine, suite à une grande enquête auprès des enseignants indiquant que ces derniers étaient en demande de séquences pédagogiques et de ressources, a mis en place au sein du Li'L@b un ensemble de 5 séances de conception participative avec des enseignants dans le but de valider de manière itérative la conception d'une méthode d'idéation et de conception de séances/séquences pédagogiques basées sur des contraintes associées à des cartes (voir la solution distribuée sur le site du projet). Le Li'L@b a également accueilli un atelier de co-conception dans le cadre d'un meeting du projet impliquant des acteurs de chacun des partenaires du projet.

Cet outil vise à :

- Soutenir une production rapide d'idées pédagogiques au service d'un enseignement innovant
- Forcer les enseignants à intégrer dans leur conception pédagogique quatre dimensions pédagogiques fondamentales
 - o Les modalités d'apprentissage des élèves
 - o La nature de la production de l'élève
 - o Les contenus à apprendre
 - o Les compétences à mobiliser

Au cours des différentes séances de co-conception, le Li'L@b a accueilli des enseignants-chercheurs en ergonomie des IHM et en physico-chimie, des doctorants en chimie des matériaux, électrochimie, ergonomie prospective, des étudiants en master (MEEF, Ingénierie pédagogique (IP)), des enseignants du premier degré et du second degré en sciences économiques et sociales, en histoire-géographie, un responsable de projet.

Ces séances ont été animées et facilitées par une enseignante-chercheuse du projet *Hyschools* et membre partenaire du Li'L@b. Celle-ci s'est occupée de l'organisation et de la planification des séances d'idéation. Au cours de ces séances, elle a initié une dynamique de groupe en laissant chacun des participants se présenter, puis elle a veillé à ce que le groupe ait bien compris la problématique en énonçant le problème oralement. Ensuite, pour guider et stimuler l'interaction entre les participants, elle a utilisé une méthode d'idéation basée sur des contraintes associées à des cartes (voir la solution distribuée sur le site du projet). Puis, elle a mis en forme les idées des participants en faisant une carte mentale qu'elle a dessinée sur le tableau blanc. Son objectif était de faire en sorte que le processus de créativité avance et de garantir l'atteinte des résultats de la session. Pour cela, elle devait également gérer le temps des séances. Par la suite, elle a dû synthétiser les idées et les envoyer aux participants.

En tant qu'enseignants, des acteurs du Li'L@b ont aussi participé aux séances. Le Li'L@b a offert un espace pour accueillir les divers échanges, du matériel, tel qu'un tableau blanc, des crayons, des tables et chaises, un ordinateur avec un grand écran pour afficher les présentations et une aide technique qui se caractérise par une mise en place des caméras et de l'ordinateur par un médiateur numérique de l'Atelier.

Dans ce cas, il s'agit de *design with* : la demande est initiée par un chercheur qui a besoin du point de vue des enseignants pour réfléchir à des solutions. Les enseignants sont donc contributeurs. Ils proposent des idées en tant qu'experts de leur domaine. Ils jouent donc également un rôle d'informateur en apportant la connaissance au sein du projet.

Une des limites pour ce projet a été la difficulté pour trouver un facilitateur avec des compétences en hydrogène et maîtrisant l'anglais. Les acteurs du Li'L@b, pris par leurs autres activités, n'étaient pas systématiquement disponibles et n'avaient pas les compétences nécessaires en hydrogène. L'enseignante-chercheuse a dû former un étudiant en urgence pour faciliter certains ateliers, le laissant dans une posture insécurisante. De plus, il nécessitait que le facilitateur maîtrise l'anglais pour le séminaire, puisque les acteurs communiquaient en anglais.

3.3.2.3 Orientées living lab

Activités qui visent
la co-construction
de solutions
techno-
pédagogiques
innovantes.

Ces activités orientées *living lab* concernent principalement les activités de recherche avec des ateliers de *co-design* et des tests utilisateurs. Dans le cadre d'e-TAC, ces activités sont réalisées sur des ITA et menées le plus souvent par des enseignants-chercheurs. Les études menées au sein du Li'L@b servent d'expérimentation avant d'être testées directement en classe afin de ne pas risquer de dégrader les activités pédagogiques via l'introduction de prototypes non encore validés. Dans le processus de conception, on retrouve plusieurs phases qui correspondent à l'exploration, l'idéation, le prototypage et l'évaluation. Ainsi les activités orientées *living lab* dépendent de ces étapes d'avancement du projet.

Quelques exemples de projet sont donnés pour illustrer ce type d'activités en fonction de la phase de conception. Ces activités correspondent au design *with*.

a) **Exploration**

La phase d'exploration peut servir à recueillir les besoins des enseignants et des élèves, apprendre à mieux les connaître, à identifier le contexte dans lequel ils se trouvent.

Dans le cadre du projet [METAL](#) (laboratoire associé LORIA-UL), le Li'L@b a reçu une demande de la part de l'équipe de recherche pour apprendre à mieux connaître les enseignants, leur culture professionnelle, ainsi que leurs besoins concernant l'évaluation. Pour cela, le Li'L@b a participé à l'élaboration de sondes culturelles, à la fois dans les idées, mais aussi dans la fabrication (voir **Figure 24**). Pour cela, une veille sur la méthode a également été réalisée par une étudiante et une doctorante du Li'L@b. Pour plus d'informations sur l'étude, voir Perry et al. (2018)¹¹. Ces kits ont ensuite été donnés à compléter à neuf enseignants.

¹¹ Une étude a été réalisée pour explorer les besoins des enseignants concernant l'évaluation et leur culture professionnelle. Ce travail a fait l'objet d'un article de « travail en cours » et d'un poster.

Ibid. Perry, E., Baraudon, C., & Fleck, S. (2018). Concevoir des IHM pour l'éducation : Intérêts d'une sonde culturelle pour mieux connaître l'enseignant-utilisateur. 30ème conférence francophone sur l'interaction homme-machine.

Figure 24 - Kit des sondes culturelles réalisé dans le cadre du projet METAL.



Après cette première phase, ces mêmes enseignants ont participé à un atelier d'exploration des besoins concernant l'évaluation des élèves, illustré par la Figure 25.

Figure 25 - Atelier pour explorer les besoins des enseignants concernant l'évaluation, réalisé dans le cadre du projet METAL.



Dans ce projet, le Li'L@b a offert des moyens humains avec des compétences orientées recherche (veille sur la méthode de conception) pour concevoir des objets créatifs pour constituer des kits de sondes culturelles destinées à des enseignants, du matériel pour les concepteurs, afin de pouvoir réaliser les kits (exemples : ordinateur, imprimante), un espace aménagé particulièrement pour l'atelier d'exploration avec une séparation entre les deux groupes. L'atelier a été animé par une enseignante-chercheuse membre partenaire du Li'L@b. Celle-ci a aussi créé un outil d'exploration pour guider cet atelier.

Dans ce cas, les enseignants ont joué un rôle d'informateur en apportant leurs connaissances pour le projet METAL.

Une des limites que nous avons rencontrée pour ce projet c'était la disponibilité de l'espace du Li'L@b qui servait également de salle de formation pour les autres acteurs de l'Atelier Canopé 57. Pour résoudre ce problème, un mercredi par mois a été intégré dans le programme de l'Atelier Canopé 57, destiné à l'équipe de chercheurs du projet e-TAC pour réaliser ce type d'activités.

b) Idéation

La phase d'idéation consiste à générer un maximum d'idées de conception, à en sélectionner quelques-unes et à les affiner ensuite pour arriver à une solution.

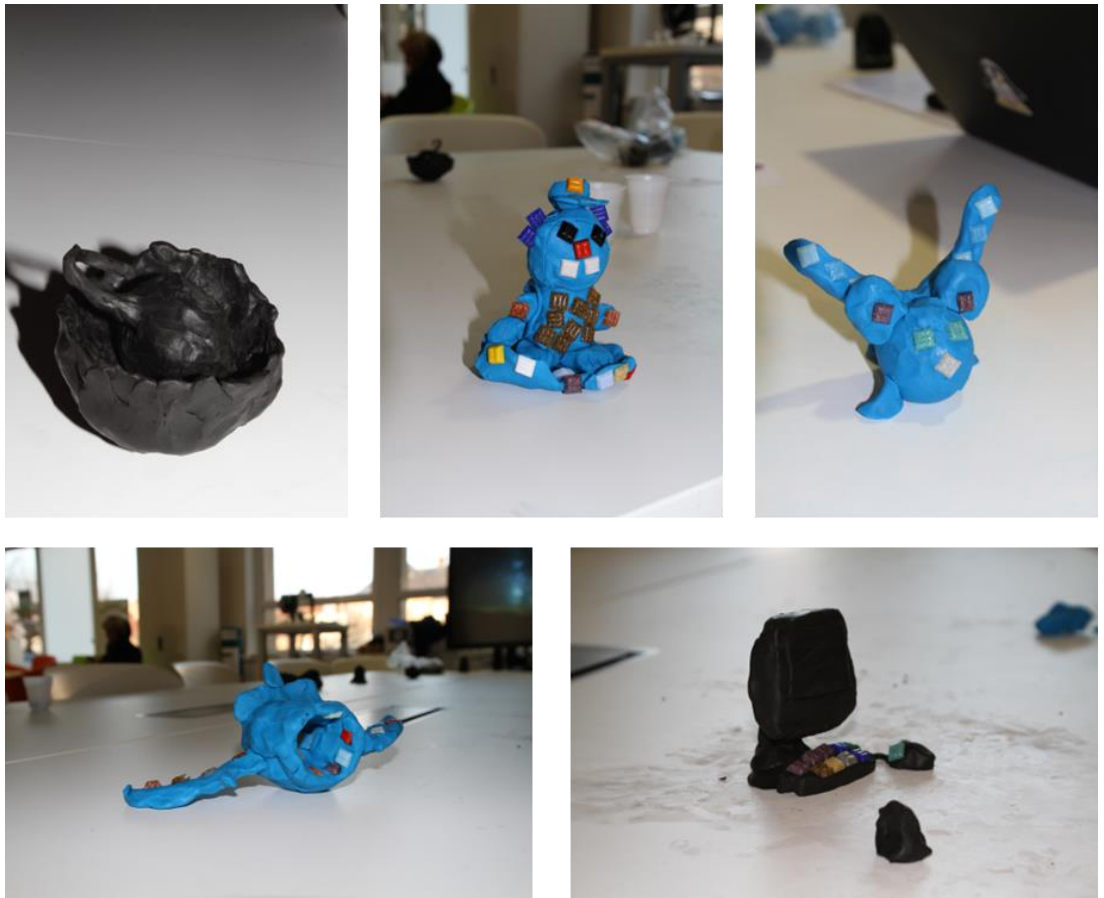
Dans le cadre du projet e-TAC, des chercheurs ont organisé un atelier d'idéation au sein du Li'L@b avec des élèves âgés entre 9 et 10 ans (cycle 3). Les objectifs de cet atelier visaient à :

- Faire s'exprimer les élèves sur les images, évocations, formes associées à un artefact tangible destiné à incarner le stockage d'informations,
- Obtenir une forme facilement manipulable par les enfants,
- Favoriser les affordances manipulatoires et fonctionnelles.

Les élèves avaient à leur disposition de la pâte à modeler et des carrés de mosaïque pour exprimer leurs idées (voir **Figure 26**). Cet atelier était suivi de courts entretiens individuels pour comprendre chaque idée.

En parallèle de cet atelier étaient organisés d'autres ateliers, afin de permettre d'avoir des roulements entre les groupes d'élèves.

Figure 26 - Des exemples d'idées produites par des élèves de CM2, dans le cadre du projet e-TAC, lors d'un atelier d'idéation réalisé au sein du Li'L@b.



L'atelier et les entretiens ont été animés par un enseignant-chercheur du projet e-TAC. Le matériel de captation et celui pour le prototypage ont été apportés par l'équipe de recherche du projet e-TAC.

Le Li'L@b a fourni des espaces aménagés, du mobilier (tables, chaises), du matériel ordinateurs, grand écran) et des moyens humains pour la gestion d'un atelier avec le bac à sable RA et veiller au bon déroulement de la journée.

Les élèves concernés ne font pas partie du projet e-TAC, ils sont venus occasionnellement pour cet atelier. Ils jouent donc un rôle d'informateur et de contributeur.

L'une des difficultés, ici, est de recruter de nombreux acteurs pour réaliser ce type d'activités avec des élèves.

c) **Évaluation**

La phase d'évaluation permet de recueillir des retours auprès des utilisateurs en vue d'améliorer une solution et d'atteindre sa version idéale. Ainsi, elle peut s'effectuer sur des prototypes qui nécessitent d'être améliorés et de recevoir une évaluation.

Dans le cadre du projet e-TAC, des tests utilisateurs ont été menés au sein du Li'L@b pour évaluer des interfaces tangibles et augmentées. Par exemple :

Figure 27 - Illustration de l'outil POP-IT.



Figure 28 - Illustration de Teegi.



- POP-IT ¹²(Veytizou et al., 2018) est une ITA qui a été conçue pour permettre aux élèves âgés de 9-11 ans d'évaluer leurs opinions à partir d'une échelle de Likert sur leurs interactions avec des technologies émergentes (voir **Figure 27**). En plus d'évaluer les interactions des élèves avec POP-IT, l'objectif de l'étude menée au sein du Li'L@b était d'identifier si les interactions tangibles induites par une ITA, telle que POP-IT pouvaient influencer les réponses des enfants aux questionnaires de sorte à réduire les réponses extrêmes.
- Teegi (Fleck et al., 2018), ce personnage physique présenté dans le chapitre 1, sur lequel les aires cérébrales impliquées dans les mouvements des mains et des pieds et dans la vision sont mises en évidence lorsqu'on manipule directement ses mains ou ses pieds, ou bien lorsqu'on lui ferme les yeux, a fait office d'une étude au sein du Li'L@b (voir **Figure 28**). L'objectif de cette dernière était d'étudier si ce dispositif interactif était adapté à des enfants du point de vue de son utilisabilité et de son potentiel pédagogique pour pouvoir être utilisé dans le cadre d'un apprentissage formel (i.e. en contexte scolaire) ou informel (i.e. en musée, Centre de médiation de la culture scientifique, technique et industrielle).

Les commanditaires de ces études étaient des chercheurs. Les services du Li'L@b ont permis d'offrir un espace pour réaliser ces évaluations, des moyens humains sur place, divers matériels (tables, chaises), mais aussi du matériel de captation et d'analyse comportementale, une installation de l'espace de manières scénarisé, une co-organisation des événements de sortie scolaire en partenariat avec les écoles, une sélection et des conseils sur les moyens méthodologiques (grilles, tests), le traitement de données comportementales, un apport de connaissances sur l'évaluation de l'utilisabilité par des élèves à partir d'échelles de Likert, la participation dans l'animation d'activités pédagogiques pour effectuer des roulements de passation. Ici, les utilisateurs étaient des élèves. Ces derniers ont joué le rôle de testeur au sein du Li'L@b. Pour réaliser ces sessions avec les élèves, il y a eu besoin de plusieurs animateurs. Ces tests utilisateurs ont été menés par plusieurs facilitateurs/ expérimentateurs. Ils devaient veiller au bon déroulement des activités, à la gestion du temps entre les rotations de groupe, s'assurer de la compréhension de la consigne, intervenir en cas de problèmes techniques.

¹² L'étude menée au sein du Li'L@b avec POP-IT a fait l'objet d'une publication dans laquelle j'ai contribué.

Référence : Veytizou, J., Bertolo, D., Baraudon, C., Olry, A., & Fleck, S. (2018, 23-26 octobre). Could a Tangible Interface help a child to weigh his/her opinion on usability? Proceedings of the 30th Conference on l'Interaction Homme-Machine (IHM'18), Brest, France. <https://doi.org/10.1145/3286689.3286702>

La réalisation des ateliers nécessite une bonne organisation en amont afin de respecter les temps, de veiller à ce que les élèves aient toujours une activité et d'atteindre les objectifs de recherche et une équipe de plusieurs accompagnants pour veiller au bon déroulement des activités.

3.3.2.4 Synthèse des activités spécifiques

Les activités spécifiques du Li'L@b viennent d'être illustrées par des projets qui ont eu lieu au sein du Li'L@b. Celles-ci sont synthétisées en **Annexe A : Tableau synthétique des activités spécifiques du Li'L@b**. Dans ce tableau, nous n'avons pas intégré le concept « des mercredis des Li'L@b », parce qu'une seule séance introductive a eu lieu au sein du Li'L@b. Celle-ci n'est pas assez représentative des activités qui s'y feront.

On constate que les activités orientées *fablab* sont menées par un enseignant, médiateur numérique et hôte du Li'L@b, contrairement aux deux autres types d'activités qui sont commanditées et animées par des chercheurs. De plus dans ce type d'activités, les enseignants conçoivent eux-mêmes leur matériel pédagogique, alors que dans les autres activités, ils conçoivent avec divers acteurs (chercheurs, concepteur, doctorants, étudiants). Ensuite, les besoins identifiés pour ces activités sont spécifiques aux classes des enseignants qui viennent fabriquer leur matériel. À l'inverse, les besoins pour les autres types d'activités sont plus larges. Enfin, on constate que les acteurs de l'Atelier Canopé se sont plus appropriés les activités de fabrication de matériel pédagogique que les deux autres types d'activité. Contrairement au concept des *fablabs*, le Li'L@b ne permet pas aux enseignants d'utiliser les machines de fabrication. Toutefois, il permet la formation des enseignants à ces machines.

Pour la réalisation de ces activités, le Li'L@b a nécessité des aménagements d'espace spécifiques et d'équipements adaptés.

3.3.3 Des espaces qui évoluent en fonction des projets

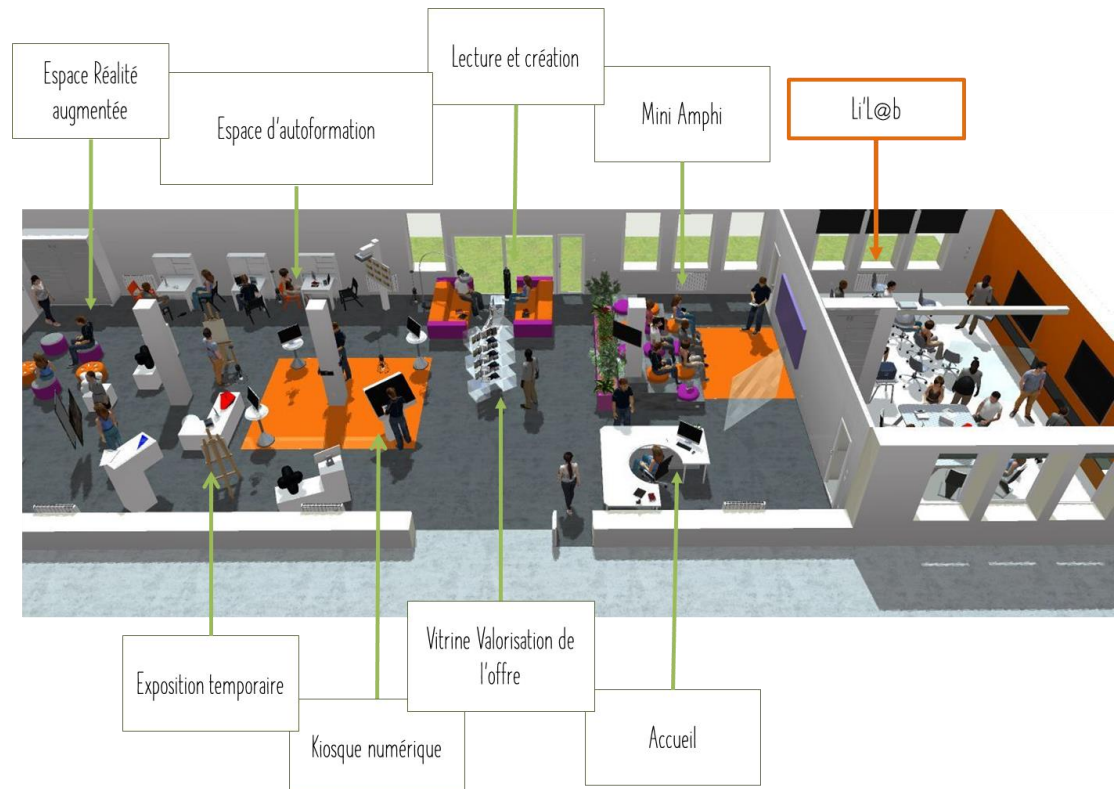
Accès restreint aux enseignants en service.

Le Li'L@b est intégré à l'Atelier Canopé 57, qui lui-même est situé dans les locaux de l'Inspé situé à Montigny-Lès-Metz. Le Li'L@b suit donc les mêmes horaires d'ouverture au public que le service public. Ces plages horaires d'ouverture sont donc contraignantes pour accueillir les enseignants en dehors de leur temps de travail. Cependant, sa localisation dans les bâtiments d'un Inspé permet de faciliter son accès physique aux futurs enseignants, enseignants-chercheurs, formateurs et enseignants qui y travaillent, ou y étudient.

L'utilisation du Li'L@b peut créer une résistance au changement, notamment pour les acteurs en fin de carrière professionnelle et à l'inverse attirer davantage les « bricoleurs » qui sont à l'aise pour fabriquer toutes sortes de choses.

La **Figure 29** illustre la vision qu'avaient les dirigeants de Réseau Canopé à l'époque de la refondation des Ateliers Canopé, concernant l'agencement des espaces de l'Atelier Canopé 57.

Figure 29 - Vision de l'agencement de l'Atelier Canopé 57.



Dans leur vision de départ, le Li'L@b correspondait à la salle du fond. En effet, dans les premiers temps, l'utilisation du Li'L@b a été investie dans cet espace (voir **Figure 30**).

Figure 30 - Un exemple d'aménagement du Li'L@b mis en place lors d'une évaluation participative d'une ITA (Oly et al., 2020) en lien avec le projet de recherche e-TAC.



Environnement flexible.

Celui-ci a été conçu pour être un environnement modulable afin de pouvoir aménager et réaménager l'espace différemment pour l'adapter aux différentes situations de conception, mais aussi pour que les professionnels de l'Atelier puissent continuer à exercer leurs activités de formation.

Avec l'arrivée de la découpeuse laser et les premières expérimentations avec des élèves, l'espace du Li'L@b s'est élargi jusqu'à recouvrir l'espace tout entier de l'Atelier (voir Figure 31).

Figure 31 - Illustration de l'espace du Li'L@b qui s'étend dans l'Atelier Canopé 57 avec les machines pour la fabrication.



Pour finir, la **Figure 32** synthétise et illustre plusieurs aménagements d'espaces du Li'L@b qui se sont fait durant la mise en œuvre du Li'L@b.

Figure 32 - Exemples d'aménagement des espaces en fonction du développement du Li'L@b.



L'espace du Li'L@b s'est étendu à l'espace de l'Atelier.

En pratique, on s'est rendu compte que les études menées avec des élèves nécessitaient davantage d'espace au sein du Li'L@b, car les expérimentations requièrent de créer plusieurs groupes d'élèves, souvent plusieurs activités et d'effectuer des roulements entre les groupes. De plus, les machines de fabrication telles que l'imprimante 3D, la découpeuse laser, le *plotter* de découpe prennent de la place et nécessitent un espace particulier. Par exemple, la découpeuse laser nécessite d'avoir une évacuation d'air à proximité pour extraire les gaz de combustion.

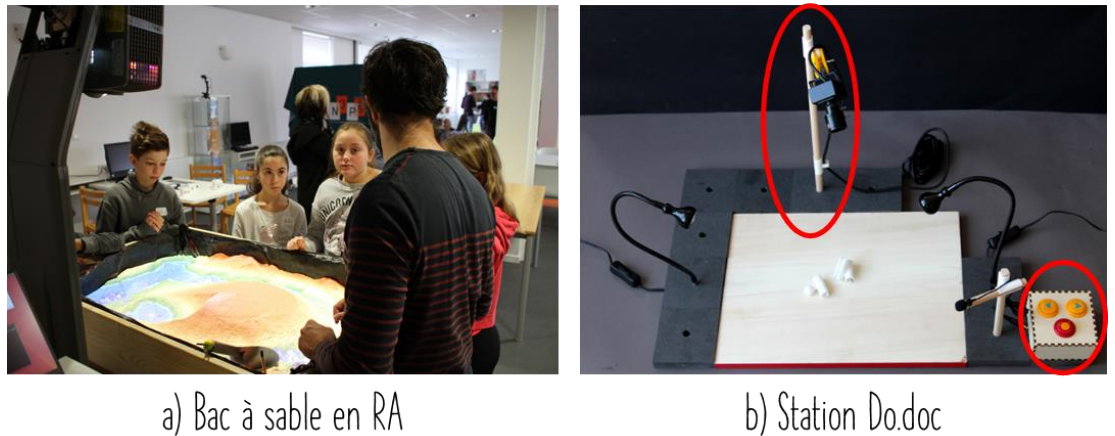
Équipement pour des activités de living lab et de learning lab.

Dans l'optique de réaliser un environnement modulable et adapté pour la recherche et l'expérimentation, le Li'L@b a été doté la première année de chaises Node, de tables sur roulettes avec un plateau inclinable, des panneaux vitrés sur roulettes, d'un tableau blanc, de matériels de captation (Go pro), de lunettes *eyes tracking*, d'un logiciel d'analyse comportementale et d'une table tactile multitouch, de cartes Arduino Raspberry Pi, makey makey et d'une imprimante 3D UP Plus 2.

Par la suite, la salle du fond, représentant à ce moment le Li'L@b, a été équipée d'une structure en barres métalliques suspendues au plafond pour rendre plus discret la captation et pour faciliter le passage des personnes.

L'année suivante, suite à différents événements (exemple : Fab 14), partenariats (exemple : Ullo) et projets (exemple : e-TAC), les acteurs du Li'l@b ont pu découvrir de nouveaux projets et co-construire leur matériel, tel qu'un [bac à sable à réalité augmentée](#) (voir **Figure 33 a**), un [support pour Do.doc](#) qui comprend un boîtier avec trois boutons et une barre de support en bois pour suspendre une webcam (voir **Figure 33 b**) et obtenir une découpeuse vinyle et des micros-cravates sans fil Rode.

Figure 33 - Des exemples d'outils pédagogiques fabriqués lors de Fab 14 par les hôtes du Li'L@b.



a) Bac à sable en RA

b) Station Do.doc

Equipement pour des activités de fablab.

En 2019, l'équipe du Li'L@b a pu acquérir différentes machines à commandes numériques destinées à la fabrication, en partie due au projet *fablab* à l'école (voir **Figure 34**) :

- Une découpeuse laser,
- Un kit *fablab* à l'école comprenant :
 - o Imprimante 3D,
 - o Découpeuse vinyle,
 - o Scie à chantourner,
 - o Machine à coudre,
 - o Fraiseuse graveuse,
 - o Lot de cartes électroniques programmables.

Figure 34 - illustration d'un kit *fablab* à l'école et d'une découpeuse laser

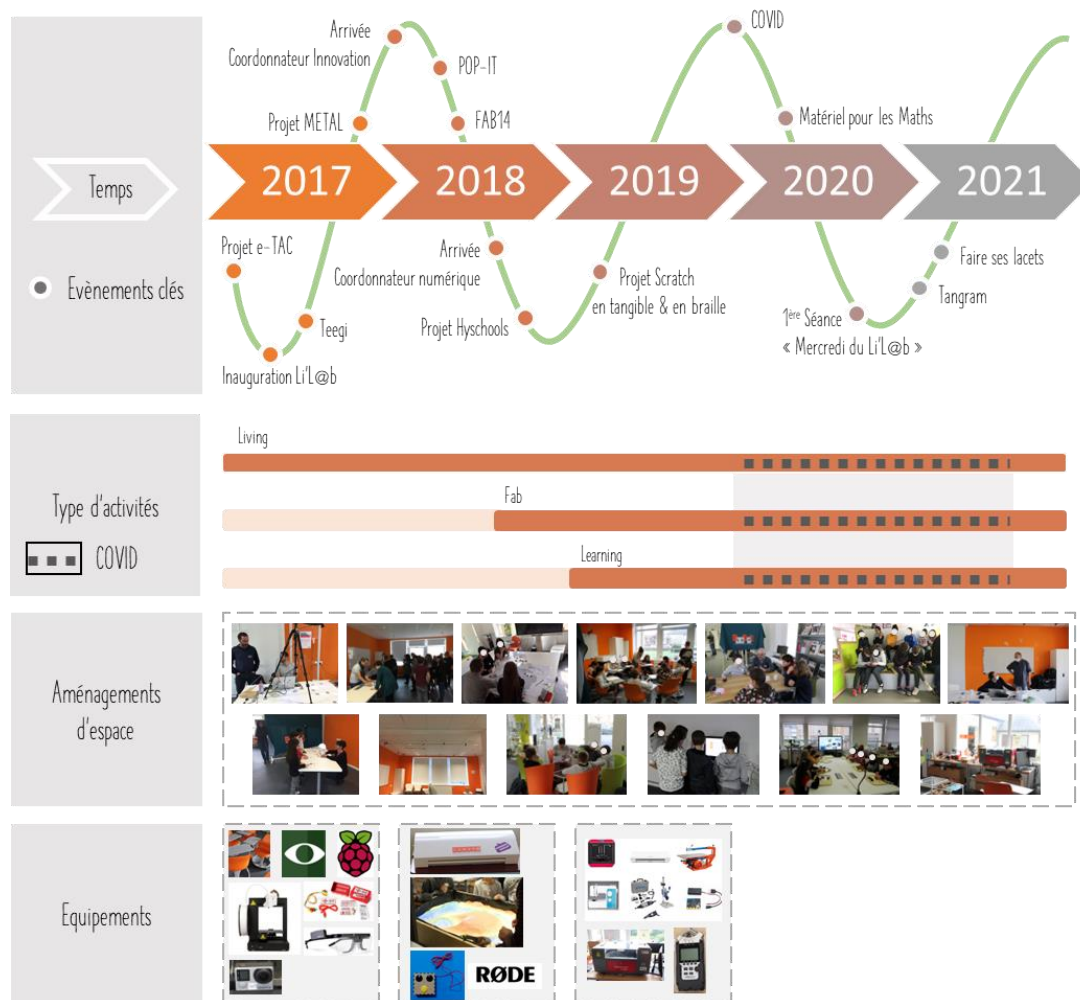


a) Kit fablab à l'école

b) Découpeuse laser

Enfin, la **Figure 35** résume les différents matériels acquis au fur et à mesure de la mise en œuvre du Li'L@b.

Figure 35 - Acquisition du matériel du Li'L@b en fonction de la frise temporelle de mise en œuvre du Li'L@b.



En résumé, le Li'L@b a tout d'abord été équipé en fonction de la vision initiale des porteurs de projet. Puis, d'autres matériels ont été acquis en fonction des besoins des projets qui ont suivi. Les acteurs du Li'L@b ont d'ailleurs commencé à apprendre à s'en servir quand cela a pris du sens pour eux, c'est-à-dire quand il a fallu accompagner des enseignants sur des projets.

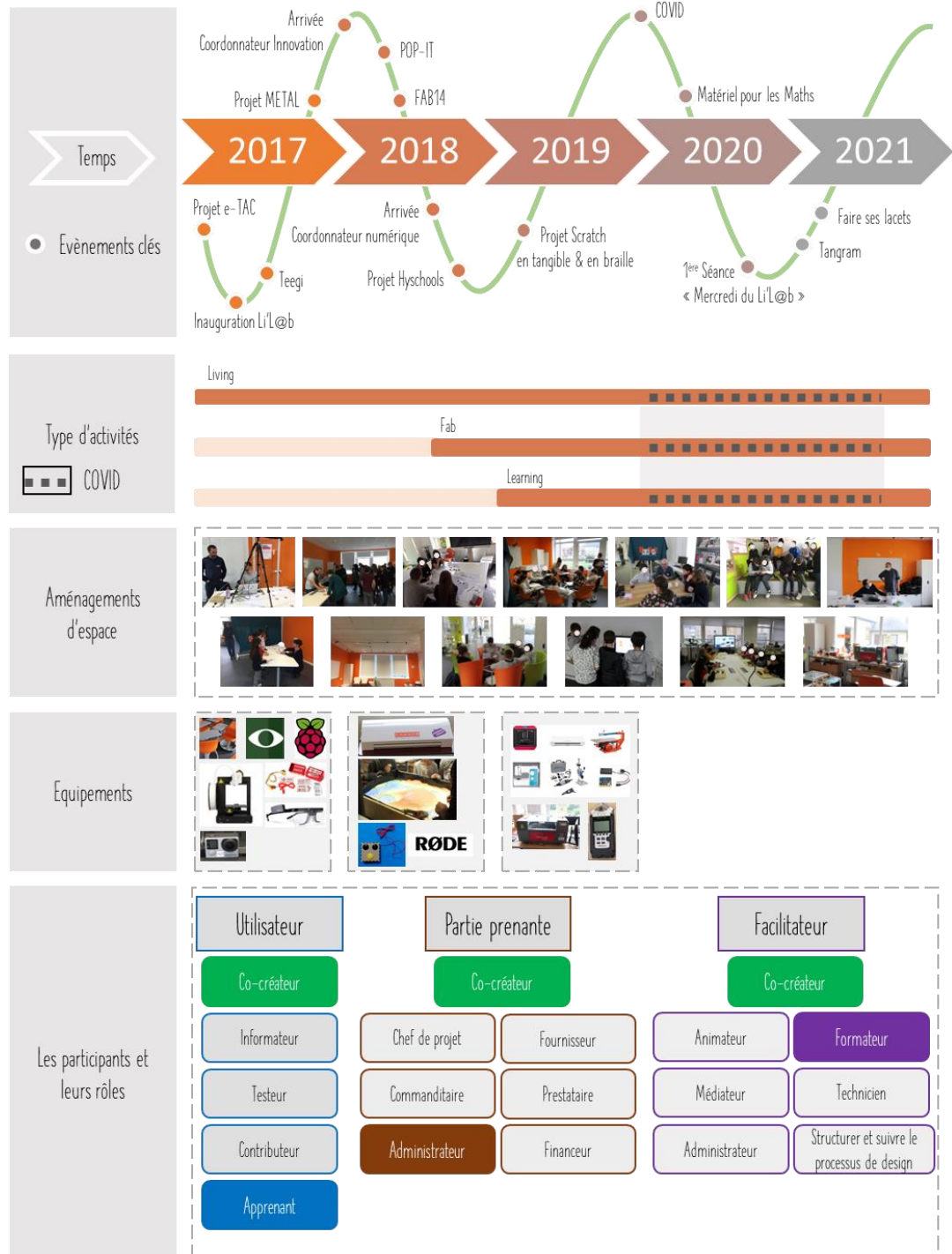
3.3.4 Les participants et leurs rôles

À partir des projets présentés dans la section 3.3.2, on identifie trois types de participants au sein du Li'L@b : les utilisateurs finaux, les parties prenantes et le

facilitateur. Ces participants tiennent des rôles différents en fonction des activités et de l'étape de développement des projets.

La **Figure 36** résume les rôles observés en fonction du type de participant durant la mise en œuvre du Li'L@b.

Figure 36 - Les participants et leurs rôles au sein du Li'L@b dans la mise en œuvre du Li'L@b.



a) **Les utilisateurs finaux**

Les principaux utilisateurs finaux des solutions conçues au sein du Li'L@b sont les élèves et les enseignants. À travers les projets présentés dans la section 3.3.2, nous avons vu que ces derniers pouvaient jouer plusieurs rôles dans le processus de conception au sein du Li'L@b (voir **Tableau 2**). Ces rôles sont basés sur ceux décrits par Leminen et al. (2014) et Druin (2002) (voir section 2.3).

Tableau 2 - Le rôle des utilisateurs en fonction des projets et des activités du Li'L@b.

Activités	Projets	Rôle des utilisateurs
ORIENTÉES FABLAB AUTO-CONCEPTION	Tangram, Apprendre à lacer ses chaussures, boîte de matériels pour les mathématiques	Concepteur, Informateur, Testeur, Apprenant.
ORIENTÉES FABLAB CO-CONCEPTION	Projet Scratch en version tangible et en braille	Co-concepteur, Informateur, Testeur, Apprenant.
ORIENTÉES LEARNING LAB	Projet Hyschools	Contributeur, Informateur, Apprenant.
ORIENTÉES LIVING LAB EXPLORATION	Projet METAL	Informateur, Apprenant.
ORIENTÉES LIVING LAB IDÉATION	Projet e-TAC	Informateur, Apprenant.
ORIENTÉES LIVING LAB ÉVALUATION	Teegi, POP-IT, projet e-TAC	Testeur, Apprenant.

Le rôle d'informateur concerne les participants qui révèlent leur vie quotidienne en apportant la connaissance, la compréhension et les besoins des utilisateurs à l'équipe de conception. Par exemple, au sein du Li'L@b, les utilisateurs ont incarné ce rôle pour toutes les activités spécifiques réalisées au sein du Li'L@b, sauf pour l'activité d'évaluation qui consiste à tester des solutions.

Le rôle de testeur constitue un deuxième rôle que peuvent avoir les utilisateurs du Li'L@b. Par exemple, ces derniers ont pu tester des prototypes en particulier dans les activités orientées *living lab* lors des phases d'évaluation, mais aussi dans les activités consistant à fabriquer du matériel pédagogique pour leur classe, où ils ont pu tester leur réalisation ou des versions de celle-ci auprès de leurs élèves.

Les utilisateurs peuvent aussi avoir un rôle de contributeur lorsqu'ils suivent des règles et des instructions données par un auteur ou une hiérarchie descendante du Li'L@b. Cela a été le cas lors du projet *Hyschools* par exemple, où les utilisateurs ont été invités à participer à un atelier d'idéation d'un scénario pédagogique en suivant des cartes pour les guider dans leur réflexion.

De plus, les utilisateurs peuvent être considérés comme des co-créateurs, par exemple, dans les activités de *fablab*. Toutefois, le rôle de co-créateur est à nuancer par rapport à la définition qu'en fait Leminen (2015a) : « *une partie prenante égale qui s'organise souvent elle-même et qui peut avoir une contribution cruciale au développement de l'innovation* ». Même si les utilisateurs viennent de leur propre initiative et avec leurs besoins au Li'L@b, ils conçoivent le plus souvent des outils qui existent déjà.

Enfin, on observe un autre rôle qui n'est pas décrit par Leminen et al. (2014) et Druin (2002), celui d'apprenant. À chaque étape d'un projet, les utilisateurs apprennent en interagissant avec leur environnement (objets, personnes). Par exemple, en manipulant des outils basés sur de la RA ou des ITA qu'ils découvrent, en partageant leurs expériences avec des pairs ou avec des experts dans un domaine spécifique.

b) Les parties prenantes

Les parties prenantes rencontrées au cours de la mise en œuvre du Li'L@b, à travers les différents projets, ont été des acteurs de l'enseignement (inspecteurs, chefs d'établissement, enseignants), de la formation et de l'édition de ressources (Inspé, DANE), du monde économique (la start-up Open Edge, Ullo), des collectivités territoriales (Communauté de communes, conseils départemental et régional), d'équipes de recherche (doctorants, post-doctorants, étudiants, maître de conférences, professeur des Universités) issues d'institutions différentes (exemple : Université de Lorraine, Inria).

Les parties prenantes des projets menés au sein du Li'L@b ont pu tenir plusieurs rôles. Tout d'abord, celui de commanditaire par la demande de prestations, de services du Li'L@b. Par exemple, une chercheuse a demandé de pouvoir utiliser les moyens et l'espace du Li'L@b, afin de tester l'interface *Teegi* (voir section **c**). Puis, celui de fournisseur par l'apport de machines de fabrication ou de matières premières. Par exemple, la Start-up Open Edge a apporté des imprimantes 3D, des formations et du consommable (fils PLA) pour le projet e-TAC.

Ensuite, celui d'administrateur, c'est-à-dire de fournir un soutien logistique. Par exemple, pour le projet *Hyschools* (voir section **3.3.2.2**), c'est une chercheuse membre du projet et associée au Li'L@b qui a animé les séances, pris des notes et réservé la salle. Les parties prenantes peuvent aussi être financeur. Par exemple, la caisse de dépôts et de consignation a apporté un soutien financier au projet e-TAC. Elles peuvent aussi être prestataires en apportant une formation ou une expertise dans un domaine. Par exemple, dans le projet *Hyschools*, un enseignant-chercheur a présenté la technologie des piles à combustible à l'hydrogène au cours d'une séance de créativité.

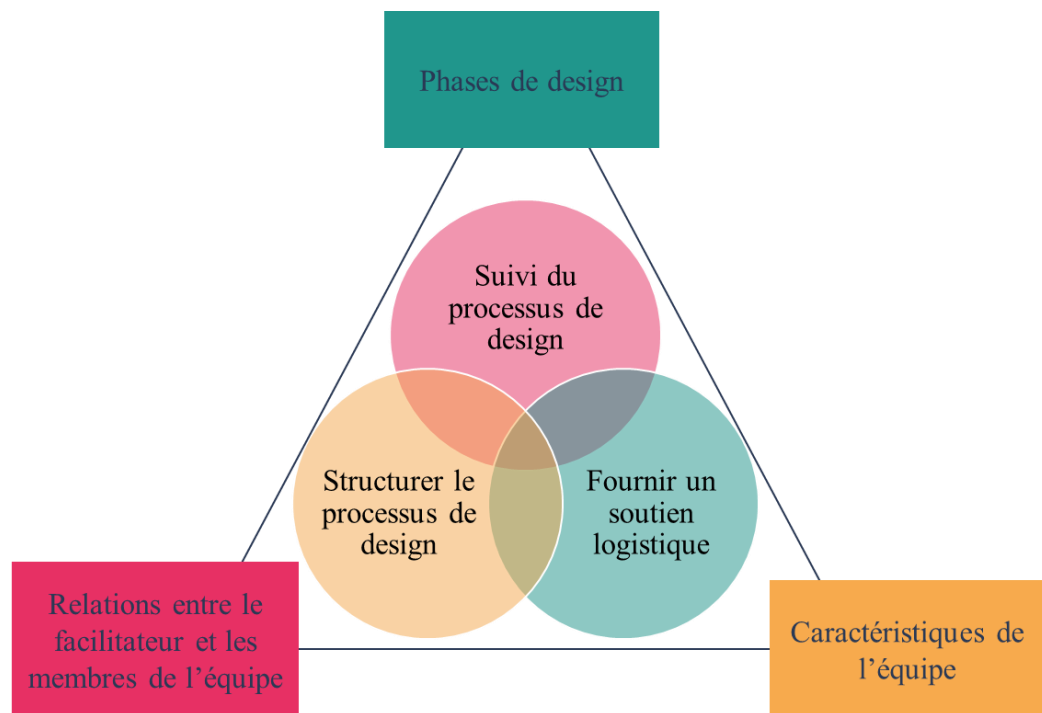
De plus, elles peuvent tenir le rôle de chef de projet qui correspond à l'organisation et à la conduite des différentes phases de projet (gestion de projet). Par exemple, l'enseignante-chercheuse Stéphanie Fleck, chef du projet e-TAC, gérait l'organisation et la conduite des séances de conception participative. Enfin, les parties prenantes peuvent participer aux différents ateliers de co-design et être co-créateurs.

c) **Le facilitateur**

Dans les différents rôles que peuvent adopter les parties prenantes dans une vie de *living lab*, Leminen (2015a) définit le rôle du facilitateur comme celui qui facilite et aide les acteurs du *living lab* à atteindre leurs objectifs ou à naviguer dans les activités d'innovation. Au sein du Li'L@b, le facilitateur est celui qui va aider les participants dans la réalisation de leur projet de conception participative.

Nous nous sommes basés en partie sur les travaux de Becuwe et al. (2016) pour identifier les rôles du facilitateur au sein du Li'L@b. Dans le cadre de programmes de développement professionnel en Belgique, Becuwe et al. (2016) ont étudié le type de soutien qu'un facilitateur peut apporter et l'importance perçue de ce dernier par les membres d'une équipe d'enseignants concepteurs (Team Design Teacher, TDT) et des facilitateurs eux-mêmes (voir **Figure 37**). Une TDT correspond à un groupe de deux ou plus d'enseignants qui (re)conçoivent ensemble du matériel pédagogique.

Figure 37 - Les divers rôles d'un facilitateur de TDT en fonction de plusieurs facteurs (Becuwe et al., 2016).

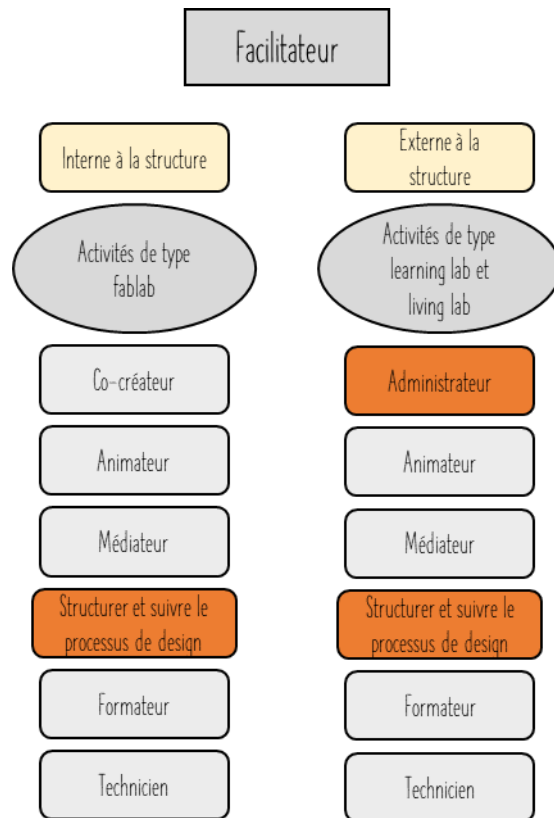


Becuwe et al. (2016) ont déclaré que l'importance perçue d'un facilitateur va dépendre de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques de l'équipe, les phases de design, la tâche et la relation entre les membres de l'équipe et le facilitateur. Ils ont montré qu'un facilitateur peut remplir trois rôles de manière dynamique : celui d'administrateur fournir un soutien logistique (exemples : prise des notes, envoi de mails et réservation de salles, etc.), structurer le processus de conception (exemples : fournir un cadre formel avec lequel travailler, un modèle de conception utile ou un environnement d'apprentissage en ligne pour partager des informations)

et surveiller le processus de conception afin que la collaboration se passe sans problème. Pour ce dernier facteur, il est préconisé de rechercher un équilibre entre le soutien offert et le soutien demandé.

Dans le cas du Li'L@b, nous avons vu que le facilitateur a pu tenir différents rôles en fonction des activités et des phases d'avancement des projets (voir **Figure 38**).

Figure 38 - Le facilitateur et ses rôles au sein du Li'L@b en fonction du type d'activités.



Les rôles du facilitateur, présentés dans Becuwe et al. (2016), sont aussi tenus par les facilitateurs au sein du Li'L@b. Cependant, dans les activités de type *fablab*, ce sont les utilisateurs qui tiennent un rôle d'administrateur en gérant leurs venues en fonction de leurs besoins et en réservant un créneau avec le médiateur numérique du Li'L@b.

Par ailleurs, d'autres rôles du facilitateur ont pu être observés, tels que celui d'animateur, de technicien, de co-créateur, de formateur et de médiateur. En effet, dans la plupart des activités du Li'L@b, le facilitateur est celui qui conduit et anime les séances de créativité. De plus, dans les activités de type *fablab*, il intervient en tant que technicien, soit expert des machines de fabrication et réalise le travail de fabrication en transformant les fichiers au bon format et en faisant ou en améliorant les dessins numériques. Dans ce type d'activités, il peut participer en apportant son expertise et en donnant ses idées pour la conception. Enfin, il est aussi médiateur de savoirs où lorsqu'ils utilisent les machines, ils montrent aux utilisateurs comment

s'en servir et explique différents concepts. Néanmoins, il est souvent entendu que le facilitateur doit être quelqu'un de neutre c'est-à-dire qui n'intervient pas sur le fond des sujets. Et pourtant, Takouachet et al. (2014) identifient l'une des fonctions du facilitateur comme un participant expert.

Dans toutes les activités menées au sein du Li'L@b, le facilitateur a tenu un rôle d'animateur. Néanmoins, on constate que les activités orientées *fablab* sont animées par une partie prenante interne à l'Atelier Canopé 57, tandis que les autres activités (*living lab* et *learning lab*) sont animées par une partie prenante externe à l'Atelier Canopé 57.

Dans les activités orientées *fablab*, nous avons vu que le facilitateur était principalement un enseignant, médiateur numérique et acteur du Li'L@b. Celui-ci a surtout facilité le processus de fabrication en apportant une aide technique. On peut dire qu'il a tenu le rôle de technicien. C'est lui qui utilise les machines de fabrication telles que la découpeuse laser et l'imprimante 3D, par exemple. Il a également apporté son aide dans le processus de numérisation de l'idée, en apportant sa connaissance sur les formats de fichiers avec lesquels il faut travailler en fonction de la machine associée au projet de fabrication (exemple : format .DXF pour la découpe) ou en donnant des astuces techniques (par exemple : dans le projet scratch en version tangible et en braille, le facilitateur a conseillé aux étudiantes d'utiliser des petits aimants pour faire tenir les pièces tangibles ensemble). Ensuite, nous avons vu qu'il pouvait être médiateur numérique en informant et conseillant les usagers sur la manière de parvenir à la réalisation de matériels pédagogiques par le biais de logiciels et de machines, en les accompagnant dans la prise en main d'outils numériques et en utilisant la dénomination de différents concepts numériques. Il peut aussi être formateur par l'apport de connaissances en termes de procédures de fabrication et de concepts numériques. De plus, il peut être co-créateur en apportant son aide dans la conception du matériel pédagogique par ses connaissances et ses idées. Enfin, le facilitateur peut apporter un soutien pour structurer le processus de design en étant vecteur de partage et de l'utilisation de logiciels libres en conseillant et en incitant les enseignants à partager leurs projets sur Do.Doc.

Dans les activités orientées *learning lab* et *living lab*, nous avons vu que le facilitateur est principalement un ou une enseignante-chercheuse externe à l'Atelier Canopé 57. Dans ces types d'activités, le facilitateur participe au suivi du processus de design en veillant au bon déroulement des séances. Il organise et planifie les activités. De plus, il tient un rôle d'administrateur en fournissant un soutien logistique (exemples : prises de notes, comptes-rendus, envoi de mails). Ensuite, par l'orchestration d'activités de conception participative, le facilitateur peut permettre aux utilisateurs de se développer professionnellement et de leur véhiculer des connaissances. Comparativement aux activités *fablab* où le facilitateur peut donner ses idées et participer, dans les activités orientées *learning lab* et *living lab* se doit d'être plus neutre, afin de ne pas influencer les utilisateurs dans la conception.

En phase d'idéation, nous avons vu que le facilitateur peut-être le médiateur entre les participants, leurs idées et leurs mises en forme (par des esquisses, des schémas,

des cartes mentales par exemple. Ses objectifs sont de faire en sorte que le processus de créativité avance et de garantir l'atteinte des résultats de la session. Pour cela, il peut apporter un soutien pour structurer le processus de design (par exemple dans le projet *Hyschools*, le facilitateur apporte des cartes pour contraindre la séance de créativité). Il peut impliquer une dynamique de groupe pour guider et stimuler l'interaction entre les participants. Il peut s'assurer d'une compréhension commune du problème par les membres de l'équipe et convient avec l'équipe d'une stratégie pour arriver à une solution. De plus, nous avons vu que le facilitateur peut être amené à devoir gérer le temps, à être à l'écoute des participants, à savoir bien communiquer, à être flexible aux situations qui peuvent survenir, créatif et organisé lors de la planification des séances.

Enfin, dans la phase d'évaluation auprès d'élèves, nous avons constaté une présence de plusieurs facilitateurs pour animer les ateliers, veiller au temps de passage des groupes et au bon déroulement de la journée, mais aussi pour intervenir en cas de problèmes techniques. On peut dire que ceux-ci participent au suivi du processus de design en veillant au bon déroulement des séances et peuvent tenir le rôle de technicien s'il y a un problème.

3.3.5 Des manques de moyens méthodologiques

Compte tenu des activités qui se déroulent au sein du Li'L@b, nous avons à faire à un tiers-lieu hybride qui mélange les 3 modèles de tiers-lieux décrits dans le chapitre 2 : *fablab*, *living lab* et *learning lab*. De ce fait, les facilitateurs doivent basculer d'un modèle à un autre. Cela leur demande de s'adapter et d'être flexible dans les activités. De plus, cela requiert des espaces flexibles avec du matériel mis à disposition permettant de varier les activités. Les sections 3.5.1 et 3.5.2 proposent une analyse et une interprétation du ressenti du personnel par rapport à ces changements importants dans leurs activités professionnelles.

Dans le cadre des missions de Réseau Canopé, où la formation des enseignants est au cœur de l'activité, nous avons identifié un manque d'outils d'évaluation des aspects formatifs des activités de conception participative conduites au sein du Li'L@b. De plus, la participation des enfants au sein de ses activités a mis en évidence un manque de moyens méthodologiques spécifiques, en particulier, pour aider les enfants à être dans leur rôle d'évaluateur. Ces deux derniers points font l'objet des chapitres 4 et 5.

Désormais, il s'agit de comprendre et de mettre en lumière les facteurs qui ont conduit le Li'L@b à adopter ces 3 types de tiers-lieux, afin de proposer des recommandations pour transférer ce modèle dans les autres Ateliers de France.

3.4 Retours d'expérience

3.4.1 Méthodologie

3.4.1.1 Participants aux entretiens

Pour les retours d'expérience des agents de l'Atelier Canopé 57 concernant la mise en œuvre du Li'L@b, des entretiens semi-directifs ont été menés en 2021 auprès des deux acteurs principaux du Li'L@b et de la directrice de l'Atelier Canopé 57 (voir **Tableau 3**). Parmi ces trois enseignants, deux viennent du second degré (Histoire-géographie, Français et Sciences économiques et sociales) et un du premier degré. On retrouve également dans ce panel 2 femmes et 1 homme. L'âge moyen déclaré des participants est de 46 ans, le nombre moyen d'années d'expérience dans la fonction publique en tant qu'enseignant déclaré est de 15 ans et l'année d'entrée moyenne chez Réseau Canopé déclarée et spécifiquement à l'Atelier Canopé 57 est de 5 ans.

Tous les trois occupent une fonction spécifique au sein de l'Atelier :

- Médiateur de ressources et services numériques
- Directrice de l'Atelier
- Médiatrice formation

Tableau 3 - Caractéristiques des participants interrogés.

Note. « Ps » : correspond aux participants.

Ps	Année de naissance	Genre	Année d'entrée dans la fonction publique en tant qu'enseignant	Niveau ou discipline enseignée	Année d'entrée à l'Atelier Canopé 57	Fonction au sein de l'Atelier Canopé
A	1977	Homme	2016	Professeur des écoles	2016	Médiateur de ressources et services numériques
B	1969	Femme	1998	Histoire géographie et français	2016	Directrice de l'Atelier
C	1980	Femme	2005	Sciences économiques et sociales	2016	Médiatrice formation

3.4.1.2 Procédure

Les participants ont signé à l'avance un accord de consentement et une rétrocession de droit à l'image. Puis, dans la même journée, des entretiens semi-directifs avec les trois participants ont été réalisés individuellement à distance via teams. La durée moyenne des entretiens a été de 58 min. Avant de commencer, un texte introduisant les objectifs et le déroulement de l'entretien était énoncé à chaque participant, ainsi qu'un rappel pour l'enregistrement. L'entretien était divisé en deux parties : une première partie concernait le recueil des caractéristiques personnelles afin d'identifier les participants interrogés, une deuxième partie des questions interrogeait le concept du Li'L@b, son fonctionnement, sa mise en œuvre, le rôle des personnes interviewées et les transformations apportées durant les 4 années depuis son lancement (voir **Annexe B : Feuille de route pour la conduite d'entretiens avec le personnel Canopé impliqué dans le projet Li'L@b**). En complément de mon implication sur le terrain, ces retours utilisateurs serviront à Réseau Canopé pour transférer ce modèle dans ses autres Ateliers en France.

3.5 Résultats et interprétations

Conformément aux principes déontologiques de la recherche et en l'absence d'accord de consentement de rendu public des données, nous n'avons pas retransmis l'intégralité des entretiens, mais seulement les bribes qui illustrent de manière pertinente nos résultats sans mettre en porte-à-faux les interviewés. Pour garder l'anonymat des personnes citées par les interviews, nous les avons remplacées par des astérisques.

3.5.1 Analyse des influences transformatives : Kurt Lewin et le modèle du changement

Pour comprendre les facteurs qui ont influencé le changement du personnel de Canopé, nous nous sommes appuyé sur les travaux de Kurt Lewin portant sur l'influence du groupe sur le changement, présentés dans Autissier et al. (2018).

Lewin (cité dans Autissier et al., 2018) présente un modèle qui met en avant le processus de changement en trois phases : la décristallisation, le déplacement et la cristallisation.

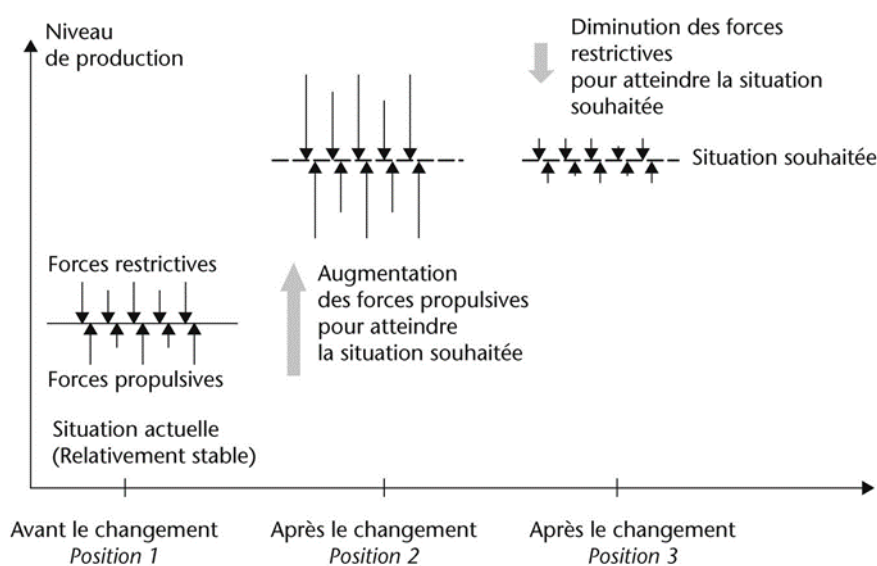
La première étape du processus de changement implique de remettre en question les normes habituelles et de créer une motivation pour le changement. Ce processus de « décristallisation des normes de groupe » est facilité par des discussions en groupe qui remettent en cause les perceptions, les habitudes et les comportements du groupe. Ce processus est souvent déclenché par un mécontentement avec la situation actuelle, ce qui génère de l'inconfort, de l'anxiété et de l'insécurité

psychologique. Cette période de déséquilibre permet l'ouverture et le dynamisme nécessaires pour apprendre de nouvelles pratiques.

La deuxième étape du processus qu'il nomme phase de « déplacement » implique un changement réel en expérimentant de nouvelles pratiques et en réduisant la résistance aux nouvelles normes.

La troisième étape consiste à intégrer les nouvelles normes dans le travail quotidien pour créer un nouvel équilibre et éviter un retour à l'état initial qui pourrait déstabiliser le nouveau champ de forces. Cette phase de « cristallisation » est nécessaire pour rendre le changement permanent.

Figure 39 - Evolution des forces du groupe au cours du processus de changement (Lewin, cité dans Autissier et al., 2018).



Tout d'abord, le groupe se trouve initialement dans un état d'équilibre caractérisé par des forces égales en intensité et opposées en direction. Cet état d'équilibre est dit « quasi stationnaire », car il peut tolérer une certaine marge de variation sans être perturbé, comme le montre la position 1 dans la **Figure 39**.

Le changement d'état d'équilibre s'opère alors de deux façons :

- Soit en augmentant l'intensité ou le nombre de forces motrices, favorables au changement (position 2) ;
- Soit en diminuant l'intensité des forces restrictives au changement ou forces pour la stabilité (position 3).

Toutefois, Lewin (cité dans Autissier et al., 2018) met en avant qu'il est plus efficace et plus facile de diminuer les résistances au changement en modifiant les normes sociales du groupe, qu'en réduisant l'attachement des individus à ces normes.

Dans le cadre du Li'L@b, la phase de « décristallisation » correspond aux actions de recherche de type *living lab*. Certains chercheurs et acteurs de l'éducation prennent conscience des manques énumérés dans le chapitre 1, c'est-à-dire que la formation

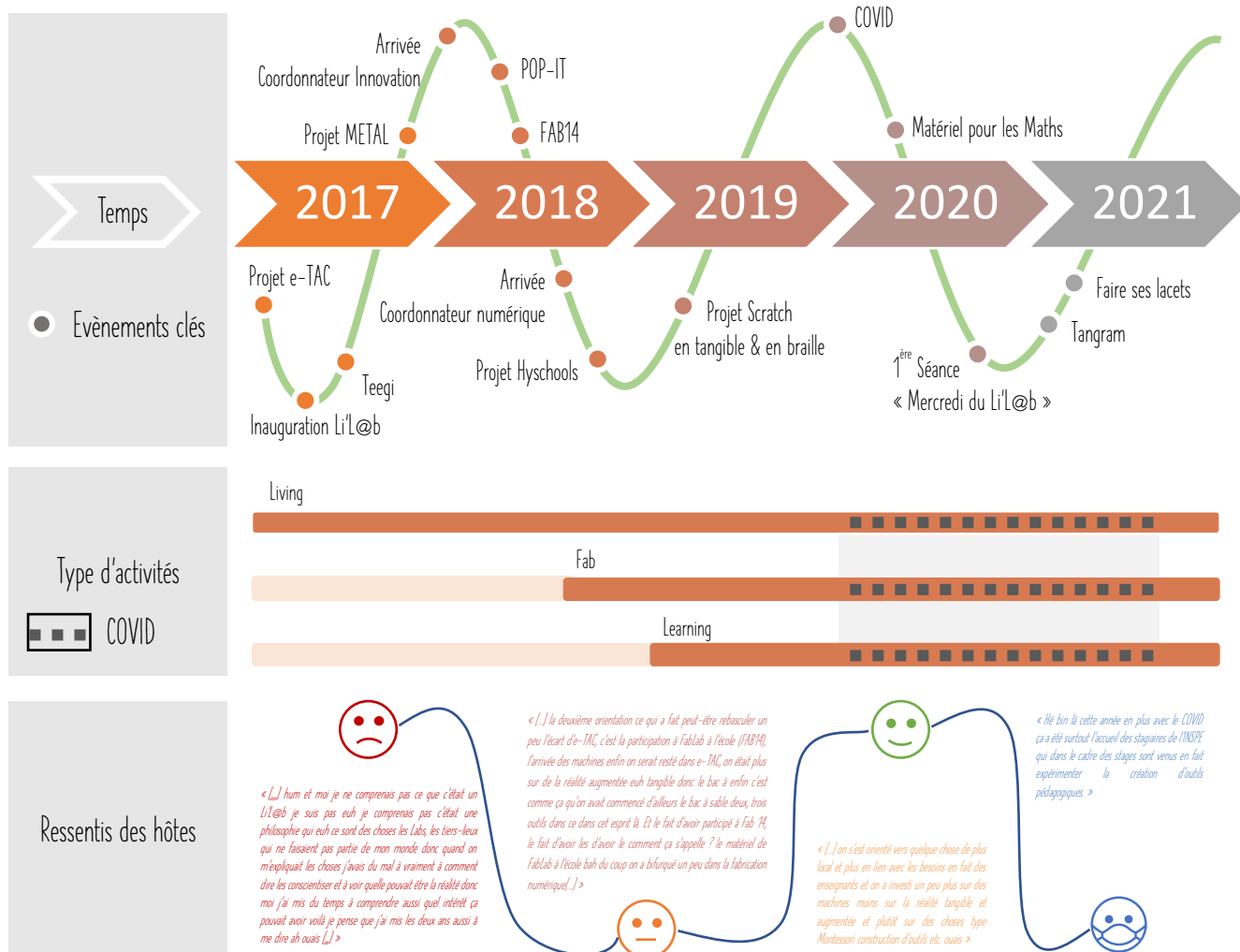
des enseignants à l'utilisation, aux usages des technologies émergentes et aux concepts informatiques est déficiente, que le développement d'outils performants et ergonomiques qui répondent aux objectifs d'apprentissage manque aussi. Ces actions de recherche vont venir modifier et perturber les activités professionnelles des acteurs de Canopé.

La phase de « déplacement » est caractérisée par l'arrivée des deux coordonnateurs dans le Réseau et la participation à l'événement Fab14. Quelques-uns de l'équipe expérimentent de nouvelles pratiques qui correspondent aux activités de type *fablab*. Pour les acteurs de Canopé, ces activités se rapprochent davantage de leur culture professionnelle. Cela donne lieu à un changement par la réduction des forces de résistance que représente l'attachement aux normes.

Aujourd'hui, le Li'L@b est dans sa phase de « cristallisation » qui marque un espace de conception participative mariant trois types d'activités. Cette phase repose sur l'intégration de nouvelles habitudes dans le travail, afin de rendre le changement permanent. Toutefois, nous constatons que les acteurs de l'Atelier se sont approprié principalement les activités de type *fablab* alors que les activités de type *living lab* risquent de disparaître en l'absence de chercheurs dans la structure.

La **Figure 40** retrace le parcours utilisateur des acteurs du Li'L@b en fonction de l'évolution dans le temps du projet.

Figure 40 - Ressentis des acteurs du Li'L@b en fonction de son évolution dans le temps.



Le **Tableau 4** regroupe des extraits d'entretiens qui mettent en lumière les éléments qui caractérisent la conduite du changement.

Tableau 4 - Extraits des entretiens auprès de trois acteurs du Li'L@b qui illustrent le changement en fonction des phases du modèle de Lewin.

Ps/Phases	Décristallisation	Déplacement	Cristallisation
A	« [...] Après donc ça a été aussi accompagné dans le cadre du projet e-TAC puisque la création de l'Atelier Canopé et en même temps enfin on est arrivé en même temps que le lancement du projet e-TAC sur l'Université de Lorraine, donc	« [...] la deuxième orientation ce qui a fait peut-être rebasculer un peu l'écart d'e-TAC, c'est la participation à FabLab à l'école, l'arrivée des machines. Enfin, on serait resté dans e-TAC, on était	« Hé bin là, cette année en plus avec le Covid ça va être... été surtout l'accueil des stagiaires de l'Inspé qui dans le cadre des stages sont venus en fait expérimenter la création

Ps/Phases	Décrystallisation	Déplacement	Cristallisation
	<p><i>les deux ont été faits un peu de façon mêlée. [...] »</i></p> <p><i>« [...] la première année avec e-TAC je dirais que voilà, on a essayé de trouver des ponts et plutôt en termes de living lab à chercher des choses à tester, à faire des partenariats, à faire des expérimentations, etc.[...] »</i></p>	<p><i>plus sur de la réalité augmentée, euh tangible, donc le bac à... enfin c'est comme ça qu'on avait commencé d'ailleurs le bac à sable, deux, trois outils dans cet esprit-là. Et le fait d'avoir participé à Fab 14, le fait d'avoir [...] le matériel de FabLab à l'école bah du coup on a bifurqué un peu dans la fabrication numérique. »</i></p> <p><i>« Et du coup on s'est orienté vers quelque chose de plus local et plus en lien avec les besoins en fait des enseignants et on a investi un peu plus sur des machines moins sur la réalité tangible et augmentée et plutôt sur des choses type Montessori construction d'outils, etc. ouais »</i></p>	<p><i>d'outils pédagogiques [...] »</i></p> <p><i>« Donc il y avait eu effectivement plein d'outils numériques, notamment des logiciels et du matériel pour faire des tests utilisateurs en lien avec la recherche, etc. Ce volet-là qui n'a jamais été vraiment exploité on va dire par l'Atelier Canopé, même si toi, tu en as utilisé une partie en étant salarié de l'Atelier Canopé, etc., mais on va dire que voilà, c'était un peu en parallèle. On va dire y a les labos et e-TAC qui ont fait ce travail-là enfin de tests utilisateurs, de travail de recherche, etc. Et l'Atelier a développé on va dire, un peu d'espace de création et de bricolage, mais je dirais que les... enfin les deux ne sont toujours pas forcément en lien quoi. Il y a toujours les labos avec la recherche avec des projets de recherche, bien cadrés, et l'Atelier Canopé avec le la création d'outils pédagogiques avec les enseignants. Et les deux, on voit que les deux ont du mal à prendre ensemble quoi [...] »</i></p>
B	<p><i>« [...] le cheminement ça d'abord été un projet qui nous tombe dessus alors qu'on est une nouvelle équipe de direction »</i></p> <p><i>« [...] il y a eu 2 ans de flottement non ? »</i></p> <p><i>« [...] ça a été un long chemin parce qu'on a tous hérité d'un bébé qu'on ne voulait pas</i></p>	<p><i>« Et à un moment donné à force que personne ne soit là, moi j'ai commencé un peu à comprendre ce que c'était le Li'L@b euh et **** s'en est emparé et puis toi de ton côté, tu commençais aussi à voir clair parce que t'as arrêté la théorie à fond les manettes. J'ai l'impression que tu es passé au pratique et le pratique</i></p>	

Ps/Phases	Décristallisation	Déplacement	Cristallisation
	<i>forcément. Bon, on l'a élevé quand même. »</i>	<i>t'as rassuré et du coup tu as fait le chemin à l'envers et on a commencé à donner du sens à tout ça »</i>	
		<i>« Y a eu la découpeuse laser [...]de construire des choses et d'avoir un outil et d'expérimenter je me souviens des tangrams des machins, après toi, tu as fait ce que tu appelles ta roue des compétences là voilà [...] »</i>	
C	<i>« Au départ, il y a cette... alors moi je suis arrivée en cours de route, c'est-à-dire qu'en fait, moi je suis arrivé, l'Atelier, il était déjà construit, il était déjà là et le Li'L@b était déjà identifié comme étant cette fameuse salle au fond de l'Atelier, mais qui en même temps était aussi notre salle de formation qui pouvait être tout à fait classique hein, puisque l'aménagement y est modulaire. Euh donc au départ, on avait juste cette idée de lieu, d'un espace pour faire des expérimentations parmi d'autres choses [...] »</i>	<i>« [...] la découpeuse laser est arrivée, après euh, on a eu un moment donné une localisation physique de certains équipements de certains endroits particuliers, notamment dans la salle du fond, les imprimantes laser et d'autres choses qui finalement ont migré ailleurs dans l'Atelier euh et ne sont pas restées uniquement dans cette salle voilà. Et je pense que c'est ça l'évolution, c'est qu'on est parti d'un lieu physique à plus l'idée d'une démarche et d'une méthodologie et qui pouvait avoir lieu à différents endroits »</i>	
		<i>« oui alors ça a évolué dans le sens où entre-temps, on a été quelques-uns à être formés au co-design et donc on a pu mener des ateliers de type co-design [...] Il y a eu une évolution par rapport à ça, par rapport à une montée en compétences sur certaines... voilà et puis il y a ***** qui s'est formé aussi à la découpeuse laser et tout ce qu'on pouvait y faire, le potentiel, voilà. Entre-temps, il y a eu de la</i>	

Ps/Phases	Décristallisation	Déplacement	Cristallisation
		<i>formation des personnels ouais</i>	

Les acteurs mettent en avant l'arrivée d'un projet, le projet Li'L@b initié en même temps que le projet e-TAC. Par le départ des porteurs de projets, une confusion s'installe très vite, laissant penser aux acteurs que le Li'L@b est le projet e-TAC. De ce fait, le projet de recherche e-TAC paraît éloigné 1) de la culture professionnelle des acteurs, 2) et dirigé par une personne externe à Réseau Canopé. Ainsi, les acteurs ont des difficultés à se l'approprier et ont l'impression « *de ne pas avoir la main sur les activités qui se déroulent au sein de leur structure* ». De plus, des problèmes de management que nous développerons dans la section suivante entraînent une réticence de la part des acteurs à s'impliquer et changer leurs activités. C'est à l'arrivée de deux personnes au sein du réseau qui reprennent pendant un temps le lead et donne une direction *fablab* au Li'L@b, ainsi que la participation de certains acteurs à l'événement Fab14, l'équipement de machines de fabrication de l'Atelier et les projets étudiants que certains acteurs réussissent à s'approprier le Li'L@b et réaliser des activités avec les usagers. Ces activités de conception participative ont été ensuite réduites en raison du Covid. Force est de constater que les activités de type *learning lab* et *living lab* se font d'un côté, menées par l'équipe de recherche ; et les activités *fablab* d'un autre côté, la plupart du temps conduites par le médiateur numérique de l'Atelier.

3.5.2 Des problèmes de management organisationnel : entre résistance au changement et problème d'acculturation

Les extraits des entretiens présentés dans le **Tableau 5** mettent en évidence des difficultés importantes liées au management et au manque d'acculturation des acteurs.

Tableau 5 - Extraits d'entretien de 3 acteurs du Li'L@b mettant en avant des problèmes de management et d'acculturation

Participants/Problèmes	Management organisationnel	Acculturation
A	« [...] ouais je ne saurais pas trop expliquer pourquoi on a ... après oui, il y a eu aussi dès le départ, enfin au niveau de la DT, des personnes qui étaient chargées de piloter le projet Li'L@b, etc.	

Participants/Problèmes	Management organisationnel	Acculturation
	<p><i>enfin il y a eu pas mal de changements quoi. [...] »</i></p> <p><i>« [...] c'est plutôt un fonctionnement type informel quoi. Il n'y a pas vraiment de choses ni établis ni de convention alors pas de convention avec l'université bien sûre, pas de convention avec le réseau français des fablabs, pas de convention avec euh, je ne vois pas de convention en tout cas avec personne [...] »</i></p> <p><i>« [...] Tout comme nous, enfin, on n'a pas de vue à plus de 6 mois, donc euh... Ça a budget zéro c'est ...fin voilà. Le manque de budget, c'est manque d'investissement, on nous dit ouais, il faut faire des projets, accompagner des projets et pour avoir une plaque de médium on va faire des courses donc euh »</i></p> <p><i>« Manque de moyens (financiers) et puis d'investissements (intérêt) ouais d'intérêt enfin de porter ces projets-là à un autre niveau quoi, un niveau direction territoriale, nationale »</i></p> <p><i>« [...] au niveau des partenaires, on a aussi, à peu près, enfin, on a aussi de la diversité. Après là où ça manque beaucoup, c'est effectivement l'ampleur. Enfin le comment dire ? L'échelle. C'est qu'on est encore avec quelques personnes sur un échelon assez réduit et restreint quoi, au niveau de l'activité, au niveau des budgets, au niveau... »</i></p>	
B	<p><i>« Et puis un moment donné, il y a une direction alors que les personnes continuaient à aller à venir hein, je pense à **** qui était là et puis qui était soi-disant là, mais qui n'était plus là. Donc y avait un pilotage qui manquait [...] »</i></p>	<p><i>« moi je ne comprenais pas ce que c'était un Li'L@b, je ne suis pas euh, je ne comprenais pas, c'était une philosophie qui euh, ce sont des choses les Labs, les tiers-lieux qui ne faisaient pas partie de mon monde. Donc, quand on m'expliquait les choses, j'avais du mal à vraiment</i></p>

Participants/Problèmes	Management organisationnel	Acculturation
	« [...] et puis nous on n'avait pas trop de directives à te donner non plus donc ça a été flou pendant un moment, moi je dis qu'il y a eu je ne sais pas, il y a eu 2 ans de flottement non ? »	à, comment dire, les conscientiser et à voir quelle pouvait être la réalité, donc moi j'ai mis du temps à comprendre aussi quel intérêt ça pouvait avoir voilà. Je pense que j'ai mis les deux ans aussi à me dire ah ouais [...] »
	« [...] parce qu'à un mom.. au début c'était un espace avec des trucs au plafond et des caméras, je me suis dit bah prrr (bruit de bouche) alors là hein ? Je veux bien, mais qui va analyser les comportements des enseignants, enfin voilà [...] »	« [...] voilà on n'avait pas la main non plus sur les autres objets du projet e-TAC. Euh ça se passait ailleurs, donc ça ne se passait pas chez nous, donc on ne voyait pas bien et puis moi à chaque fois que je les voyais j'avais toujours un peu de mal à comprendre [...] ».
	« [...] je pense que tout le monde a mis du temps à comprendre hum »	
	« Je disais, si vous aviez eu un pilote constant qui était... qui savait où il allait voilà, ça aurait été bien voilà. Alors je ne sais pas qui en est responsable, de ne pas avoir de pilote voilà. Il y a sûrement une responsabilité conjointe de tous les acteurs. Toi, tu as deux directeurs de thèse. Ce n'est pas non plus idéal quand les deux directeurs vont dans des sens différents [...]. Nous à Canopé, il n'y a pas eu vraiment de pilote stable et puis euh et puis beaucoup de verbiage, mais finalement pas beaucoup de directives claires, donc je pense qu'il y a des torts partagés, des responsabilités partagées, mais l'idée, c'est d'arriver à un moment donné à quelque chose quand même, malgré toutes ces entraves. »	« [...] parce que nous, on ne savait pas bien comment faire venir des enseignants pour tester quoi et puis comment analyser euh on ne se sentait pas chercheur parce que ça c'est un travail de chercheur, ce n'est pas un travail de formateur »
	« Il y a eu bon le souci du pilotage [...] »	« mais ça, il a fallu qu'on s'acculture et qu'on mature »
	« [...] c'est sûr que si on devait recommencer, je pense que vraiment le souci central, c'est le pilotage. Un vrai pilotage identifié avec des réunions euh en fait un pilotage, un double ou	« bah ouais bah il y a eu bon le souci du pilotage alors des personnes euh, comment on pourrait dire euh, alors je ne vais pas dire que je ne suis pas compétente dans le domaine, mais ce n'est pas mon domaine voilà. Si ça avait été un laboratoire d'histoire-géo ouuuuh bon c'est un Li'L@b donc les personnes voilà. Après, normalement, ça n'aurait pas dû être un souci que la directrice de l'Atelier ne soit pas euh ... parce que moi mon rôle, c'est de gérer, de piloter, d'animer, d'accompagner ce qui se passe. »
		« c'était quand même quelque chose d'un petit peu différent de ton univers, donc il a fallu forcément un temps

Participants/Problèmes	Management organisationnel	Acculturation
	<p><i>un triple pilotage, c'est-à-dire la personne en charge du projet évidemment la personne en charge de l'Atelier peut-être la personne en charge du Li'L@b [...]»</i></p> <p><i>« voilà euh alors concrètement à partir du... j'ai essayé de comprendre, c'est un grand rôle, après le directeur, normalement, il a un rôle de pilotage des activités de l'Atelier, donc normalement, j'ai un rôle de pilote, mais c'était davantage de pilote adjoint ou de copilote puisqu'il devait y avoir quelqu'un d'autre euh compétent euh dans ce domaine hein qui pilotait le Li'L@b bon, donc mon rôle a été celui de normalement de copiloter, mais avec beaucoup de flous sur quels étaient les missions et ce que devait être réellement ce Li'L@b [...]»</i></p>	<p><i>d'acculturation et c'est tellement grand et tu ne savais pas trop vers quoi aller et que ça a mis du temps [...]»</i></p>
C	<p><i>« C'était peut-être de ne pas vraiment savoir concrètement ce que ça allait donner, de ne pas vraiment savoir quels allaient être les intervenants dans cet espace et les partenaires extérieurs. [...] Donc ça, ça a été des choses qui n'étaient pas claires, que moi j'avoue, je ne maîtrisais pas. Ce n'était pas à mon échelle non plus de décider ça, mais il y a eu des... parce qu'on ne savait pas trop en fait qu'elle était la direction que ça allait prendre donc nous ça ne changeait pas grand-chose pour nous dans le sens où on continuait l'activité de l'Atelier, etc., mais à certains moments on se disait tiens c'est flou, alors finalement c'est quoi ? Euh comment ça va se concrétiser ? Est-ce qu'on va avoir des acteurs extérieurs à l'administration, mais des acteurs qui sont connexes au monde de l'éducation, mais qui sont des modèles privés euh qui vont</i></p>	<p><i>« oui alors ça a évolué dans le sens où entre-temps, on a été quelques-uns à être formés au co-design et donc on a pu mener des ateliers de type co-design [...] Il y a eu une évolution par rapport à ça, par rapport à une montée en compétences sur certaines... voilà et puis il y a ***** qui s'est formé aussi à la découpeuse laser et tout ce qu'on pouvait y faire, le potentiel, voilà. Entre-temps, il y a eu de la formation des personnels ouais »</i></p>

Participants/Problèmes	Management organisationnel	Acculturation
	<p><i>avoir besoin de ce Li'L@b qui vont venir y faire des choses ? Est-ce qu'aussi les chercheurs vont s'emparer ou pas de cette possibilité pour faire leurs recherches au sein du Li'L@b notamment avec la possibilité de pouvoir filmer, etc. ? euh et donc ça, il en a été question, on a attendu. On ne savait pas finalement, ça n'a pas toujours eu lieu et donc voilà, c'était plutôt le côté informations et prospectives de ce qui allait vraiment se passer en fait parce que c'était quelque chose de très nouveau donc c'était avancer à tâtons quoi, donc c'est ça »</i></p>	

Tout d'abord ces extraits soulèvent des problèmes de leadership, induits par un manque de direction claire, une communication inefficace et un manque de vision et peut-être de motivation pour les employés.

Puis, ces extraits de discours dévoilent des problèmes de communication. Au lancement du projet Li'L@b, les départs non anticipés ont rendu complexe la passation d'informations et le transfert du projet vers les nouveaux nommés. Ces problèmes de transition de management ont brouillé les attendus du projet, incluant le projet de recherche associé à la mise en œuvre du Li'L@b.

Ensuite, ils révèlent des problèmes de structure organisationnelle avec des responsabilités et des rôles mal définis et des dysfonctionnements dans les processus de prise de décision et de gestion. Les personnes affectées au projet, que ce soit au sein de l'atelier ou au niveau territorial, n'ont pas tout de suite été identifiées et leurs rôles pas ou peu définis par Réseau Canopé. Ainsi, les acteurs ont été réticents à l'idée que leur activité professionnelle allait changer.

Enfin, ces extraits mettent en évidence des problèmes de changement organisationnel, tels que de la résistance au changement de la part des employés, un manque de communication et de soutien pendant les périodes de transition dû au manque de leadership. Cette résistance au changement peut être motivée par plusieurs raisons, notamment la peur de l'inconnu, le besoin de stabilité et de sécurité, l'attachement aux habitudes et aux routines existantes, la perception de pertes potentielles, les craintes quant à l'impact sur l'identité ou l'estime de soi, ou les préoccupations quant à la validité ou à la pertinence du changement proposé.

Celle-ci peut également être motivée par un manque de compétences technopédagogiques et de connaissances dans ce domaine et le domaine des tiers-lieux, peut-être aussi par un manque de conviction vis-à-vis des apports des TIC dans

l'enseignement ou de ce que la démarche Li'L@b, et plus particulièrement, les séances de co-design peuvent apporter aux enseignants. Pour d'autres, cela peut s'expliquer par un manque de volonté à innover et de changer sa pratique en fin de carrière. Et encore pour d'autres, cela peut s'expliquer par un manque de soutien et de direction dans l'accompagnement de cette démarche. Ce sont des déterminants qui ont déjà pu être identifiés chez les enseignants lorsqu'il est question de résistance au changement relative à l'introduction des TIC dans l'enseignement (Mastafi et al., 2018).

Par ailleurs, on peut soulever des manques d'acculturation caractérisés par une connaissance faible de la recherche et de la méthodologie et par un problème de relai entre les porteurs du projet et les acteurs du Li'L@b. En effet, les acteurs du Li'L@b mentionnent le fait que les activités de type *living lab* ne leur correspondent pas parce qu'ils ne sont pas des chercheurs.

3.6 **Recommandations pour un transfert positif (limites et opportunités)**

Le Li'L@b s'est développé comme un tiers-lieu regroupant des éléments et des activités d'un *living lab*, *learning lab* et *fablab*.

La partie *fabLab* du Li'L@b concerne : l'accès au lieu par les enseignants pour venir fabriquer à peu près n'importe quoi, le matériel pour la fabrication, l'apprentissage par projets et par pairs, le partage, un accès ouvert. Il est également le service le plus accepté par le personnel. Cependant, contrairement aux *fablabs*, le Li'L@b ne permet pas aux enseignants de s'en servir par eux-mêmes pour des raisons de sécurité et de compétences. De plus, il n'est pas possible de créer une trop grande série d'objets, comme ce qui a déjà été observé pour les *fablabs*. Cependant, dans un *fablab* il y a plus de machines.

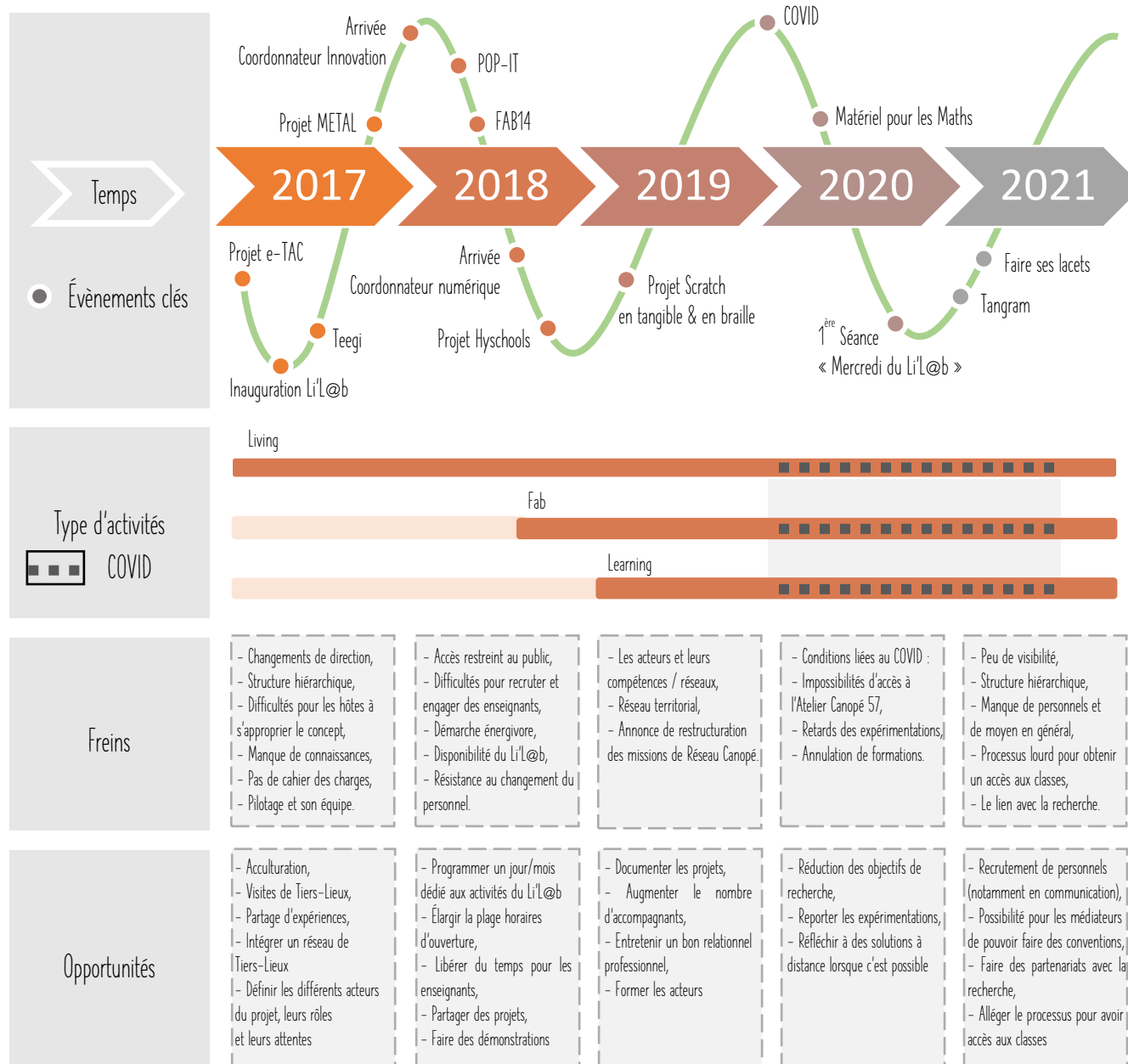
La partie *learning lab* du Li'L@b concerne les activités d'innovation pour l'amélioration de l'apprentissage et de l'enseignement d'un domaine par la construction d'un scénario pédagogique. Cela concerne aussi les espaces modulables avec de l'équipement adapté pour faciliter la réflexion en fonction de la situation. Contrairement aux *learning labs* essentiellement présents dans l'enseignement supérieur, le Li'L@b a pour originalité d'être implanté chez Réseau Canopé et s'intéresse à l'amélioration de l'enseignement dans le primaire et le secondaire.

La partie *living lab* du Li'L@b, concerne les activités d'innovation et de collaboration dans un cadre réaliste, les participants et leurs rôles, la démarche de conception participative et centrée utilisateur, l'équipement pour la captation, l'observation et la recherche, un espace modulable et du matériel pour la créativité. Toutefois, le côté réaliste concerne les situations dans lesquelles sont placées les élèves ou les enseignants avec la technologie conçue, plus particulièrement les activités qu'ils doivent faire, mais il concerne moins l'environnement dans lequel ils se trouvent.

Autrement dit, le Li'L@b ne ressemble pas à une classe traditionnelle avec des tables et chaises disposées en rang d'oignons et devant une estrade avec un tableau et un bureau pour l'enseignant. Il prend plutôt la forme d'un espace pédagogique externe à l'école pouvant se transformer en fonction des besoins pour s'adapter aux activités et aux situations.

Au cours de la mise en œuvre du Li'L@b, son équipe a été confrontée à de nombreuses difficultés auxquelles nous proposons des moyens pour y pallier, dans la perspective de son déploiement dans les autres Ateliers Canopé (voir **Figure 41**).

Figure 41 - Les freins et les opportunités rencontrés durant la mise en œuvre du Li'L@b



Comme nous l'avons dit auparavant, au cours de la première année de mise en place du Li'L@b, il y a eu plusieurs changements de direction. En même temps que le départ des porteurs du projet, le pilotage s'est dissipé. De nouvelles personnes sont arrivées au sein de Réseau Canopé avec un regard neuf et d'autres appétences que les porteurs du projet. Ces changements ont pu brouiller les attentes de Réseau Canopé me concernant dans la mise en œuvre du Li'L@b. Aucun cahier des charges n'a été fait. Par ces faits, j'ai rencontré des difficultés à trouver mon rôle au sein de ce projet. De plus, les acteurs de Réseau Canopé affectés au projet et leurs rôles

n'ont pas tout de suite été identifiés, puis acceptés. Il y avait une certaine réticence concernant les acteurs de l'Atelier qui avaient déjà leurs activités qui remplissaient leurs journées. Aussi, il y avait une certaine résistance au changement, qui peut être dû pour certains à une appétence moindre concernant les technologies et pour d'autres à une fin de carrière.

Le manque de pilotage par la direction territoriale peut laisser croire à une certaine forme de liberté aux acteurs de l'Atelier pour concevoir le Li'L@b comme ils l'entendent. Cependant, les Ateliers de Réseau Canopé ne fonctionnent pas de manière autonome (par exemple : au niveau du budget, des déplacements). Il convient de passer par la direction territoriale pour faire des demandes pour obtenir du matériel par exemple avec un budget serré et un temps considérable.

Enfin, les acteurs du Li'L@b, dont moi, n'étant pas à ce moment familier aux concepts de tiers-lieux, avons dû nous acculturer à ces concepts et leur fonctionnement, par de la veille, des visites de plusieurs tiers-lieux et des échanges avec des professionnels. Il m'a aussi fallu comprendre le contexte et les attentes de Réseau Canopé et faire le lien avec le projet e-TAC.

Suite à ces difficultés organisationnelles rencontrées, voici quelques conseils :

- Identifier et impliquer les parties prenantes,
- Veiller à ce que l'équipe en interne soit composée au minimum d'un chef de projet, d'un directeur d'Atelier et d'un coordonnateur qui anime et pilote ses équipes, d'une personne chargée de la communication et du recrutement de projets et une équipe de développement comprenant les acteurs de l'Atelier, des chercheurs et des ingénieurs.
- Le pilotage devrait se faire au niveau de la DT où il y a une vision plus large sur les Ateliers, le budget, les déplacements, les compétences des acteurs, le réseau, etc.
- Définir les objectifs du projet Li'L@b avec les parties prenantes,
- Définir les rôles des parties prenantes au sein du Li'L@b,
- Établir un cahier des charges,
- Recherche documentaire, littérature scientifique, se déplacer sur le terrain pour mieux comprendre et délimiter la problématique.
- Identifier les contraintes techniques, temporelles et budgétaires.

En 2018, on s'est questionné sur la manière de recruter des enseignants pour participer à des activités de co-design et on s'est rendu compte qu'il était difficile de recruter des enseignants. Ceci peut s'expliquer par plusieurs facteurs : des plages horaires d'ouverture du Li'L@b contraignantes pour les enseignants, ces derniers viennent sur leur temps libre, une sur-sollicitation des enseignants à participer à des projets. Mettre en place des activités de conception participative est une démarche énergivore qui demande beaucoup de ressources (humaines, matériel, cognitives), de la préparation et de l'organisation.

Par la suite, nous avons encore observé une certaine forme de résistance au changement de la part de certains acteurs du Li'L@b pour comprendre l'intérêt de ce type d'activités pour les enseignants et celui de faire adhérer le Li'L@b à un réseau

de tiers-lieux parce qu'ils n'avaient pas une vision claire de ce que cela pourrait donner.

Dans les débuts, il était difficile d'avoir accès au Li'L@b, car cette salle servait aussi pour la formation. Il a fallu d'abord intégrer dans le programme de formation de l'Atelier une journée par mois dédiée aux activités du Li'L@b pour lui donner une place. Lors d'activités de co-design, on s'est rendu compte qu'il était compliqué d'avoir accès à un facilitateur avec des compétences dans le domaine étudié (par exemple lors des sessions pour le projet *Hyschools*, les concepteurs cherchaient un facilitateur qui parle anglais et avec des compétences en hydrogène, puis, plus tard avec le projet Scratch en version tangible et braille où il y avait besoin d'un expert en braille).

Face à ces difficultés pour recruter des enseignants et intégrer le Li'L@b dans les activités de l'Atelier, nous proposons les actions suivantes :

- Élargir la plage horaire d'ouverture du Li'L@b,
- Intégrer l'activité dans le programme de formation,
- Faire appel à d'autres organisations qui ont accès à un réseau d'enseignants (exemple : DANE),
- Libérer du temps pour les enseignants,
- Commencer par intégrer un jour/mois des activités dédiées au Li'L@b dans le programme de formation de l'Atelier.
- Dès le début du projet Li'L@b, impliquer toute l'équipe de l'Atelier.
- Élargir son réseau avec les projets de recherche au sein du Li'L@b.

En 2019, il y a encore eu un changement au niveau de la direction territoriale lié au projet Li'L@b, laissant les acteurs de l'Atelier gérer entièrement le projet dans la limite de l'autonomie fonctionnelle permise par la structure de l'Atelier. Par ailleurs, les acteurs de Réseau Canopé ont reçu une annonce de démantèlement, les plongeant dans le flou concernant leur avenir professionnel et une démotivation. On constate que le fonctionnement du Li'L@b repose sur deux ou trois personnes et qu'il dépend de leurs compétences et de leur réseau pour fonctionner. Si ces personnes viennent à partir, qu'en serait-il du Li'L@b ?

En 2020, les principaux freins rencontrés ont été liés à la crise du Covid qui a rendu l'impossibilité pour les acteurs du Li'L@b d'avoir accès à l'Atelier pendant le confinement, des retards dans les expérimentations et l'annulation des différentes activités du Li'L@b. Le prototypage est impossible si les personnes n'ont pas accès aux machines. Une autre limite du Li'L@b, déjà soulevée plus haut, concerne la fabrication en série d'objet. Le Li'L@b n'est pas équipé pour concevoir en série et ce n'est pas son objectif non plus.

Ensuite, une autre limite qu'on retrouve dans les activités de type *fablab*, est que les utilisateurs, pour des questions de sécurité, ne peuvent pas utiliser les machines. Ils dépendent donc de la disponibilité du médiateur numérique qui est le seul formé sur ses machines de l'Atelier.

Quelques conseils sont donnés :

- Former plusieurs personnes à l'utilisation de machines,
- Laisser des traces sur tout ce qui se fait au sein du Li'L@b et la manière dont ça se fait afin de faciliter les changements de personnel.

Par ailleurs, je constate que les acteurs de l'Atelier se sont approprié le Li'L@b avec les activités orientées *fablab*. Avec mon départ, je m'interroge sur la continuité des activités orientées *living lab* et *learning lab*. L'importance d'un professionnel de recherche réside dans la recherche de besoins à une échelle plus grande que celle de l'Atelier, à un réseau avec d'autres chercheurs, à des communications scientifiques, etc. Actuellement, il manque des moyens humains pour soutenir les activités du Li'L@b comme des chercheurs, des personnes en charge de la communication et de la recherche de partenariats, parce que pour le moment les partenariats se font de manière informelle. De plus, il manque des moyens matériels tels que des consommables pour les machines, de moyens de fonctionnement pour pouvoir se déplacer facilement dans d'autres labs ou Ateliers, des moyens pour organiser des journées de rencontres et d'échanges. Une autre limite rencontrée concerne l'accès aux classes qui nécessite une procédure lourde où il faut plusieurs autorisations. Enfin, il est important d'entretenir un bon relationnel et de collaborer avec le réseau territorial pour développer un lieu avec ses activités qui nécessitent des professionnels avec diverses compétences comme le Li'L@b.

Pour pallier ces différentes contraintes rencontrées, il serait pertinent de :

- Renforcer l'équipe mise en place au sein du Li'L@b,
- Agrandir le réseau,
- Diffuser les projets à une plus large échelle,
- Faciliter l'accès aux acteurs du Li'L@b à :
 - o Des moyens pour acheter des consommables pour les machines,
 - o Des moyens de fonctionnement pour pouvoir se déplacer facilement dans d'autres labs ou Ateliers,
 - o Des moyens pour organiser des journées de rencontres et d'échanges,
- Faciliter la démarche pour avoir accès aux classes.

3.7 Conclusion

Initialement, le Li'L@b était envisagé pour être un *living lab*, mais les personnes, les projets, le matériel, les besoins des enseignants et des élèves, les activités qui s'y sont déroulées en ont décidé autrement. Ces derniers ont guidé le Li'L@b vers un tiers-lieu hybride confondant des éléments d'un *living lab*, d'un *learning lab* et d'un *fablab*. Aujourd'hui, le Li'L@b continue d'évoluer en fonction des projets qui l'intègrent, des acteurs qui le dirigent ou l'animent et des compétences, expériences, connaissances et appétences qui lui sont apportées. Autrement dit, il se construit avec sa communauté et les évolutions de la société.

Le Li'L@b peut, selon nous, être qualifié de tiers-lieu techno-formatif en tant qu'espace combinant à la fois des caractéristiques de lieu de travail, de formation et d'innovation technologique. C'est un environnement où les enseignants, acteurs de formation, designers, concepteurs, etc. peuvent se réunir pour collaborer, apprendre et expérimenter avec les nouvelles technologies mais aussi contribuer à la conception de solutions nouvelles, plus proches des besoins et attentes dites du terrain.

En effet, le Li'L@b est effectivement un tiers-lieu d'un nouveau genre pour les enseignants. C'est un espace intermédiaire à l'interface entre leur établissement scolaire, les lieux plus classiques de formation et leur domicile. En visant à favoriser la créativité, la collaboration et l'échange d'idées, il offre une forme alternative aux espaces traditionnels de travail ou de formation.

L'aspect « techno » fait référence à l'utilisation des technologies numériques et des innovations technologiques comme un élément central de l'environnement. Le Li'L@b, parce qu'il est équipé de matériel informatique, de logiciels spécialisés et d'autres outils technologiques, associé à sa dimension *fablab*, permet ainsi aux participants d'explorer, de créer et de développer leurs compétences dans ce domaine. De plus, sa dimension *living lab* offre la possibilité aux enseignants, mais aussi aux élèves de découvrir, explorer, co-concevoir et évaluer des solutions encore émergentes et ainsi contribuer à une meilleure adéquation de ces dernières aux contextes scolaires.

L'aspect « formatif » souligne l'importance de l'apprentissage et du développement des compétences au sein de cet espace. Ce tiers-lieu techno-formatif propose des ateliers, des sessions de conception participative et d'autres activités autour des technologies numériques pour permettre aux individus d'acquérir de nouvelles compétences techniques, de renforcer leurs connaissances existantes et d'explorer des domaines d'intérêt.

Cet espace favorise également la création de réseaux et de communautés au sein et entre les mondes de l'enseignement, de la formation, du développement technologique et de la recherche. Ils offrent un environnement propice à l'innovation, à la collaboration interdisciplinaire et à la réalisation de projets conjoints.

En résumé, le Li'L@b, bien qu'encore perfectible sur ses dimensions organisationnelles, en tant que tiers-lieu techno-formatif, est un espace dynamique où les technologies, l'apprentissage et la collaboration peuvent aujourd'hui se rencontrer pour favoriser le développement de compétences et l'innovation.

3.7.1 Apports du Li'L@b à ses membres

La mise en œuvre du Li'L@b au sein de Réseau Canopé et plus particulièrement à l'Atelier Canopé 57 a permis aux médiateurs d'être actifs dans des projets de recherche, à faire de l'accompagnement de projet en plus de la formation, à acquérir de nouvelles compétences et connaissances dans différents domaines tels que la conception, le *co-design*, l'utilisation de machines pour la fabrication, mais aussi dans le braille, l'hydrogène, etc. De plus, cela a permis à l'Atelier d'avoir un espace qui s'adapte aux situations de créativité, de prototypage et d'évaluation et du matériel de fabrication, mais a aussi permis une ouverture sur des projets et un changement de philosophie (relations horizontales), une nouvelle manière de former et de travailler avec les enseignants, en rendant les enseignants plus actifs dans la formation. Les bénéfices du Li'L@b sur ses membres sont illustrés par des extraits d'entretiens de trois de ses acteurs, présentés dans le **Tableau 6**

Tableau 6 - Des extraits d'entretiens qui expriment les bénéfices du Li'L@b par ses membres.

Bénéfices

« [...] Euh donc moi en tout cas ça m'a permis, ouais, de faire des projets qui me motivaient, qui avaient du sens parce que du coup d'un point de vue éducatif et sur le libre en général, je trouvais que ça avait un intérêt et au niveau de l'Atelier par rapport à d'autres Ateliers qui n'ont pas forcément de fablab, living lab, tiers-lieux on va dire que voilà, en tant que médiateur numérique, je ferai juste de la formation à des outils numériques et pas forcément autant d'accompagnement de projet. Donc ce que ça apporte à l'Atelier, je pense que c'est une ouverture plutôt sur des projets, ce qui était enfin, ce qui est écrit au-dessus de la porte de Canopé hein. Réseau d'accompagnement et de création. Je pense qu'il y a beaucoup d'Ateliers où ça se limite en fait à de l'accompagnement numérique quoi » **Extrait d'entretien du participant A**

« [...] ça nous a permis de rentrer vraiment dans la formation du XXI^{ème} siècle pour moi, les compétences du XXI^{ème} siècle, elles viennent par le Li'L@b euh. Ce que le Li'L@b apporte, c'est une nouvelle façon de former et de travailler ensemble euh en collaborant euh voilà bon et ça nous a mis dans cette disposition peut-être plus rapidement que d'autres voilà et pour moi vraiment c'est révolutionnaire et positif » **Extrait d'entretien du participant B**

« euh alors au niveau de l'organisation de l'Atelier c'est... ça veut dire qu'on a des usages et un aménagement de l'espace qui intègre ces éléments, c'est-à-dire du matériel de fabrication. Euh donc l'Atelier physiquement, il a changé de visage avec ces machines qui ont été ajoutées. Euh, après en termes de méthodologie, il se trouve qu'il y a eu une ... ce n'est pas parce que le Li'L@b existait qu'on a fait du *co-design*, mais du coup, ça nous a facilité les choses en termes de *co-design*. Un espace... voilà y avait des communautés d'intérêts on va dire entre euh... et des communautés de fonctionnement, le côté collaboratif aussi qui est mis en place, mais c'était déjà des valeurs qui étaient celles des personnels de l'Atelier donc en fait, il y a eu plutôt un cercle vertueux dans ce sens-là. Je veux dire ce n'est pas l'un qui a transformé l'autre, mais il y avait une communauté de pratiques, de valeurs qui fait que ça a bien fonctionné quoi » **Extrait d'entretien du participant C**

Le Li'L@b facilite la réalisation de projets locaux menés par les enseignants pour la fabrication de leur propre matériel pédagogique qui répond à un besoin pour leur classe ou leur école. Il facilite aussi la réalisation de projets de recherche, tels que

Teegi, Hyschools par exemple. Ces projets de recherche ont pour vocation d'améliorer l'enseignement et les apprentissages et la conception participative de dispositifs innovants destinés à la communauté éducative. Ces derniers font partie des activités du Li'L@b et sont facilités par celui-ci. Ainsi, le Li'L@b permet par ses services et par son approche flexible de conception centrée utilisateur et participative de contribuer au développement de produits et services innovants conformes aux usages, besoins et attentes des utilisateurs apprenants et enseignants.

3.7.2 Perspectives du Li'L@b

Densifier l'activité du Li'L@b.

Bien que le projet Li'L@b soit mis en œuvre depuis quelques années, son développement semble aujourd'hui stagner. À l'heure actuelle, quelques enseignants seulement viennent de manière spontanée. De plus, les projets de recherche sont apportés par une seule équipe de recherche. Cependant, ce dispositif est déjà prometteur. Il permet de faire se regrouper des enseignants pour échanger sur leurs pratiques, leur faire découvrir aussi des projets qui peuvent les inspirer, leur permettre d'apprendre des concepts en lien avec le numérique. Avec plus d'ampleur, c'est-à-dire une intensification dans les projets, dans le réseau, le collectif et le partage, ce dispositif pourra participer d'autant plus à l'accompagnement des enseignants à la transformation numérique.

En revanche, ce retour d'expérience ne nous a pas permis de vérifier si la démarche du Li'L@b permet de favoriser l'appropriation de ces produits et services par les usagers de l'Éducation nationale au sein du réseau Canopé, car nous n'avons pas assez de recul sur cette démarche et parce que les projets de recherche restent à l'état de projet. Les enseignants qui ont participé à la conception de ces produits n'y ont donc pas accès directement dans leur classe. Ceci nous empêche donc de vérifier l'appropriation et l'acceptation de ces technologies en classe. Cependant, concernant les activités de type *fabLab*, les enseignants qui viennent fabriquer un outil avec un besoin particulier pour leur classe peuvent récupérer directement cet outil avec eux. Il est donc facile pour eux de s'approprier l'outil, puisque celui-ci n'est pas nouveau, tel que le tangram, par exemple.

3.8 Pour résumer

Dans ce chapitre, nous avons tenté de comprendre la mise en œuvre du Li'L@b, dans le but de fournir des recommandations pour le déploiement du modèle dans les autres Ateliers Canopé. Au cours de sa réalisation, nous avons soulevé un manque d'outils méthodologiques pour accompagner la formation et les activités de conception participative qu'il convient de combler. C'est l'objet des deux prochains chapitres.

4. K-USES : UNE ÉCHELLE D'ÉVALUATION DE L'UTILISABILITÉ DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES ET ÉDUCATIVES POUR L'ÉLÈVE

L'évaluation de l'utilisabilité des technologies numériques repose sur trois catégories principales : les méthodes d'inspection, les tests utilisateurs et les questionnaires de satisfaction. Vis-à-vis des technologies éducatives, il est essentiel de pouvoir impliquer les utilisateurs futurs, en particulier les élèves pour garantir une conception adéquate. Or, à notre connaissance, il n'existe pas encore d'échelle d'évaluation de l'utilisabilité des interfaces numériques en français spécifiquement adaptée aux jeunes élèves.

K-Uses est une échelle subjective d'évaluation de l'utilisabilité des technologies émergentes par de jeunes utilisateurs. Cette échelle de mesure repose sur le modèle présenté dans la norme portant sur « l'ergonomie de l'interaction homme-système – partie 11 : utilisabilité – définitions et concepts ISO 9241-11 » à laquelle nous avons ajouté le critère de « learnability » de Nielsen.

Ce chapitre présente la construction et les premiers éléments de validation du K-Uses avec des élèves âgés de 9 à 11 ans. La méthode utilisée a consisté en un examen de questionnaires d'utilisabilité existants, des pré-tests auprès d'enseignants et d'élèves auxquels ont participé trois évaluateurs et une analyse exploratoire des données recueillies auprès de 127 élèves. Les résultats sont prometteurs et montrent des niveaux satisfaisants de validité et de fiabilité.

Une partie de ce chapitre a fait office d'un article scientifique¹³ publié dans une revue.

¹³ Référence : Baraudon, C., Lanfranchi, J-B., Bastien, C. J. M., et Fleck, S. (2021). Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant. *Médiations et médiatisations - Revue internationale sur le numérique en éducation et communication*, (5), 44-67.

4.1 Introduction

Les technologies numériques apportent des changements fondamentaux dans la vie des enfants du XXI^{ème} siècle. Ils sont les utilisateurs les plus fréquents des nouveaux services et environnements numériques (Graafland, 2018; OCDE, 2015). La diversité des interfaces numériques destinées au monde éducatif (par exemple, les écoles, les musées) a fortement augmenté depuis une dizaine d'années et est supportée par un développement technologique rapide. Aujourd'hui, les enfants ont accès à diverses technologies d'apprentissage, offrant une variété croissante d'interactions homme-machine qui vont au-delà des interactions *WIMP* (par exemple, ordinateur personnel) ou de la saisie tactile (par exemple, tablette). Comme nous avons pu le voir dans le chapitre 1, il peut s'agir par exemple, de robots éducatifs (par exemple : Curlybot (Frei et al., 2000), Topobo (Raffle et al., 2004), T-ProRob (Sapounidis et al., 2019)) ou d'interfaces utilisateurs tangibles associées ou non à de la réalité mixte (RM) (par exemple : BeatTable (Bumbacher et al., 2013), des environnements d'apprentissages (Cuendet et al., 2013), TanPro-Kit (Wang et al., 2013), Helios (Fleck & Hachet, 2015), Teegi (Fleck et al., 2018), etc.). Au-delà de la question de la qualité de la médiation des savoirs, l'utilisation efficace des technologies numériques d'apprentissage dans l'éducation est actuellement considérée comme un facteur clé pour la réalisation des objectifs éducatifs de la stratégie Europe 2020 (Commission européenne, 2019; Commission européenne & Eurydice, 2013).

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

Plusieurs travaux favorisent les approches de conception centrée sur l'utilisateur (CCU) afin de fournir des IHM conformes aux besoins et aux capacités des futurs jeunes utilisateurs (Druin, 2002; Hourcade, 2008; Markopoulos et al., 2008). La CCU, défini dans le chapitre 2, exige d'intégrer à toutes les étapes du processus de conception d'outils pédagogiques les principaux destinataires, c'est-à-dire les enfants et les adultes qui accompagnent les jeunes utilisateurs dans leur développement (par exemple, les parents, les animateurs, les médiateurs, les enseignants). En particulier, concernant l'étape d'évaluation, incontournable de la CCU, il existe plusieurs méthodes. On trouve parmi elles les méthodes d'inspection, les tests utilisateurs et les questionnaires de satisfaction et d'évaluation de l'utilisabilité. Néanmoins, même si des outils de co-conception d'interfaces numériques permettant la participation des enfants sont en cours de développement (ex. (Blikstein & Krannich, 2013; Read, 2015; Veytizou et al., 2018)), les outils permettant aux enfants de les évaluer facilement sont encore trop rares

(Barendregt et al., 2008; Hall et al., 2016; Read, 2008; Yusoff et al., 2011; Zaman & Abeele, 2010) par rapport à ceux destinés aux adultes. À notre connaissance, aucun n'a été validé en français ou dans d'autres langues que l'anglais. Les évaluations empiriques de l'utilisabilité sont souvent basées sur des échelles, car elles sont faciles à gérer, fiables, statistiquement objectives et économiques. L'une des échelles les plus utilisées est l'échelle d'utilisabilité du système (SUS) (Brooke, 1996). Elle est reconnue dans le monde des IHM comme étant fiable, rapide et facile à administrer et à analyser. Cependant, toutes ces échelles ont été validées pour des adultes et non pour de jeunes utilisateurs. Par conséquent, il est nécessaire de compléter les approches existantes et d'accroître les possibilités pour les enfants non anglophones d'évaluer l'utilisabilité des systèmes interactifs.

Ce chapitre présente la création et les premières étapes de validation d'une échelle d'utilisabilité (K-Uses, pour « Kids et Utilisabilité des systèmes et environnements numériques ») spécialement conçue pour être remplie par des élèves âgés de 9 à 11 ans.

4.1.1 L'évaluation de l'utilisabilité

4 dimensions de l'utilisabilité : l'efficacité, l'efficience, la satisfaction et la facilité d'apprentissage.

L'utilisabilité d'une interface ou d'un système est un concept qui a émergé dans les années 80 dans le domaine de l'IHM (Bennett, 1984; Eason, 1984). La norme ISO 9241-11 (2018) définit ce concept comme « *le degré selon lequel un système, un produit ou un service peut être utilisé, par des utilisateurs spécifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction dans un contexte d'utilisation spécifié* ». Nielsen (1994) a ajouté à cette définition le critère de facilité d'apprentissage (*learnability*). Ainsi, évaluer l'utilisabilité d'une interface ou d'un système signifie évaluer quatre propriétés : l'efficacité, l'efficience, la satisfaction et la facilité d'apprentissage. Ici, « *la précision et le degré d'achèvement avec lesquels l'utilisateur atteint des objectifs spécifiés* » définit l'efficacité. L'efficience fait référence au « *rapport entre les ressources utilisées et les résultats obtenus* ». La satisfaction représente « *le degré selon lequel les réactions physiques, cognitives et émotionnelles de l'utilisateur qui résultent de l'utilisation d'un système, produit ou service répondent aux besoins et attentes de l'utilisateur* ». Enfin, le système doit être facile à apprendre afin que l'utilisateur puisse rapidement commencer à travailler avec le système (Nielsen, 1994). En résumé, le concept d'utilisabilité englobe la performance de réalisation de la tâche évaluée lors de tests utilisateurs, la satisfaction que procure l'utilisation du produit mesurée grâce à des échelles et la facilité avec laquelle on apprend à s'en servir.

Par ailleurs, on distingue généralement deux grandes approches analytiques auxquelles appartiennent les méthodes d'inspection, et les approches empiriques au sein desquelles on trouve les tests utilisateurs et les questionnaires de satisfaction (Dumas & Fox, 2009; Kieras, 2009; Ozok, 2009). Les méthodes analytiques évaluent les caractéristiques du système. Les interfaces sont ici étudiées selon un ensemble de règles, recommandations et principes afin de contrôler qu'elles possèdent bien certaines qualités et de détecter les problèmes qu'elles

peuvent poser (par exemple, via l'inspection ergonomique, l'examen par des experts). D'autre part, les évaluations empiriques, qui nécessitent l'existence du système réel et la présence d'utilisateurs, consistent à collecter des données sur les comportements et les perceptions des utilisateurs finaux pendant ou après l'utilisation d'un système. Cette évaluation empirique des perceptions de l'utilisateur final est le plus souvent réalisée dans le cadre d'un test d'utilisabilité. Ce test demande à l'utilisateur d'utiliser le système pendant une période définie et peut inclure des techniques de verbalisation à voix haute (Nielsen et al., 2002). Cependant, les perceptions de l'utilisateur sont généralement recueillies par le biais d'échelles remplies après le test d'utilisabilité pour compléter les informations et avoir des données quantitatives.

Nous avons vu dans le chapitre 2 (voir section 2.3.2.1) que la plupart des échelles d'utilisabilité valides sont destinées aux adultes et rédigées en anglais, tandis que celles destinées aux enfants se concentrent principalement sur les enfants de 7 ans et moins, donc sur les enfants qui ne lisent pas encore facilement. De plus, de nombreux chercheurs ont accordé plus d'importance au format des échelles plutôt qu'à la signification et à la compréhensibilité des éléments. Cette étude se concentre donc sur ces questions en suspens.

4.2 Moyens et Méthodes

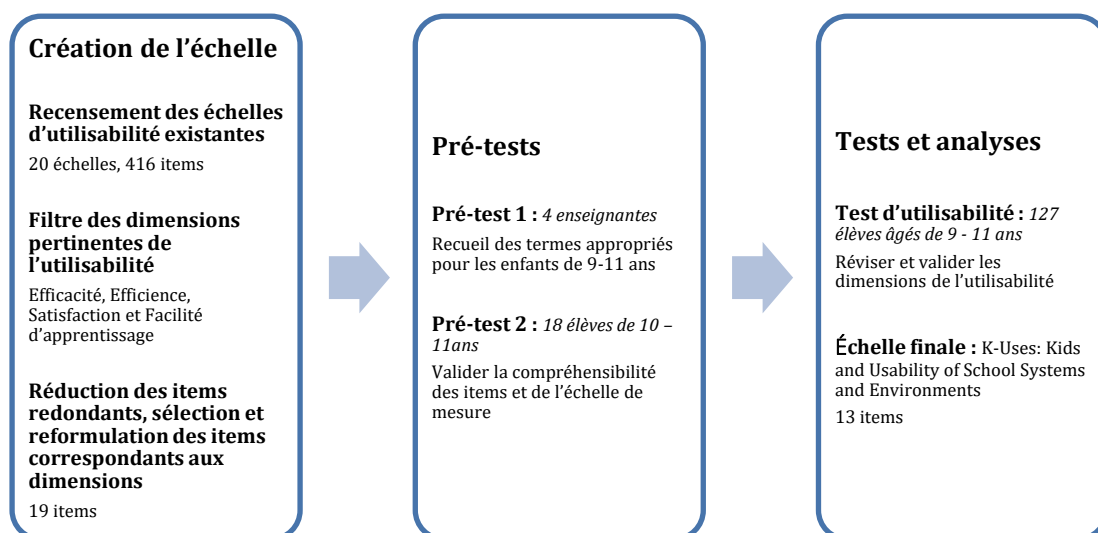
Nous avons créé une échelle d'utilisabilité, K-Uses, spécialement conçue pour être remplie par des enfants francophones de neuf ans et plus. Cette échelle vise à :

- Estimer rapidement l'utilisabilité d'un système telle qu'elle est perçue par les enfants,
- Permettre des comparaisons entre différentes versions des prototypes jusqu'au produit final,
- Être utilisée quelle que soit la nature du système interactif (par exemple, ordinateur, tablette, robots, environnements hybrides),
- Permettre sa mise en œuvre dans des conditions contrôlées ainsi que dans des situations réelles d'utilisation,
- Permettre, à terme, de comparer les réponses données par les enfants et les adultes qui les accompagnent (par exemple, les parents, les médiateurs, les enseignants).

Elle n'est pas destinée à être utilisée pour identifier des problèmes spécifiques dans l'utilisation des systèmes, mais plutôt pour évaluer l'utilisabilité globale du système. Elle compléterait les tests utilisateurs.

Inspirée des méthodologies déjà utilisées pour les échelles d'utilisabilité existantes (par exemple, DEEP (Yang et al., 2012) et ICF-US (Martins et al., 2015)), la procédure établie pour le développement du K-Uses a suivi trois étapes successives (voir **Figure 42**).

Figure 42 - Synthèse des trois étapes successives pour développer le K-Uses.



4.2.1 Création de l'échelle

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

4.2.1.1 Définition du contenu de l'échelle de mesure

Inventaire des échelles d'utilisabilité et tri de cartes.

Après avoir fait l'inventaire des échelles d'utilisabilité existantes (voir **Annexe C : Tableau des échelles d'utilisabilité existantes avec leurs critères**), trois experts en IHM, dans le domaine de l'ergonomie, de l'évaluation de l'utilisabilité et des domaines de la CCI ont :

- Identifié les dimensions pertinentes de l'utilisabilité par rapport à tous les types d'interface.
- Sélectionné les items en fonction de leur pertinence perçue pour les trois facteurs d'utilisabilité associés à la norme ISO 9241-11 (2018) et le facteur d'apprentissage.
- Conservé en tant que tel ou reformulé les facteurs sélectionnés pour les rendre compréhensibles par les enfants.

Suite à ces étapes de tri, nous avons obtenu une liste de 19 items présentée dans le **Tableau 7**.

Tableau 7 - Liste des 19 items sélectionnés et reformulés par les experts.

Note. « I ou S » : indique si les items sont simples ou inversés ; « Q » : correspond aux échelles existantes sur lesquelles ont été élaborés les items ; « Dimensions Q » : représente la dimension de l'item dans son échelle de référence.

Dimension théorique	Items	Q	Dimensions Q
Efficacité	Je peux réaliser mon travail efficacement avec ce système. (S)	CUSQ	Utilité
	Grâce à ce système, je vais pouvoir atteindre mes objectifs. (S)	CUSQ	Utilité
	Je peux toujours utiliser ce système avec succès. (S)	USE	Utilité
	Ce système est facile à utiliser. (S)	SUS et USE	Facilité d'utilisation
	J'ai trouvé que le système fonctionnait bien. (S)	USE	Utilité
Facilité d'apprentissage	Je pense que j'aurai besoin de quelqu'un ou d'un manuel pour pouvoir utiliser ce système. (I)	USE	Apprentissage
	J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ce système. (I)	SUS	Apprentissage
	Je me souviens facilement de comment me servir de ce système. (S)	USE	Facilité d'apprentissage
	Il a été facile d'apprendre à me servir de ce système. (S)	CUSQ	Utilité du système
Satisfaction	Je recommanderai ce système à un ami. (S)	USE	Satisfaction
	J'aime utiliser ce système. (S)	WAMMI et CUSQ	Attractivité et Qualité interface
	D'une façon générale, je suis satisfait(e) avec ce système. (S)	CUSQ	Qualité de l'interface
	Des utilisateurs réguliers ou occasionnels aimeraient se servir de ce système. (S)	USE	Facilité d'utilisation
	L'utilisation de ce système m'a énervé. (I)	EMO	Négative affect
Efficience	Je crois que je suis devenu(e) productif(ve) assez rapidement avec ce système. (S)	CUSQ	Utilité
	Je me suis senti(e) en confiance en utilisant ce système (S)	SUS	Facilité d'utilisation
	Ce système me permet d'être plus efficace. (S)	DEEP	Perceived cognitive Effort
	L'utilisation de ce système me fait gagner du temps. (S)	meCUE et USE	User Emotion et Utilité
	Le fonctionnement du système m'est apparu logique. (S)	WAMMI	Helpfulness

Le contenu de l'échelle comprend entre 4 et 5 items par dimension. C'est sur cette base que se feront les pré-tests décrits dans la section suivante.

a) Conception adaptée aux spécificités de la réponse de l'enfant

En parallèle, nous nous sommes intéressés à la structure de l'outil d'évaluation et en particulier à son format de réponse. Il est généralement reconnu que la recherche par enquêtes est possible avec des enfants à partir de 7 ans, mais avec des échelles soigneusement adaptées (Borgers et al., 2000; Scott, 1997). Nous avons choisi de ne proposer que des énoncés positifs pour l'échelle, conformément aux recommandations de Bell (2007), qui indique que les questions négatives doivent être évitées dans les échelles destinées aux enfants. En outre, l'échelle comprend un texte d'introduction clair et toutes les graduations de l'échelle sont labellisées pour aider les enfants dans leur compréhension (Borgers et al., 2000; Hox et al., 2003). Plusieurs études ont porté sur la recherche d'un format d'échelle adapté aux enfants pour mesurer leurs jugements de la meilleure façon possible (par exemple (Hall et al., 2016; Yusoff et al., 2011)). L'utilisation d'échelles de type Likert, qui nécessitent une réponse progressive à une série d'instructions, est une manière courante d'évaluer les attitudes, les valeurs, les états intérieurs et les jugements (Mellor & Moore, 2013). En outre, les enfants à partir de 7 ans les préfèrent à d'autres typologies (par exemple, VAS de Laerhoven et al. (2004)). Par ailleurs, d'autres travaux mettent en évidence le fait que les échelles en 5 points sont à privilégier pour ce type de public, car plus d'options n'ont qu'une faible utilité supplémentaire (Lissitz & Green, 1975; Mellor & Moore, 2013) et peuvent diminuer la fiabilité (Borgers et al., 2004).

4.2.2 Pré-Tests

Objectif des pré-tests : Vérifier la bonne compréhension des items et du format de réponse auprès des élèves et des enseignants.

Les pré-tests ont été conçus pour vérifier la bonne compréhension des items et le format de réponse. Deux pré-tests ont été réalisés : un avec quatre enseignants (deux enseignants du primaire et deux du secondaire) et un second avec 18 élèves de 10-11 ans. Ces pré-tests visaient à valider la compréhensibilité des items et de l'échelle de mesure.

Lors du premier pré-test, l'expérimentateur a distribué les échelles aux quatre enseignants et a lu les instructions générales à chaque enseignant individuellement. Les enseignants ont ensuite été invités à lire chaque énoncé et à répondre à l'item associé : « *Un élève âgé de 9 ans ou plus comprend tous les mots de cette phrase* » sur une échelle de 5 points allant de « *pas du tout d'accord* » à « *tout à fait d'accord* ». Ils devaient proposer une solution pour les termes perçus comme problématiques. En utilisant le même format de réponse, ils devaient répondre à la question suivante : « *Un élève de 9 ans ou plus comprend le système de réponse.* » Et donner leur avis.

Le deuxième pré-test a eu lieu dans le *living lab* de l'Atelier Canopé 57 lors d'un test utilisateur sur un prototype tangible qui vise à soutenir le travail et l'apprentissage

collectifs dans un contexte éducatif. Cette session a impliqué 18 élèves (11 filles et 7 garçons) âgés de 10 à 11 ans. Ils devaient utiliser un prototype tangible au cours d'un exercice d'apprentissage de codage informatique. Ce dispositif permet d'appeler le professeur ou demander de l'aide, de signaler la fin de leur travail et de voter entre eux pour les décisions importantes.

L'échelle a été remise aux 18 élèves une fois l'exercice terminé. L'expérimentateur a d'abord lu les instructions générales à haute voix, puis il a lu les différentes affirmations de l'échelle. Les élèves devaient d'abord évaluer leur degré d'accord sur la perception de l'utilisabilité du prototype sur une échelle de Likert en 5 points allant de « *pas du tout d'accord* » à « *tout à fait d'accord* ». Comme dans les travaux précédents (Lallemand, Koenig, et al., 2015; Sharfina & Santoso, 2016; Vallerand, 1989), les étudiants ont été invités à évaluer leur compréhension des énoncés après chacune de leurs réponses. Ils devaient répondre à « *J'ai compris tous les mots de la phrase* » en utilisant le même format d'échelle de Likert que les items K-Uses. Enfin, ils devaient entourer les mots qu'ils n'avaient pas compris.

4.2.3 Premiers éléments de validation

4.2.3.1 Participants

Échantillon de 127
élèves en classe de
CM1 et CM2.

Cent vingt-sept élèves ont pris part à cette validation, soit 74 élèves de CM2 et 53 élèves de CM1, 65 filles et 62 garçons.

4.2.3.2 Matériel

Le matériel utilisé pour ce test comprenait trois systèmes éducatif basés sur des technologies différentes :

Figure 43 - Dispositif
AIBLE-HELIOS



1. AIBLE-HELIOS (Fleck & Hachet, 2015) est un environnement d'apprentissage qui se concentre sur les phénomènes astronomiques de base (voir **Figure 43**). Il est conçu pour les enfants de 8 à 11 ans à l'école primaire. Grâce à la RA, les utilisateurs manipulent la Lune, le Soleil et la Terre virtuels en déplaçant physiquement des artefacts portant des marqueurs de RA, suivant une approche tangible. Quatre systèmes AIBLE-HELIOS ont été apportés, accompagnés chacun d'un ordinateur et d'une webcam.

Figure 44 - Illustration d'un Blue-bot.



2. BLUE-BOT (Greff, 2016), qui rappelons-le, est un robot éducatif qui se déplace sur le sol (voir **Figure 44**). Il avance et recule en ligne droite par pas de 15 cm et peut pivoter à 90°. Il peut être programmé et piloté à l'aide de sept commandes disposées sur son dos. Quatre Blue-bots ont été apportés avec un tapis quadrillé pour chacun, ainsi que des images imprimées et plastifiées utilisées pour l'activité.

Figure 45 - Illustration de l'activité Solo sur l'application Mathador.



3. MATHADOR (Trouillot, 2016) est un jeu sérieux en ligne et une application pour écran tactile mobile (voir **Figure 45**). Il est basé sur des exercices de calcul mental et de logique mathématique. Il existe plusieurs versions du jeu. Dans notre étude, l'activité a été réalisée sur une tablette. Quatre tablettes ont été apportées.

En plus de ces systèmes éducatifs, des crayons et des échelles de K-Uses en papier ont été fournis.

4.2.3.3 Procédure

Utilisation de trois technologies différentes.

Le test a été effectué en classe, sur six demi-journées. Tout d'abord, le matériel a été installé dans des salles différentes pour chaque activité. Puis, après avoir présenté qui nous sommes et comment aller se dérouler la demi-journée, les élèves ont été regroupés par paires ou trinômes et placés dans la salle de classe correspondant à leur activité. Chaque groupe d'élèves devaient réaliser trois activités d'apprentissage de manière alternée (voir **Tableau 8**) en utilisant les systèmes décrits ci-dessus. Par exemple, dans le premier enchaînement les élèves réalisaient les activités dans l'ordre suivant : Helios - Mathador - Blue-bot. Quatre expérimentateurs, également spécialistes en pédagogie, ont coordonné ces activités.

Tableau 8 - Exemple d'un programme suivi pour tester le K-Uses auprès d'une classe de CM2.

Enchaînements	Groupes	8:15 à 9:10	09:10 à 9:30	9:30 à 10:00	10:00 à 10:15	10:15 à 10:50	10:50 à 11:20	11:20 à 11:40
E1	G1A	Installation du matériel	Présentation et répartition des groupes	Helios	PAUSE	Tablette Mathador	Rotation des groupes	Blue-bot
	G1B							
	G1C							
	G1D							
E2	G2A			Blue-bot		Tablette Mathador		
	G2B							
	G2C							
	G2D							
E3	G3A			Helios				
	G3B							
	G3C							
	G3D							

Ces activités comprenaient différentes technologies éducatives nouvellement utilisées en classe (voir Figure 46) :

1. Lors des sessions de test, les élèves devaient essayer de répondre à deux questions en utilisant AIBLE-HELIOS : « *Qu'est-ce que la nuit ?* » et « *Pourquoi la durée du jour et de la nuit n'est-elle pas toujours la même sur Terre ?* » en utilisant cet environnement tangible et augmenté.
2. Au début de l'activité, les élèves pouvaient manipuler le robot Blue-bot librement pour découvrir son fonctionnement avec l'aide de l'expérimentateur. Ensuite, ils devaient faire bouger le robot sur le tapis comme suit : a) « *le robot doit passer sur 5 cases différentes et dans deux directions.* », b) « *placez le robot sur la case départ et codez le déplacement pour se rendre sur la case « île »* », c) « *Allez de la case départ jusqu'à la case « trésor » en passant par une case « île » et en y faisant une pause.* ». Enfin, le dernier défi consistait à faire faire un carré de 4 cases de côté au robot et si le temps le permettait de le refaire en réduisant le code au maximum.
3. Les élèves ont utilisé l'application Solo de Mathador dont la logique est de suivre un chemin de progression pouvant atteindre 20 niveaux. Pour chaque exercice, l'objectif est d'atteindre le nombre cible en utilisant les nombres proposés. Plus le nombre de numéros et d'opérateurs utilisés est élevé, plus le nombre de points gagnés est important. La division et la soustraction donnent le plus grand nombre de points. Il y avait également des énigmes mathématiques à résoudre.

Après avoir manipulé pendant trente minutes chacun des trois systèmes, les élèves ont fourni leur perception de leur utilisabilité en répondant individuellement à l'échelle du K-Uses.

Figure 46 - Présentation des trois activités implémentées pour tester le K-Uses en contexte de classe. Les élèves ont utilisé trois interfaces comprenant trois manières d'interagir : i) AIBLE-HELIOS pour apprendre l'astronomie : interaction tangible avec de la réalité mixte ; ii) BLUE-BOT pour apprendre les bases de la programmation : interaction physique avec le robot ; iii) MATHADOR pour travailler le calcul mental : interaction tactile sur tablette.



4.2.4 Analyse des données

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 23, et le logiciel de test du nombre d'axe à retenir dans une analyse en composantes principales (Monte Carlo PCA, Watkins, 2000).

Analyse en composantes principales, alpha de Cronbach et indice composite rho.

Quelques échelles comportaient de rares réponses manquantes (cinq données manquantes sur un total de 4 personnes parmi 127 répondants). Nous les avons remplacées par la moyenne des réponses pour l'item en question.

La structure factorielle du K-Uses a été évaluée par une analyse en composantes principales (rotation Varimax, analyse parallèle Horn). La cohérence interne de l'échelle K-Uses a été évaluée en calculant l'alpha de Cronbach (Cronbach, 1951) et l'indice composite rho (Dillon & Goldstein, 1984) pour chaque dimension.

4.3 Résultats

4.3.1 Les pré-tests

Bonne compréhension du système de réponse pour les élèves jugée par les enseignants.

En ce qui concerne le système de réponse aux questions, les enseignants ont pensé que leurs élèves seraient capables de comprendre le système de réponse aux échelles de Likert. Certains ont proposé néanmoins l'utilisation de smileys comme substitution. En outre, les enseignants ont suggéré différentes solutions pour les termes qu'ils jugeaient susceptibles d'être perçus comme problématiques par les élèves (par exemple, supprimer « *utilisateurs réguliers et occasionnels* » ou « *besoin d'un manuel* », remplacer « *atteindre mes objectifs* » par « *réussir mon travail* »). Après avoir modifié les phrases sur la base des propositions des enseignants, les élèves participant au pré-test ont compris tous les termes des différentes affirmations ($M > 4.3$). Le système de réponse aux questions n'a présenté aucune difficulté pour remplir les échelles. Cependant, nous avons choisi d'inverser certains items pour contrebalancer la tendance à l'acquiescement. Nous avons choisi de ne pas utiliser les smileys proposés par les enseignants en raison des futures utilisations de K-Uses. En effet, nous avons l'intention de le tester sur des populations d'âges différents, y compris des adultes, dans le cadre de travaux ultérieurs. Ces pré-tests ont permis de valider en situation réelle la compréhension des items par le public cible et la compréhensibilité de l'échelle de mesure. Suite aux modifications apportées aux items via ces pré-tests, nous avons obtenu la version préliminaire à tester constituée de 19 items (voir **Tableau 9**).

Bonne compréhension du système de réponse et des termes employés dans les affirmations par les élèves.

Tableau 9 - Liste des items obtenus après les pré-tests et rangés en fonction de leur dimension théorique.

Note. « I ou S » : indique si les items sont simples ou inversés.

Dimension théorique	Items
Efficacité	Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes. (S)
	Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail. (S)
	La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail. (I)
	Ces systèmes sont difficiles à utiliser. (I)
	J'ai trouvé que les systèmes étaient adaptés à ce que je devais faire. (S)
Facilité d'apprentissage	Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes. (I)
	J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes. (I)
	Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes. (S)
	Il a été facile d'apprendre à me servir de ces systèmes. (S)
Satisfaction	Je recommanderai ces systèmes à un ami. (S)
	J'ai détesté utiliser ces systèmes. (I)
	J'ai trouvé ces systèmes beaux. (S)
	Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes, aimerait s'en servir. (S)
	L'utilisation de ces systèmes m'a énervé. (I)
Efficience	Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes.
	Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes. (S)
	Il m'a fallu peu d'effort pour utiliser ces systèmes. (S)
	L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps. (I)
	J'ai trouvé le fonctionnement des systèmes logique. (S)

4.3.2 Résultats des tests

Une analyse factorielle exploratoire a été menée sur 19 variables (les réponses à chaque item) avec un échantillon de 127 participants. Le **Tableau 10** présente les moyennes et les écarts-types recueillis pour chaque item du K-Uses. Pour calculer les moyennes, nous avons pris en compte les scores aux items simples (S) et ceux inversés (I). Pour les items dont l'acceptation est contraire à l'attitude générale que l'on veut mesurer au moyen de cette échelle (items inversés), les valeurs sont ordonnées dans l'autre sens : 1 pour « *Tout à fait d'accord* » et 5 pour « *Pas du tout* ».

Validité de construit.

d'accord ». Une analyse factorielle en composantes principales (ACP) a été choisie pour identifier la structure sous-jacente des données et réduire le nombre de variables en quelques facteurs. La validité de construit consistera à montrer que cette échelle est construite de manière cohérente avec la théorie qui la sous-tend. Les items établis par Brooke (1996) ont été conçus à l'origine pour donner un score unique. Bangor et al. (2008) ont montré que les dix énoncés de cette échelle couvrent un seul facteur. Ces résultats montrent que l'échelle du SUS reflète globalement les estimations des participants sur l'utilisabilité globale d'une interface. Comme pour le SUS, nous avons voulu vérifier si le K-Uses est unidimensionnel.

Tableau 10 - Statistiques descriptives pour tous les items du K-Uses.

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

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

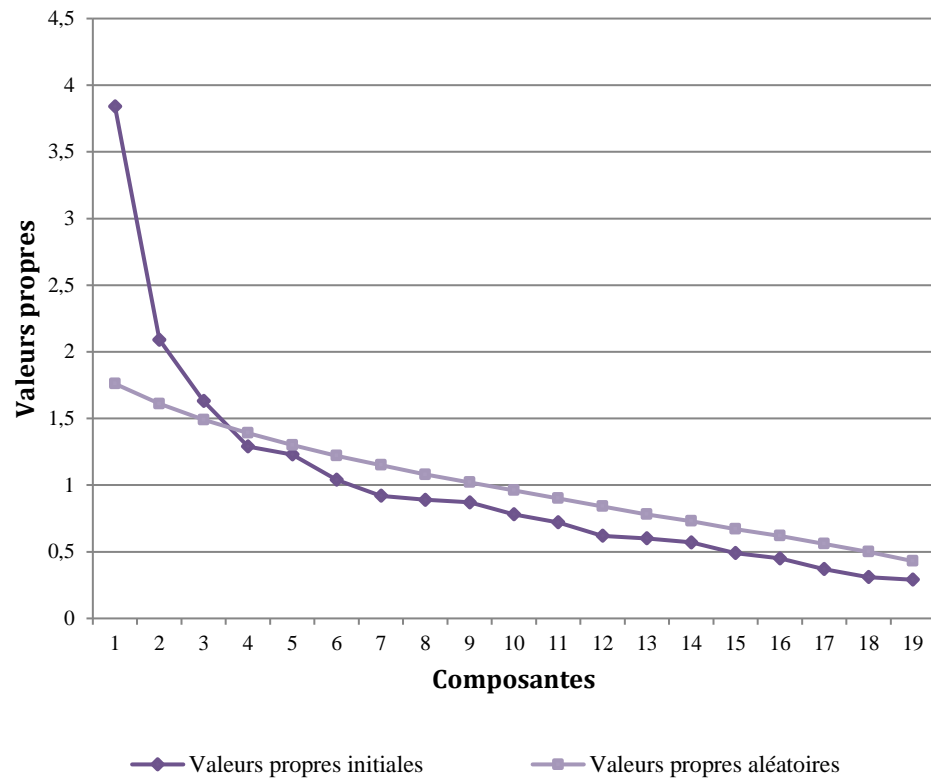
Le test de sphéricité de Bartlett $X^2 (378) = 2645,79$, $p = .000$, et la mesure d'adéquation de l'échantillon Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de .81 indiquent que la matrice de corrélation peut être soumise à une analyse factorielle.

Le test parallèle permet de retenir 3 composantes et donc de rejeter l'idée d'une échelle unidimensionnelle.

Le test parallèle proposé par Horn (1965) nous permet de définir les axes à retenir. L'analyse parallèle consiste à mettre en œuvre une grande série de 1000 répliquions de l'ACP sur une matrice de corrélations générée aléatoirement avec 19 variables et 127 participants dans notre cas. La série de valeurs propres observée sur les données de l'étude est comparée à celle des valeurs propres calculées sur des données aléatoires, comme l'illustre la **Figure 47**. Ainsi, le test parallèle de Horn

(Horn, 1965; Watkins, 2000) incite à retenir trois composantes dont la valeur propre est supérieure à 1,5.

Figure 47 - Graphe de comparaison entre les valeurs propres pour les scores au K-Uses des 127 participants de l'échantillon et les valeurs aléatoires générées par le logiciel Monte Carlo PCA.



Contrairement au SUS qui est unidimensionnel, nous avons un modèle tridimensionnel, mais en conformité avec les modèles d'utilisabilité tels que décrits dans la norme ISO 9241-11 (2018). Cependant, nous avons considéré quatre facteurs : l'efficacité, l'efficacité, la satisfaction et la facilité d'apprentissage. Nous nous attendons donc à ce que des items partent ou s'associent à un autre facteur que celui qui leur était initialement affecté. Trois ACP avec rotation Varimax¹⁴ en trois facteurs ont été réalisées successivement, pour obtenir une solution factorielle finale à 13 items satisfaisante : six items ont été supprimés, car ayant une saturation basse ou saturant plusieurs axes (voir **Tableau 11**).

¹⁴ Une rotation Varimax consiste à faire tourner les axes de manière à ce que les corrélations entre les variables et les axes soient le plus tranchés possible en respectant deux principes : l'orthogonalité des axes et le pourcentage d'inertie sur chaque axe.

Tableau 11 - Indication des items supprimés de l'analyse pour une saturation <.40 ou pour leur saturation sur plusieurs axes.

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

13 items regroupés en 3 dimensions.

L'analyse finale est présentée dans le **Tableau 12**. Seules les saturations >.40 sont indiquées dans le tableau. On observe des lots d'items saturant nettement sur un seul des trois facteurs avec des saturations comprises entre .51 et .81. Par exemple, pour le premier facteur, les items 8 « *Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes.* » et 9 « *Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail.* »aturent respectivement à .69 et .70. On constate que ces items font référence à la performance des systèmes. Autres exemples, pour le deuxième facteur, les items 14 « *J'ai détesté utiliser ces systèmes.* » et 18 « *L'utilisation de ces systèmes m'a énervé.* » révèlent des saturations à .81 et .73. Ces items montrent ici l'insatisfaction liée à l'utilisation des systèmes. Enfin, derniers exemples, les items 5 « *La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail.* » et 13 « *Ces systèmes sont difficiles à utiliser.* »aturent à .67 et .70 pour le troisième facteur. Ces derniers renvoient à la difficulté d'apprentissage ou à la difficulté de prise en main du système.

Tableau 12 - Analyse factorielle en composantes principales avec rotation Varimax pour 13 variables

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

Items	Composantes		
	1	2	3
1. Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes.	.62		
6. Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes.	.51		
9. Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail.	.70		
11. Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes, aimerait s'en servir.	.56		
4. Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes.	.66		
8. Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes.	.69		
14. J'ai détesté utiliser ces systèmes.		.81	
15. L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps.		.68	
18. L'utilisation de ces systèmes m'a énervé.		.73	
5. La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail.			.67
13. Ces systèmes sont difficiles à utiliser.			.70
2. Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes.			.58
10. J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes.			.60

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

4.3.3 Analyse de la consistance interne

La fiabilité concerne la précision avec laquelle un instrument mesure certaines caractéristiques. Un test doit être fiable (Cockton et al., 2009; Nunnally Jr, 1970). Cela nécessite une stabilité dans la mesure de l'outil. La méthode d'évaluation la plus courante pour déterminer la fiabilité d'un test est la méthode test-retest, qui consiste à effectuer deux fois le même test (Lallemand, Koenig, et al., 2015). Cette méthode est valable si la réponse du sujet ne varie pas considérablement pendant la période d'observation (Dickes et al., 1994). Cependant, l'utilisation des technologies émergentes en classe par les élèves est assez récente, et les élèves ont besoin de temps au début pour comprendre l'outil, puis moins de temps par la suite. Par conséquent, la méthode du test-retest semble inappropriée pour tester la fiabilité de notre outil. Vallerand (Vallerand, 1989) recommande pour l'échelle de type Likert d'utiliser le coefficient alpha de Cronbach pour mesurer la cohérence interne de l'outil. L'analyse utilisant l'alpha de Cronbach a été utilisée dans la version originale de SUS (Brooke, 1996) et dans les différentes versions traduites (Blažica & Lewis, 2015; Dianat et al., 2014; Gronier & Baudet, 2021; Sharfina & Santoso, 2016). Le calcul de l'alpha permet d'évaluer le degré de corrélation des items entre eux. L'alpha doit être supérieur à 0,70 pour montrer un niveau élevé de cohérence interne (Cronbach, 1951).

Tableau 13 - Le niveau de cohérence interne représenté par Alpha et Rho.

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

Niveau de cohérence satisfaisant seulement pour le premier facteur avec le coefficient alpha de Cronbach.

Dans le **Tableau 13**, on observe que le niveau de cohérence des sous-échelles n'est satisfaisant que pour le premier facteur avec des scores respectifs de $\alpha = 0,71$ (performance du système), $\alpha = 0,65$ (insatisfaction), $\alpha = 0,57$ (difficulté d'apprentissage). Cependant, certains auteurs avertissent que l'estimation de la fiabilité alpha peut être pessimiste et représente souvent une estimation de la limite inférieure de la fiabilité (Raykov & Shrout, 2002). Miller (1995) explique en partie cette sous-estimation par la violation des hypothèses requises par le modèle de mesure équivalent à Tau. Selon Kamata et al. (2003), il n'est pas approprié d'utiliser l'Alpha

Niveau de cohérence satisfaisant pour les trois facteurs avec le coefficient de détermination.

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

Au regard de l'analyse de la structure factorielle et de la consistance interne des échelles, 13 items peuvent être retenus (voir **Annexe D : Version francophone de K-Uses**).

4.4 Discussion

Bonne consistance interne et fidélité.

Les résultats de l'étude, menée sur l'utilisabilité des technologies émergentes sur 127 élèves âgés de 9 à 11 ans, tendent à montrer de bonnes propriétés psychométriques du K-Uses. L'échelle montre une bonne consistance interne. Le K-Uses est fidèle comme en témoignent les indices composites supérieurs à 0,73 (.73 à 0,79) obtenus pour chacune des sous-échelles, plus précis que les alphas de Cronbach. Au niveau de la validité de construit, la structure factorielle en 3 facteurs est plus ou moins conforme aux modèles présentés dans la norme ISO 9241-11 (2018) et par Nielsen (1994) au critère d'apprentissage. Contrairement au SUS, notre échelle est multidimensionnelle. En utilisant les techniques décrites précédemment, nous avons éliminé les items qui avaient de faibles saturations factorielles pour limiter les items sans sacrifier la fiabilité de l'instrument. Nous avons réduit le nombre d'items à 13. Cette réduction nous a également permis d'obtenir un outil de mesure facile à utiliser qui limite la fatigue de l'utilisateur par son format court.

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

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

Certains items semblent ne pas appartenir au facteur que nous leur avons initialement prédit. Par exemple, l'item 6, « *Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes* » ne renvoie pas ici à la facilité d'apprentissage, mais au facteur

de la performance du système. Cet item semble faire davantage référence à un système performant plutôt qu'à un système facile à s'approprier. Ensuite, concernant le deuxième facteur qui correspond à la satisfaction, nous avons l'item 15, « *L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps.* », initialement associé au facteur d'efficacité dont l'expression « *est une perte de temps* » semble être interprétée par les enfants comme une émotion d'énerverment. En effet, ce même item associé au meCUE (Minge & Riedel, 2013) est classé dans la dimension « *Émotion de l'utilisateur* » (voir **Tableau 9**). Enfin, pour le troisième facteur, qui peut être interprété comme la difficulté d'apprentissage, les items 5 « *La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail* » et 13 « *Ces systèmes sont difficiles à utiliser* » ne font pas référence à l'efficacité, mais sont davantage perçus par les élèves de CM1 et CM2 comme une complexité d'utilisation qui rend l'apprentissage difficile. Ces changements nous semblent cohérents puisqu'on retrouve les 3 aspects que constitue le concept d'utilisabilité qui englobe la performance de réalisation de la tâche, la satisfaction que procure l'utilisation du produit ou ici l'insatisfaction et la facilité avec laquelle on apprend à s'en servir.

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

Il convient toutefois de noter également que les moyennes des notes obtenues aux items sont élevées (> 3,11) pouvant poser problème quant à la sensibilité de l'échelle de mesure. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une série de facteurs sociaux et psychologiques qui influencent le choix des réponses des enfants (Read & Fine, 2005). Par exemple, les enfants ne veulent pas dire à un adulte que le système qu'ils ont construit n'est pas « *génial* ». C'est ce que l'on appelle le biais de désirabilité sociale, où les enfants ont tendance à donner des réponses socialement désirables (Oerke & Bogner, 2013). Par la suite, des études devront être menées pour vérifier son existence. Une autre explication que nous pouvons donner est que cette échelle a été utilisée avec des systèmes éprouvés, présentant une bonne utilisabilité. Il y a donc peu de problèmes avec ces systèmes et par conséquent une tendance consensuelle à les trouver « *bons* ». Il serait opportun de faire passer cette échelle sur des systèmes en cours de validation pour augmenter la variabilité des ressentis et diminuer peut-être ce consensus.

4.5 Comment utiliser le K-Uses

Tout utilisateur qui voudrait se servir de l'échelle K-Uses peut se référer à la notice d'utilisation (Annexe E : Notice d'utilisation de l'échelle K-Uses).

4.5.1 Passation

S'assurer que les enfants savent lire avant l'utilisation du K-Uses.

L'échelle d'évaluation de l'utilisabilité K-Uses a été conçue pour les enfants âgés de 9 à 11 ans, sur le principe qu'à cet âge, les enfants savent lire. Tout comme les autres échelles d'utilisabilité, le K-Uses est un outil auto-administré, ce qui signifie que les utilisateurs remplissent l'échelle seuls.

Pour s'assurer que les élèves aient bien compris ce qu'ils doivent faire, la personne qui fait passer le test peut éventuellement lire la consigne générale à voix haute. En général, la passation dure environ 5 minutes. Il est conseillé d'administrer l'échelle aussitôt après l'interaction avec le système, afin que l'évaluation de l'utilisabilité soit la plus réaliste possible.

4.5.2 Analyser et interpréter les résultats

L'échelle du K-Uses permet d'obtenir des scores pour la performance du système, l'insatisfaction et la difficulté d'apprentissage. Notez que les scores pour chaque item et le score global ne sont pas significatifs en eux même. De plus, il serait nécessaire de faire un étalonnage afin de rendre les données plus clairement interprétables. Pour l'heure, nous proposons de se baser sur les moyennes et les écarts-types pour interpréter les résultats.

Le **Tableau 14** présente la répartition des items pour chaque dimension et leur position dans l'échelle K-Uses. Il indique pour chaque item, les scores qui devront subir une inversion ou non pour le calcul d'une bonne utilisabilité.

Tableau 14 - Répartition des items par dimension et indication des scores devant être inversés ou non.

Tournure	N° Item	Items
Performance du système		
Simple	1	Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes.
Simple	7	Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail.
Simple	5	Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes.
Simple	9	Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes, aimerait s'en servir.
Simple	3	Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes.
Simple	6	Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes.
Satisfaction		
Inversé	11	J'ai détesté utiliser ces systèmes.
Inversé	13	L'utilisation de ces systèmes m'a énervé.
Inversé	12	L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps.
Facilité d'apprentissage, de prise en main		
Inversé	4	La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail.
Inversé	10	Ces systèmes sont difficiles à utiliser.
Inversé	2	Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes.
Inversé	8	J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes.

Pour calculer des scores au K-Uses :

- Pour les items 1, 3, 5, 6, 7 et 9, correspondant à la dimension « *Performance des systèmes* », le score est le résultat sur l'échelle compris entre 1 et 5, où « pas du tout d'accord » = 1, « plutôt pas d'accord » = 2, « je ne sais pas » = 3, « plutôt d'accord » = 4 et « tout à fait d'accord » = 5.
- Pour les items 2, 4, 8, 10, 11, 12 et 13, correspondant aux dimensions « *insatisfaction* » et « *difficulté d'apprentissage* », il convient d'inverser les scores pour mesurer la « *satisfaction* » et la « *facilité de prise en main* ». Les scores pour ces items sont donc transformés par la formule suivante : $(6 - \text{score})$.
- Calculer les moyennes et écarts-types pour chacune des trois dimensions :

Si la moyenne de la dimension concernée est <3, alors il y a des problèmes au niveau de la performance du système / de l'insatisfaction / des difficultés d'apprentissage, de prise en main.

Si la moyenne de la dimension concernée est égale à 3, alors soit les utilisateurs n'ont pas compris les énoncés, soit le produit remplit son objectif sans avoir d'impact négatif. Toutefois des améliorations sont possibles sur les aspects concernés pour améliorer la satisfaction avec le système interactif.

Si la moyenne de la dimension concernée est supérieure à 3, alors la performance du système est bonne / les utilisateurs sont satisfaits / les systèmes sont faciles à prendre en main.

4.6 Conclusions et perspectives

Dans ce chapitre, nous avons présenté le développement et les premiers éléments de validation de *K-Uses*, une échelle francophone sur l'utilisabilité perçue des systèmes numériques et technologiques éducatifs pour les élèves de CM1 et CM2. Cette échelle sur l'utilisabilité a été conçue en trois étapes. La première étape de création a été réalisée en faisant un inventaire des échelles d'utilisabilité existantes et l'expertise de trois évaluateurs. Ensuite, les premiers éléments de validation et la fiabilité du *K-Uses* ont été évalués à l'aide de pré-tests sur des enseignants et des élèves, et d'une analyse exploratoire avec une série d'essais sur le terrain auxquels 127 élèves ont participé.

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

5. ECO-21 : VERS UN OUTIL TANGIBLE POUR LA RÉFLEXION SUR L'ACTION

Dans les chapitres précédents, nous nous sommes consacrés à la conception des moyens et méthodes pour le développement de solutions techniques. Dans cette deuxième partie, nous nous intéressons à la conception de dispositifs facilitant le développement des compétences professionnelles en lien avec les compétences du XXI^{ème} siècle chez l'enseignant.

Ce chapitre présente la conception d'un outil tangible pensé pour soutenir la méta-réflexion. Nous partons du principe que les activités de conception participative mobilisent des compétences transversales chez les acteurs et que ces derniers ont besoin d'être outillés pour en prendre conscience. Afin de clarifier cette idée, nous allons débiter par un exposé de la problématique et des hypothèses qui sous-tendent cette étude. Dans un second temps, nous expliquerons la méthodologie employée pour y répondre. Puis, nous présenterons les différentes études réalisées pour concevoir cette échelle d'auto-évaluation. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus que nous discuterons de manière approfondie.

Ces travaux sont exploratoires et s'inscrivent dans une démarche d'ergonomie constructive (Falzon, 2013) pour accompagner les enseignants à la transformation de leurs pratiques professionnelles.

5.1 Introduction

Actuellement, il existe un déséquilibre entre ce que les employeurs attendent des salariés et les compétences présentes sur le marché (Aboubadra-Pauly & Afriat, 2019). Le travail en équipe, l'intelligence collective, savoir se servir d'outils numériques ou être à l'aise dans la conduite de projet collaboratif sont de plus en plus attendues dans notre société. De plus, face à une période constituée d'une double transition écologique et numérique (voir chapitre 1), fournir à tous les citoyens les connaissances et les compétences leur permettant de contribuer pleinement à leur société est désormais un impératif politique (Commission européenne, 2020a). L'école doit donc veiller à ce que les élèves acquièrent des capacités génériques solidement enracinées dans un ensemble organisé de connaissances appelées compétences transversales. Dans le cadre du Programme de l'OCDE pour l'évaluation internationale des compétences des adultes (PIAAC), des niveaux de compétences faibles en littératie, en numératie et en résolution de problèmes limitent fortement l'accès des individus à des emplois bien rémunérés et gratifiants (OCDE, 2016). Les enseignants ont donc besoin de développer et modéliser ces compétences transversales pour former à leur tour les élèves. Pour transmettre ces savoirs et savoir-faire à ces derniers, les enseignants ont besoin de comprendre quelles sont les activités qui permettent de les développer. Pour cela, ils ont besoin d'analyser et de porter une réflexion sur leurs pratiques.

Au cours des dernières années, plusieurs termes ont été utilisés pour qualifier ces compétences (exemples : compétences transversales, *soft skills*), mais depuis peu un consensus émerge sur le terme « compétences du XXI^{ème} siècle » (Hart & Ouellet, 2013). Depuis juillet 2013 et une actualisation en 2019, ces compétences ont été reconnues au niveau national par le gouvernement comme nécessaires aux fonctionnaires en charge de l'éducation (professeurs, conseillers principaux d'éducation, etc.) et font partie du référentiel de compétences que doivent posséder tous les enseignants ("Arrêté du 28 mai 2019 modifiant l'arrêté du 27 août 2013 fixant le cadre national des formations dispensées au sein des masters « métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation », 2019; Ministère de l'Éducation nationale, 2013).

Il semble important de soutenir cette formation. En effet, comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 1, les enquêtes nationales PROFETIC sur les usages pédagogiques du numérique ont montré dans leurs dernières éditions de 2018 sur le second degré (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2018) et de 2019 sur le premier degré (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2019), que le numérique est principalement utilisé par les enseignants pour concevoir leurs enseignements (séquences pédagogiques, supports de communication, etc.) (2nd degré : 92% et 1^{er} degré : 94%), ou en classe de manière limitée à des fonctions simples (projections, ordinateurs, etc.) (2nd degré : 55% et 1^{er} degré : 64%). Ainsi, très peu d'enseignants l'ont intégré totalement dans des activités impliquant les élèves en classe (2nd degré : 11% et 1^{er} degré : 2%). Cela soulève un écart entre ce qui est attendu dans les programmes et référentiels de compétences

et la réalité du terrain. Cet exemple témoigne des besoins encore importants en formation des enseignants vis-à-vis des compétences du XXI^{ème} siècle dont la culture numérique fait partie.

Or, comme le souligne Piaget (1974), dans son ouvrage « Réussir et comprendre », le développement des compétences passe par la conceptualisation. Il donne deux étapes dans la coordination de l'action : la coordination agie de l'action, où l'action est réussie sans être comprise ; et la coordination conceptuelle, où la compréhension de l'action vient rattraper sa réussite. Ainsi, l'action est une connaissance autonome, dont la conceptualisation n'a lieu que par prise de conscience ultérieure. Selon Perrenoud (2001), les savoirs sont souvent implicites, tacites et cachés dans l'agir. Leplat (1995) parle de « compétences incorporées » pour désigner les compétences qui s'expriment bien dans l'action, mais moins bien, voire pas du tout par le discours. Il est nécessaire de mener une réflexion sur l'action *a posteriori* pour les rendre explicites. Ce n'est pas un acte automatique. Être compétent revient à savoir faire et à savoir comprendre ce que l'on fait (Pastré, 1998). Plus récemment, dans le modèle MADDEC (Coulet, 2011, 2019), la compétence est posée comme : « *une organisation dynamique de l'activité* » (individuelle ou collective) « *mobilisée et régulée pour faire face à une tâche donnée, dans une situation déterminée* ». Elle nécessite donc, pour se construire et se renforcer, sa mobilisation autant que sa régulation. Cette dernière, construite sur la base d'expériences propres au sujet, se fonde sur l'analyse de ses activités. Elle peut permettre au sujet la prise en compte de l'écart entre les résultats qu'il anticipait et ceux qu'il obtient effectivement.

Nous partons du postulat que le Li'L@b permettrait, du fait de ses activités de conception participative, de mobiliser des compétences transversales chez les enseignants du premier et du second degré. Cependant, aucun dispositif n'a été encore mis en place pour leur permettre de prendre du recul sur leurs actions menées, de favoriser une démarche réflexive pour prendre conscience des compétences travaillées afin de pouvoir les réguler et les réinvestir en classe. Par conséquent, les enseignants peuvent réussir à concevoir des outils pédagogiques sans comprendre les compétences mises en œuvre pour le faire.

Notre objectif est de les amener à une réflexion permettant de rendre les compétences travaillées explicites. C'est la raison pour laquelle nous proposons de créer un outil qui leur permettra de les aider à analyser *a posteriori* leur pratique dans le contexte du Li'L@b et de prendre conscience des compétences transversales travaillées afin de réguler leurs stratégies et de pouvoir les réinvestir en classe avec les élèves. Plus particulièrement, cet outil permettrait aux enseignants de s'engager dans des activités métaréflexives et métafonctionnelles¹⁵.

¹⁵ Les activités métafonctionnelles correspondent à l'observation par le sujet des effets de son activité sur lui-même, de l'efficacité ou l'inefficacité de ses modes opératoires, de leur coût permet l'élaboration de ressources internes - savoirs sur soi, nouvelles procédures, stratégies- et de ressources externes - outils d'aide, adaptés à partir de l'existant ou créés.

5.1.1 L'analyse des pratiques

L'expression « analyse de pratique » est souvent mentionnée comme un moyen intéressant pour favoriser le développement des compétences. Elle englobe différents dispositifs utilisés dans le domaine de la formation au travail social ou aux métiers de l'éducation, que ce soit en formation initiale ou continue (Lagadec, 2009). Perrenoud (1998b) identifie plusieurs raisons de former les enseignants à réfléchir sur leur pratique. Par exemple, cela permet d'accroître les capacités d'innovation, de favoriser la collaboration avec les collègues, de faire face à la complexité croissante des tâches, ou encore de progresser vers une professionnalisation accrue.

Altet (2000) caractérise l'analyse des pratiques comme un concept polysémique englobant différentes conceptions théoriques, modalités de mise en œuvre et dispositifs variés. Cependant, elle repose sur des critères communs :

- C'est une démarche finalisée, orientée vers la construction de l'identité professionnelle et la professionnalisation.
- C'est une démarche collective où un membre du groupe expose sa pratique et, avec l'aide de ses pairs cherche à en élucider le sens.
- C'est une démarche accompagnée par un formateur qui intervient en tant qu'expert, en situant la pratique observée et en fournissant des repères.
- C'est une démarche qui s'appuie sur des savoirs et des outils d'analyse. Ces savoirs ont quatre dimensions : une dimension instrumentale, une dimension heuristique, une dimension de problématisation et une dimension de changement.
- C'est une démarche et un espace où se réalise l'articulation entre pratique, théorie et pratique. Elle part toujours des pratiques vécues apportées par le groupe. Les pairs questionnent, proposent des pistes d'analyse, tandis que l'accompagnateur apporte des savoirs théoriques qui deviennent des outils de lecture et de compréhension. Cependant, la parole des membres du groupe prime.

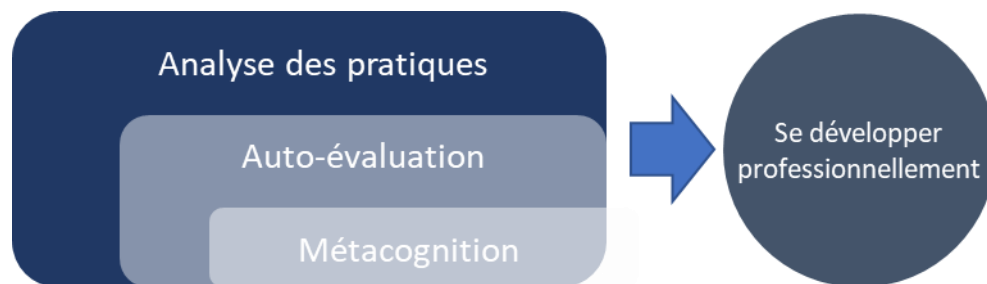
L'analyse des pratiques fait écho au concept du « *praticien réflexif* » de Schön, qui implique de considérer sa propre action comme objet de réflexion. Cela peut se faire en la comparant à un modèle prescriptif, à des alternatives possibles, à ce qu'un autre praticien aurait fait, ou encore en l'expliquant ou en la critiquant (Schön, cité dans Perrenoud, 1998a). Cet auteur distingue la réflexion sur l'action de la réflexion dans l'action sur deux critères : le moment et l'objet de la réflexion. Toutefois, Perrenoud (1998a) y voit plutôt une continuité et non une opposition. Il distingue quant à lui la réflexion sur une action singulière à celle sur une famille d'actions semblables et leur structure. Selon Perrenoud (1998b), la pratique réflexive est caractérisée par une approche méthodique, régulière, utilisant des outils, et qui

nécessite une pratique intensive et délibérée pour en voir les effets bénéfiques. Elle est également décrite comme une démarche sereine et porteuse de résultats.

Cette activité réflexive est nécessaire aux enseignants pour comprendre leur activité, pour apprendre sur eux-mêmes et pour développer de nouvelles connaissances et des stratégies efficaces pour innover (Falzon & Teiger, 1995).

La **Figure 48** illustre les différentes activités par lesquelles les enseignants peuvent passer pour se développer professionnellement et leurs liens entre elles.

Figure 48 - Schéma des activités pour se professionnaliser.



L'analyse des pratiques professionnelles repose sur l'auto-évaluation comme moyen pour comprendre ses pratiques. Cette dernière, quant à elle, passe par un processus cognitif qui s'appelle la métacognition. Celle-ci permet d'identifier ses actions mises en œuvre pour atteindre un but et les réguler si besoin.

5.1.2 L'auto-évaluation comme moyen pour comprendre ses pratiques

L'analyse de pratiques passe par un processus d'auto-évaluation. Le sujet se prend comme objet d'évaluation dans une situation particulière. Selon Saussez et Allal (2007), l'auto-évaluation implique que le sujet réalise au moins trois opérations :

- L'auto-observation de soi-même et des situations vécues : la personne examine attentivement ses actions et les situations auxquelles elle est confrontée, en explicitant et en identifiant les éléments clés de son action.
- L'auto-diagnostic : la personne interprète l'activité en attribuant du sens aux informations recueillies lors de l'auto-observation.
- L'auto-régulation : la personne ajuste son action en fonction de ses observations et de son diagnostic, en prenant des décisions sur les mesures à mettre en place pour améliorer son action.

Selon ces auteurs, il existe trois modalités d'engagement du sujet dans le processus d'évaluation :

- L'auto-évaluation, où le sujet assume seul la responsabilité de l'évaluation d'un objet (démarche, produit, projet, etc.) qu'il a lui-même généré.
- L'évaluation mutuelle, où deux ou plusieurs sujets s'évaluent mutuellement ou conjointement, en évaluant les démarches, produits, projets, etc., formulés par chacun d'entre eux.
- La coévaluation, où un dialogue s'établit autour de la confrontation entre l'auto-évaluation réalisée par le sujet et l'évaluation effectuée par le formateur sur le même objet.

Selon Campanale (1997), il existe trois formes distinctes qui peuvent se combiner ou non dans la démarche d'autoévaluation :

- La prise de recul qui consiste à évaluer les résultats obtenus en les confrontant à l'objectif final.
- La distanciation qui permet de prendre conscience de la manière dont on a procédé pour réaliser l'action évaluée.
- La décentration qui implique d'analyser et d'interpréter son action d'un point de vue différent, permettant ainsi une régulation plus approfondie.

Selon ce même auteur, pour générer un changement dans les pratiques pédagogiques, plusieurs conditions doivent être réunies :

- La présence d'un objet spécifique, tel qu'une production ou des procédures explicites, qui émane de soi-même.
- La confrontation avec le regard d'autrui et l'explicitation des références respectives.
- Aller au-delà de l'échange simple des représentations, en construisant un « modèle » qui permet de restructurer ces représentations.
- Un contexte sécurisant et valorisant, puisque le sujet est émotionnellement impliqué.

L'auto-évaluation, étant étroitement liée à l'autorégulation, joue un rôle essentiel dans la transformation et l'amélioration des pratiques. Elle agit comme un levier pour prendre conscience, expliciter et réorganiser les cadres de référence (Paquay, 2013). En effet, elle permet de réfléchir sur ses propres actions, de prendre du recul et d'identifier des pistes d'amélioration, favorisant ainsi un processus de développement professionnel.

5.1.3 La métacognition comme processus d'auto-évaluation

Flavell (1976) définit la métacognition comme « *la connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs et de leurs produits ou de ce qui leur est relié, par exemple, les propriétés différentes des informations ou des données pertinentes pour leur apprentissage. La métacognition se rapporte, entre autres choses, au contrôle actif, à la*

régulation et à l'orchestration de ces processus en fonction des objets cognitifs et des données sur lesquelles ils portent, habituellement pour servir un objectif ou un but concret. » La métacognition repose sur la connaissance de sa cognition et la régulation de cette connaissance.

À l'intérieur de la métacognition, l'auteur distingue d'une part les expériences métacognitives, c'est-à-dire le sentiment d'avoir ou de ne pas avoir acquis un certain niveau de connaissance ; d'autre part les connaissances métacognitives, c'est-à-dire les connaissances qu'un sujet a de ses propres processus cognitifs.

Selon Flavell (1979), la métacognition englobe deux types de processus. D'une part, elle engendre des métaconnaissances qui concernent trois aspects de l'activité : la manière dont une personne se positionne vis-à-vis de l'activité en cours, les caractéristiques de la tâche à accomplir et l'utilisation de stratégies pour mener à bien cette tâche. D'autre part, elle engendre des régulations métacognitives qui se manifestent à travers trois fonctions : l'anticipation (ou la planification) des actions à entreprendre, l'ajustement (ou la régulation) des actions en cours et le contrôle (ou le monitoring ou l'évaluation) des activités nécessaires pour accomplir la tâche.

Brown (cité dans Quiles, 2014), dans son modèle, s'appuie essentiellement sur le versant « régulation » des processus cognitifs de la métacognition. Son modèle est particulièrement adapté à une approche centrée sur « le fonctionnement de la métacognition en situation d'apprentissage ». Il s'intéresse à l'usage que fait l'individu de ces connaissances. Il distingue trois types de connaissances :

- Les connaissances déclaratives appliquées sur soi et sur les facteurs qui influencent ses propres performances, savoir quand et ce que l'on sait,
- Les connaissances procédurales (connaissances des procédures à suivre pour réaliser une action concrète),
- Les connaissances conditionnelles permettant de savoir quand et pourquoi appliquer différentes actions cognitives.

Il décline la métacognition en trois étapes :

- Le processus métacognitif correspond à la prise de conscience des activités cognitives,
- Le jugement métacognitif correspond au jugement que le sujet va porter sur son activité cognitive,
- La décision métacognitive correspond à la prise de décision de modifier ou non l'activité cognitive en fonction du résultat du jugement cognitif.

5.1.3.1 Synthèse

Au cours des années, les enseignants ont eu à faire face à divers changements qui complexifient leur activité professionnelle, tels que l'intégration des outils numériques dans leurs pratiques, soulignée tout au long de cet écrit, mais aussi d'autres facteurs, tels que la prise en compte de la diversité des publics dans leur enseignement, notamment, depuis la [loi du 11 février 2005](#) ("Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté

des personnes handicapées," 2005). Cela suppose un changement du rapport au savoir. Désormais, l'institution n'attend plus uniquement une transmission des savoirs de la part des enseignants, mais plutôt un véritable accompagnement de l'enfant ou de l'adolescent dans son éducation, où l'accès aux savoirs représente une composante essentielle du développement de l'individu et du citoyen (Duquesne-Belfais, 2008). De plus, l'enseignant, qui a pour habitude de travailler seul (Direction de l'évaluation, 2014a), doit travailler de plus en plus en équipe pour pouvoir accompagner au mieux les élèves. Afin de gérer ces situations, l'institution attend d'eux qu'ils soient des professionnels compétents, c'est-à-dire de pouvoir mettre en œuvre leurs compétences de façon pertinente afin de s'adapter à n'importe quelle situation et répondre aux objectifs.

Pour se développer professionnellement, il est nécessaire que les enseignants puissent analyser leurs pratiques pendant ou après l'activité. Dans notre contexte, il est donc pertinent de leur fournir des outils réflexifs et des moments dédiés à une prise de recul sur leurs actions. En effet, l'auto-évaluation constitue un outil et un moment propice pour que les enseignants puissent comprendre et analyser leurs activités. Ce moyen peut leur permettre de prendre conscience des compétences et connaissances mises en œuvre dans une activité et de réguler leurs actions par la suite en fonction du résultat de cette évaluation. Ce processus désigne la métacognition. Cette dernière regroupe les métaconnaissances et les régulations métacognitives.

Perrenoud (1996) définit l'analyse des pratiques comme une activité partiellement instrumentée. Or dans le cadre de tiers-lieux éducatifs, et bien qu'il existe de nombreux outils dans le champ de l'ergonomie et de l'éducation, il n'existe pas ou peu d'outils (Gourlet & Dassé, 2017) spécifiquement conçus pour permettre aux personnes un temps de prise de recul sur leurs activités de conception participative.

5.1.3.2 Les outils favorisant la métaréflexion

Falzon (1994) a introduit le concept d'activité métafonctionnelle pour décrire une pratique réflexive sur le lieu de travail. Celle pratique vise à transformer l'opérateur lui-même ou son environnement de travail (Falzon & Teiger, 1995). Les activités métafonctionnelles sont définies comme des activités qui ne sont pas directement orientées vers une production immédiate. Elles consistent en la construction de connaissances ou d'outils (tant matériels que cognitifs) qui peuvent être utilisés ultérieurement. L'objectif de ces activités est de faciliter l'exécution de la tâche ou d'améliorer les performances.

L'auteur distingue trois classes d'outils pouvant être mis en place pour assister les activités métafonctionnelles :

- *Les outils organisationnels* : ils visent à favoriser l'élaboration des savoirs techniques, par exploitation des cas passés ou des cas en cours de traitement.

- *Les outils cognitifs* : ils visent à fournir aux opérateurs des connaissances ou des structures de pensée leur facilitant un travail sur leur propre savoir.
- *Les outils technologiques* : ils visent à gérer les connaissances capitalisées.

Dans la continuité de ces travaux, nous proposons dans un premier temps de créer un outil original qui soit à la fois organisationnel et cognitif, dans le but de soutenir les activités métafonctionnelles associées aux activités de conception participative mises en œuvre au sein du Li'L@b. À terme, il sera également technologique.

Dans le but de fournir aux enseignants des outils favorisant la métaréflexion, nous avons identifié plusieurs outils et techniques existants.

Paquay et Sirota (2001) reprennent des dispositifs et des outils existants pour susciter la démarche réflexive de professionnels de l'éducation ou de futurs professionnels tels que :

- l'entretien d'explicitation mis au point par Pierre Vermersch (1994),
- les ateliers de praxéologie conçus par Yves Saint-Arnaud (1995) qui consistent à s'entraider, à plusieurs, à rendre leur action consciente, autonome et efficace
- les écrits réflexifs, tels que les récits biographiques (Kelchtermans, 2001), les séminaires d'analyse de pratique (Cifali, 2001), les écrits demandés aux étudiants pour faire état de leurs pratiques de terrain, tels que les « journaux de bord » et les « rapports de stage » demandés aux futurs professionnels (Proulx et al., 2012),
- l'« entretien de décryptage » étudié par Nadine Faingold (2011),
- le « test d'efficacité personnelle » proposé par Saint-Arnaud (2003),
- l'instruction au sosie (Dionne et al., 2019), etc.

Mollo et Nascimento (2013) citent des techniques utilisées en ergonomie pour susciter une démarche réflexive comme :

- l'auto-confrontation individuelle,
- l'allo-confrontation,
- la confrontation collective.

Romero (2004) distingue quatre outils qui favoriseraient la métacognition à l'intérieur d'un EIAH pour la formation à distance :

- le journal de formation (Blakey & Spence, 1990),
- les outils de modélisation (par exemple l'environnement de modélisation *Models Creator* (Komis et al., cités dans Lombardo & Dumas, 2006),
- la fonctionnalité historique (par exemple, l'environnement ESSAIM de Després et Leroux (2003) permet à l'apprenant un suivi détaillé de ses actions),
- les outils d'auto-évaluation : par exemple l'utilisation de QCM et d'autres exercices d'auto-évaluation peuvent aider l'apprenant dans la prise de conscience de son activité et son niveau de connaissances. Labat (2002) propose des QCM améliorés permettant à l'apprenant de réfléchir sur son niveau de cognition et ses erreurs, par le biais de méta-informations rajoutées au questionnaire.

Mariné et Huet (1998) distinguent plusieurs techniques d'évaluation de la métacognition, telles que :

- les techniques verbales (par exemple : l'entretien dirigé et le questionnaire à choix de réponses),
- les techniques verbales avec support (par exemple : Cornoldi et al. (cités dans Mariné & Huet, 1998) ont conçu une technique d'expression verbale s'appuyant sur la présentation d'une courte histoire (un prince qui doit, pour délivrer une princesse, mémoriser un ensemble d'actions à réaliser après un long voyage) ou encore Lyon et Flavell (cités dans Mariné & Huet, 1998) utilisent des personnages et objets miniatures comme support à une histoire racontée par l'expérimentateur),
- les techniques non verbales (il s'agit des techniques de comparaison d'images).

Les avantages de ces méthodes résident dans le fait qu'elles permettent aux interviewés d'obtenir des éclaircissements sur la manière dont ils ont réalisé une tâche après l'avoir vécue. Elles leur permettent aussi de prendre conscience des stratégies engagées pour faire la tâche et de pouvoir les réguler si besoin. Les techniques peuvent utiliser des questions faisant référence à l'action (par exemple : l'entretien d'explicitation), ou le regard d'autrui, telles que l'allo-confrontation qui consiste à demander à un sujet de verbaliser une activité qu'il pratique, mais qui n'est pas la sienne. Cette technique permet un changement de représentation du sujet qui est mis en position de distance par rapport à son activité. Elle permet la découverte des connaissances d'autrui et conduit le sujet à prendre conscience de son activité au regard de celle-ci, mais aussi induit l'évaluation et la justification de ses propres procédures, ou encore construit de nouvelles connaissances (Mollo & Nascimento, 2013). L'intervention d'autrui facilite la dissociation sujet-objet et nourrit le dialogue de soi à soi dans lequel s'exprime l'auto-évaluation (Campanale, 1997). Les techniques peuvent avoir aussi recours à l'écriture (par exemple : le journal de bord). L'écriture est considérée comme une technique intellectuelle puissante, permettant à la fois de conserver des pans entiers de discours, mais aussi de les manipuler et de les réorganiser *a posteriori*, rendant possible la décentration nécessaire à la métacognition et au déploiement de la pensée analytique (Goody, cité dans Peltier & Peraya, 2012).

Toutefois, les diverses méthodes d'entretien nécessitent un savoir-faire pour les appliquer, du temps et des moyens humains qui ne sont pas suffisants pour être mis en œuvre en aval des séances de co-conception. De leur côté, les échelles de Likert, également très utilisées dans les projets de recherche en sciences sociales et sur les attitudes, permettent de s'auto-évaluer sur des dimensions précises (par exemple : le questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire (QAM) (Van der Linden et al., 1989) ; l'échelle de l'estime de soi (ESS)(Ross, 2006), etc.). L'avantage de ce type de technique est qu'elle est rapide à mettre en place et à faire passer. Des échanges constructifs en groupe et avec un formateur pour interpréter leurs résultats pourraient être envisagés en complément.

5.1.4 Bilan

5.1.4.1 Synthèse

Le métier d'enseignant, devenant de plus en plus complexe, nécessite, de la part des enseignants, une remise en question constante de leurs pratiques professionnelles, afin de se développer professionnellement. Dans le champ de l'éducation, nous avons vu que l'analyse des pratiques professionnelles peut reposer sur l'auto-évaluation comme moyen pour comprendre et analyser ses pratiques. Cette dernière passe par un processus cognitif qui s'appelle la métacognition. C'est un processus qui permet d'identifier ses actions mises en œuvre pour atteindre un but et les réguler si besoin.

Nous partons du postulat que le Li'L@b permettrait, du fait de ses activités de conception participative, de mobiliser des compétences transversales, chez les enseignants du premier et du second degré, nécessaires à l'exercice de leur métier et nécessaires aux élèves. Il est donc important qu'ils en prennent conscience. N'existant pas ou très peu d'outils de ce genre dans le cadre de tiers-lieux, nous avons fait un inventaire des outils existants dans le domaine de l'ergonomie et de l'éducation permettant de soutenir l'analyse des pratiques. Cependant, en l'absence d'outils adaptés à ce contexte, nous choisissons d'en concevoir un qui permettra aux enseignants de privilégier des temps pour analyser *a posteriori* leurs activités dans le contexte du Li'L@b et de prendre conscience des compétences transversales travaillées afin de réguler leurs stratégies et de pouvoir les réinvestir en classe avec les élèves.

5.1.4.2 Choix pour la conception

Choix d'utiliser une échelle de Likert.

Dans le cadre d'activités de conception participative réalisées au sein d'un tiers-lieu, nous souhaitons mettre en place un temps dédié aux enseignants et un outil pour favoriser l'analyse de pratiques. En l'absence d'outils adaptés à ce contexte, nous avons décidé de créer une échelle de mesure sous la forme d'une échelle de Likert. Cette dernière est très souvent utilisée dans les sciences sociales (Croasmun & Ostrom, 2011). Elle est l'échelle psychométrique la plus couramment utilisée parmi les mesures psychologiques qui nécessitent une auto-évaluation (Wakita, Ueshima, & Noguchi, 2012), mais elle est également très critiquée (Norman, 2010).

Choix d'utiliser les potentialités du tangible.

Dans notre cas, elle est intéressante pour sa simplicité, sa facilité d'utilisation et pour sa rapidité de mise en place. Toutefois, pour pallier les biais de réponses, tels que les automatismes, et à la lassitude que peuvent ressentir les sujets en remplissant les questionnaires, nous envisageons de rendre tangible l'échelle de mesure. Les objets tangibles peuvent encourager la réflexion, la prise d'initiatives et les actions (Manches et al., 2010). Ainsi, pour répondre à cette problématique, nous avons développé un outil d'auto-évaluation tangible favorisant la métaréflexion.

Tout d'abord, nous développons la méthodologie employée pour construire l'échelle de mesure. Après, nous exposons les modèles référentiels sur lesquels nous avons basé le contenu de l'échelle. Nous présentons ensuite une première étude psychométrique qui vise à valider le contenu de l'échelle. Puis, nous explicitons les différents éléments clés retenus pour constituer notre échelle. Après avoir présenté le premier prototype, nous détaillons deux études visant à tester l'utilisabilité de l'échelle auprès des utilisateurs cibles et la réflexion engagée sur des actions réalisées et des compétences transversales visées. Enfin, nous énonçons les résultats obtenus que nous discutons de manière approfondie.

5.2 Construction de l'échelle

1^{er} objectif d'ECO-21 : Prise de conscience des compétences transversales du XXI^{ème} siècle, mobilisées à travers des activités de co-conception chez les enseignants.

Notre objectif est de créer un outil tangible et cognitif qui déclenche la réflexion sur l'action. Cet artefact doit permettre d'assister les enseignants dans leurs activités métafonctionnelles par l'auto-analyse de leur activité. Ceci dans le but de transformer l'opérateur et son travail. Cet outil viendrait à être utilisé après avoir réalisé des activités de conception participative.

Cet outil que nous nommerons ECo-21 (pour Évaluation des Compétences pour le XXI^{ème} siècle) vise à :

- Faire prendre conscience aux enseignants que des compétences transversales sont mobilisées au travers des activités au sein du Li'L@b, plus spécifiquement lors des activités de conception participative,
- Les aider à engager un processus de métacognition en les faisant se questionner sur les activités vécues et la diversité des compétences associées.

2^{ème} objectif d'ECO-21 : Favoriser l'engagement des enseignants dans un processus de métacognition.

Pour construire ECo-21, nous avons pratiqué un processus itératif de conception centrée sur l'utilisateur (ISO 9241-210.5.1, 2019), précédé d'un travail de sélection des différentes compétences à cibler pour que le travail réflexif puisse contribuer à la consolidation voire l'augmentation des compétences des enseignants.

5.2.1 Sélection des compétences

Référentiel des compétences professionnelles des enseignants.

Comme cité précédemment pour le milieu de l'enseignement, il existe déjà un référentiel de compétences professionnelles que tous les enseignants se doivent de maîtriser pour l'exercice de leur métier (Ministère de l'Éducation nationale, 2013). Ce référentiel comprend :

- Des compétences communes à tous les professeurs et personnels d'éducation,
- Des compétences communes à tous les professeurs et spécifiques aux professeurs documentalistes,

- Des compétences professionnelles spécifiques aux conseillers principaux d'éducation.

Sélection de 4 compétences :
le numérique, la coopération, le développement professionnel et l'inclusion.

Dans le but de répondre au mieux aux réalités professionnelles, nous en avons identifié 4 parmi ces compétences, détaillées dans le **Tableau 15**. Celles-ci sont mobilisables en conception participative, alors que les autres sont plus spécifiques aux pratiques professionnelles en classe.

Tableau 15 - Présentation des 4 compétences sélectionnées à partir du référentiel de compétences commun à tous les professeurs et des composantes associées.

Compétences	Composantes
Intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques, en particulier pour permettre l'individualisation des apprentissages et développer les apprentissages collaboratifs.
	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière critique et créative.
	Participer à l'éducation des élèves à un usage responsable d'Internet.
	Utiliser efficacement les technologies pour échanger et se former.
Coopérer au sein d'une équipe	Inscrire son intervention dans un cadre collectif, au service de la complémentarité et de la continuité des enseignements comme des actions éducatives.
	Collaborer à la définition des objectifs et à leur évaluation.
	Participer à la conception et à la mise en œuvre de projets collectifs, notamment, en coopération avec les psychologues scolaires ou les conseillers d'orientation psychologues, le parcours d'information et d'orientation proposé à tous les élèves.
S'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel	Compléter et actualiser ses connaissances scientifiques, didactiques et pédagogiques.
	Se tenir informé des acquis de la recherche afin de pouvoir s'engager dans des projets et des démarches d'innovation pédagogique visant à l'amélioration des pratiques.
	Réfléchir sur sa pratique - seul et entre pairs - et réinvestir les résultats de sa réflexion dans l'action.
	Identifier ses besoins de formation et mettre en œuvre les moyens de développer ses compétences en utilisant les ressources disponibles.
Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves	Savoir préparer les séquences de classe et, pour cela, définir des programmations et des progressions ; identifier les objectifs, contenus, dispositifs, obstacles didactiques, stratégies d'étayage, modalités d'entraînement et d'évaluation.
	Différencier son enseignement en fonction des rythmes d'apprentissage et des besoins de chacun. Adapter son enseignement aux élèves à besoins éducatifs particuliers.
	Prendre en compte les préalables et les représentations sociales (genre, origine ethnique, socio-économique et culturelle) pour traiter les difficultés éventuelles dans l'accès aux connaissances.
	Sélectionner des approches didactiques appropriées au développement des compétences visées.
	Favoriser l'intégration de compétences transversales (créativité, responsabilité, collaboration) et le transfert des apprentissages par des démarches appropriées.

Dans une démarche de conception participative, l'utilisateur est amené à concevoir avec d'autres personnes, donc à coopérer pour innover. De plus, une des phases de la CCU consiste à identifier les utilisateurs et le contexte d'utilisation. Cette étape peut être idéale pour intégrer la diversité des élèves. Dans l'approche du Li'L@b, les outils numériques sont un moyen pour concevoir (e.g. découpeuse laser, imprimante 3D, logiciel de dessin vectoriel, etc.) et/ou constituent le produit final conçu. Enfin, contribuer au développement professionnel constitue la mission principale de Réseau Canopé. Ces compétences peuvent être mobilisables dans ce cadre, mais elles devront être appuyées par la mise en place de situations propices à leur développement par les concepteurs.

Chaque compétence du référentiel, présentée dans le tableau, est accompagnée d'items qui en détaillent les composantes et en précisent le champ. Par exemple : la compétence « Intégrer les éléments à la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier » est associée dans le référentiel à plusieurs composantes comme celle de : « Participer à l'éducation des élèves à un usage responsable d'Internet. » par exemple. Les items ne constituent donc pas une somme de prescriptions, mais différentes mises en œuvre possibles d'une compétence dans des situations diverses liées à l'exercice des métiers.

Comme mentionné dans le chapitre 1 (voir section 1.2.2), pour définir l'ensemble des compétences à considérer dans les systèmes éducatifs, des organisations ont tenté d'établir des cadres référentiels, tels que P21, En Gauge, ATCS, OCDE, NETS/ISTE, NAEP, EU et UNESCO (Voogt & Roblin, 2012). En 2017, sur la base de la méta-analyse des compétences identifiées par Voogt et Roblin (2012) et en tenant compte des compétences transversales du PFEQ, Margarida Romero (2017) a construit un modèle français regroupant 5 compétences clés pour le XXI^{ème} siècle, nommé #5c21. Ces compétences et les composantes qui y sont associées sont détaillées dans le **Tableau 16**.

Ces travaux sont particulièrement intéressants parce qu'ils abordent les défis techno-créatifs pour développer ces compétences. Le modèle est récent et francophone. Il s'appuie sur des cadres référentiels internationaux et est diffusé dans la communauté. Pour ces différentes raisons, nous avons également sélectionné les 5 compétences de ce modèle pour notre échelle de mesure.

Les compétences transversales du modèle #5C21.

Tableau 16 - Présentation des compétences et composantes du modèle #5c21 (Romero, 2017)

Compétences	Composantes
La pensée critique	Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre.
	Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.
	Me positionner par rapport à une idée ou à une œuvre.
La collaboration	Identifier la situation-problème et définir, en équipe, un objectif commun.
	Établir et maintenir une compréhension et une organisation partagée.
	Développer une compréhension des savoirs, compétences, forces et limitations des autres membres de l'équipe pour organiser les tâches envers l'objectif commun.
	Savoir gérer les difficultés du travail en équipe dans le respect et la recherche de solutions.
La créativité	Explorer une variété de solutions nouvelles.
	Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative.
	Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème.
La résolution de problème	Analyser les éléments de la situation.
	Explorer une variété de solutions et s'engager dans une solution efficace en tenant compte du contexte de la situation problème.
	Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple.
La pensée informatique	Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)
	Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)
	Comprendre la logique d'un algorithme (littératie numérique)
	Capacité à créer un programme informatique (programmation)
	Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)
	Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)

Pour désigner les compétences du référentiel des compétences professionnelles des enseignants et celles du modèle #5c21, nous les nommerons respectivement les compétences professionnelles et les compétences transversales.

Après avoir sélectionné les compétences et leurs composantes, nous avons transformé les items qui contenaient des phrases complexes, c'est-à-dire avec plusieurs propositions, en phrases simples, c'est-à-dire avec une proposition (voir **Tableau 17** pour les composantes des compétences professionnelles et **Tableau 18** pour celles des compétences transversales). De cette façon, chaque item doit exprimer une seule idée. Ainsi pour les compétences professionnelles, on obtient 29 items et pour les compétences transversales, 22 items.

Tableau 17 - Découpage des items en une proposition pour les compétences professionnelles.

Compétences professionnelles	N°	Composantes
Intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier	1	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour permettre l'individualisation des apprentissages.
	2	Utiliser efficacement les technologies pour échanger.
	3	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière créative.
	4	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour développer les apprentissages collaboratifs.
	5	Participer à l'éducation des élèves à un usage responsable d'Internet.
	6	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière critique.
	7	Utiliser efficacement les technologies pour se former.
Coopérer au sein d'une équipe	8	Collaborer à l'évaluation des objectifs.
	9	Collaborer à la définition des objectifs.
	10	Inscrire son intervention dans un cadre collectif, au service de la complémentarité et de la continuité des enseignements comme des actions éducatives.
	11	Participer à la conception de projets collectifs.
	12	Participer à la mise en œuvre de projets collectifs.
S'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel	13	Compléter et actualiser ses connaissances scientifiques
	14	Compléter et actualiser ses connaissances didactiques
	15	Compléter et actualiser ses connaissances pédagogiques
	16	Réfléchir sur sa pratique seul.
	17	Réfléchir sur sa pratique entre pairs.
	18	Réinvestir les résultats de sa réflexion dans l'action.
	19	Identifier ses besoins de formation
	20	Mettre en œuvre les moyens de développer ses compétences en utilisant les ressources disponibles.
	21	Se tenir informé des acquis de la recherche afin de pouvoir s'engager dans des projets et des démarches d'innovation pédagogique visant à l'amélioration des pratiques.
Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves	22	Favoriser l'intégration de compétences transversales.
	23	Favoriser le transfert des apprentissages par des démarches appropriées
	24	Sélectionner des approches didactiques appropriées au développement des compétences visées.
	25	Savoir préparer les séquences de classe et, pour cela, définir des programmations et des progressions ; identifier les objectifs, contenus, dispositifs, obstacles didactiques, stratégies d'étayage, modalités d'entraînement et d'évaluation.
	26	Différencier son enseignement en fonction des rythmes d'apprentissage.
	27	Prendre en compte les préalables et les représentations sociales (genre, origine ethnique, socio-économique et culturelle) pour traiter les difficultés éventuelles dans l'accès aux connaissances.
	28	Adapter son enseignement aux élèves à besoins éducatifs particuliers.
	29	Différencier son enseignement en fonction des besoins de chacun.

Tableau 18 - Découpage des items en une proposition pour les compétences transversales.

Compétences transversales	N°	Composantes
La pensée critique	1	Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre.
	2	Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.
	3	Me positionner par rapport à une idée ou à une œuvre.
La collaboration	4	Définir en équipe un objectif commun.
	5	Identifier la situation-problème en équipe.
	6	Établir et maintenir une organisation partagée.
	7	Établir et maintenir une compréhension partagée.
	8	Développer une compréhension des savoirs, compétences, forces et limitations des autres membres de l'équipe pour organiser les tâches envers l'objectif commun.
La créativité	9	Savoir gérer les difficultés du travail en équipe dans le respect et la recherche de solutions.
	10	Explorer une variété de solutions nouvelles.
	11	Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative.
La résolution de problème	12	Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème.
	13	Analyser les éléments de la situation.
	14	Explorer une variété de solutions.
	15	M'engager dans une solution efficace en tenant compte du contexte de la situation problème.
La pensée informatique	16	Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple.
	17	Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)
	18	Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)
	19	Comprendre la logique d'un algorithme (littératie numérique)
	20	Capacité à créer un programme informatique (programmation)
	21	Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)
	22	Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)

Nous devons donc maintenant vérifier que les items soient bien représentatifs des compétences qui leur sont associées. Pour cela, nous avons étudié la validité de contenu de l'échelle.

5.2.2 Validité de contenu

5.2.2.1 Contexte

Vérifier la validité de contenu.

Cette première étude a pour objectif d'établir la validité de contenu de l'échelle. En psychométrie, on emploie ces termes pour désigner la pertinence et la représentativité des items qui composent l'échelle au regard du ou des construits mesurés et de leurs différentes facettes (Rolland, 2006). La validité de contenu résulte de l'appréciation par des juges compétents qui étudient chaque item dans

l'échelle afin de voir s'il explore au moins une dimension du phénomène mesuré (Degryse, 2009). Elle est calculée sur la base de coefficients d'accord inter-juges et d'analyses factorielles.

5.2.2.2 Méthodologie

a) *Participants*

3 experts du développement professionnel.

Pour vérifier la validité de contenu d'EC0-21, nous avons soumis les composantes de l'échelle au jugement de trois experts du développement professionnel. Cet échantillon d'experts est présenté dans le **Tableau 19**. Il est composé de 2 femmes et 1 homme dont le niveau d'étude est supérieur ou égal à 5 ans après le baccalauréat.

Tableau 19 - *Caractéristiques personnelles des experts*

Juge	Sexe	Âge	Profession	Années d'expérience dans le métier	Leur rapport avec le développement professionnel et le développement de compétences	Public cible
1	Femme	42 ans	Docteur en Sciences de l'éducation, chercheuse associée au LISEC, ingénieure d'étude à l'UL	10 ans d'enseignements	<ul style="list-style-type: none"> - Rédaction d'un mémoire sur le développement de compétences collectives. - Accompagnatrice du bilan de compétences. - Intérêt pour la professionnalisation - Centrée plus sur les compétences que sur les connaissances. 	Étudiants en sciences de l'éducation et des adultes qui veulent devenir formateur.
2	Homme	67 ans	Enseignant-chercheur en sciences de l'éducation	30 ans	<ul style="list-style-type: none"> - C'est à la fois un domaine de recherche et un domaine d'enseignement. - Le développement professionnel occupe une place centrale dans la didactique professionnelle. 	Adultes formateurs, responsables de formation, personnes qui ont la formation comme objet de travail.
3	Femme	41 ans	Médiatrice numérique en éducation Réseau Canopé	1 ans et demi chez Réseau Canopé et 16 ans d'enseignements	<ul style="list-style-type: none"> - Diplôme d'enseignante. - Rectorat PAF, réfléchir à ses pratiques. - Se forme et forme depuis qu'elle est chez Réseau Canopé. 	Enseignants.

Ces derniers ont un lien étroit avec le développement professionnel et la formation qui occupent une place essentielle dans leur métier. Ils travaillent tous dans le domaine des sciences de l'éducation. Deux d'entre eux font partie du laboratoire

interuniversitaire des sciences de l'éducation et de la communication (LISEC) et la dernière dépend de Réseau Canopé. Généralement, ils dispensent des formations aux adultes tels que des enseignants, des étudiants, ou encore des personnes qui veulent devenir formateurs ou qui ont la formation pour objet de travail. Ils ne connaissent pas ou de manière peu approfondie le référentiel de compétences commun à tous les professeurs et le modèle #5c21 (Romero, 2017). Enfin, ils n'ont jamais vu l'outil de mesure auparavant.

b) Procédure

Les séances avec les experts se sont déroulées individuellement et ont duré chacun en moyenne 60 minutes. Pour commencer, après avoir exposé à l'oral les objectifs et les principes de ces sessions, les experts ont rempli une feuille de consentement éclairé sur la participation et rétrocession de droits à l'utilisation de leur voix.

Collecter les informations personnelles.

La première partie de l'entretien avait pour objectif de collecter les informations servant à identifier leur profil, à confirmer leurs compréhension et expérience dans le domaine de la formation et des compétences.

Établir la validité de contenu : les experts doivent classer des composantes en fonction de la compétence qui la représente.

Dans un second temps, les experts étaient amenés à classer, à l'aide d'un tableur à double entrée, les composantes en fonction de la compétence qui la représente. Ceci, dans le but de vérifier que le test couvre, à partir de l'ensemble des composantes posées, les compétences que l'on veut évaluer. Cette étape correspond à l'établissement de la validité de contenu. Ils devaient réaliser cette tâche pour les deux référentiels de compétences. Afin que les experts perçoivent la même signification des compétences, ils avaient la possibilité de se référer aux définitions des compétences qui leur étaient soumises (voir **Tableau 20**). Aucune composante ne devait être laissée seule. Ainsi, un choix devait obligatoirement être fait.

Tableau 20 - Définitions des compétences en fonction du modèle de référence.

Modèle de compétences	Compétence	Définition
Référentiel des compétences commun à tous les professeurs	Intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier	La capacité à identifier, sélectionner, savoir utiliser et réinvestir les ressources numériques les plus appropriées à son activité pédagogique améliorant l'implication individuelle et collective des apprenants dans leurs apprentissages.
	Coopérer au sein d'une équipe	La capacité de travailler de manière coordonnée à des tâches nécessaires à l'exercice de son métier avec divers acteurs dans un objectif commun.
	S'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel	La capacité à ajuster sa pratique à partir des liens établis entre des situations professionnelles vécues et observées, et des savoirs théoriques.
	Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves	La capacité à traduire les objectifs, les contenus d'enseignement et les exigences du socle en activités réalisables pour les élèves.
#5c21	La pensée critique	La capacité de développer une réflexion critique indépendante. Elle permet d'analyser des idées, des connaissances et des processus en lien à un système de valeurs et de jugements propres.
	La collaboration	La capacité de travailler de manière coordonnée avec plusieurs personnes dans un objectif commun.
	La créativité	Processus de conception d'une solution jugée nouvelle, innovante et pertinente pour répondre à une situation problème.
	La résolution de problème	La capacité d'identifier une situation problème pour laquelle le processus et la solution ne sont pas connus d'avance, de déterminer une solution, de la construire et de la mettre en œuvre de manière efficace.
	La pensée informatique	Un ensemble de stratégies de pensée cognitive et métacognitive liées à la modélisation de connaissances et de processus, à l'abstraction, à l'algorithmique et à l'identification, la décomposition et l'organisation de structures complexes et de suites logiques.

Enfin, dans une dernière étape, les experts devaient expliciter leur choix à l'oral en reprenant le tableur. Cette activité était enregistrée en audio. Elle a duré 17 minutes en moyenne.

5.2.2.3 Analyse

Technique d'accord inter-juges basée sur l'approche du PRL.

La technique d'accord inter-juge basée sur l'approche du *Proportional reduction in loss* (PRL) de Rust et Cooil (1994) a été choisie pour vérifier la validité de contenu. Cette technique peut s'effectuer sur des données qualitatives où plusieurs juges codent plusieurs éléments. Celle-ci permet d'évaluer s'il existe un degré d'accord suffisamment élevé entre les jugements des trois experts. Le calcul du coefficient repose, comme son nom l'indique, sur la réduction proportionnelle de la perte. Ce coefficient varie entre 0 et 1 et se construit à partir du nombre de dimensions, du nombre de juges et de la proportion d'accords inter-juges.

Il s'avère que la mesure PRL généralise le coefficient alpha de Cronbach et la mesure de Perreault et Leigh. Ainsi, les auteurs Rust et Cooil (1994) reprennent les règles données par Nunnally (1978, p.245-246) pour juger de la fidélité de la mesure. Cet auteur recommande deux normes pour des valeurs acceptables, une norme minimale de 0,70 pour les travaux exploratoires et une norme plus stricte de 0,90 pour les pratiques avancées.

Nos travaux étant plutôt exploratoires, nous nous basons de ce fait sur la règle empirique qui consiste à avoir une valeur supérieure à .70 pour avoir une valeur de fidélité acceptable. Ainsi, nous présentons les résultats concernant la fidélité du PRL et les modifications des associations « composante-compétence » que cela implique dans le développement du contenu de l'échelle. Ceci pour les compétences transversales tirées du modèle #5c21 (Romero, 2017) d'une part et ceci pour les compétences professionnelles choisies à partir du référentiel de compétences commun à tous les professeurs d'autre part (Ministère de l'Éducation nationale, 2013).

5.2.2.4 Résultats

a) **Résultats pour les compétences transversales**

Fidélité du PRL

Le **Tableau 21** présente le jugement des trois experts sur la représentativité des composantes en fonction des compétences transversales. Par exemple, le troisième juge associe la composante « *Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre* » à la résolution de problème (RP). Les deux autres experts identifient cette même composante à la pensée critique (PC). Il y a donc un consensus sur la pensée critique (PC). On compte donc une paire d'accords entre le juge 1 et le juge 2 sur 3 paires.

Tableau 21 - Jugements qualitatifs des trois experts sur les compétences transversales.

Note : les catégories « Comp. » = Compétences et « Cons. » = Consensus.

* PC = « la pensée critique », CO = « la collaboration », CR = « la créativité », RP = « la résolution de problème », PI = « la pensée informatique ».

Comp.	Composantes	Juges			Cons.	Accords entre			Accords Totaux
		1	2	3		1 et 2	1 et 3	2 et 3	
PC	Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre.	PC*	PC	RP*	PC	1	0	0	1
	Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.	PC	RP	CR*	0	0	0	0	0
	Me positionner par rapport à une idée ou à une œuvre.	PC	PC	PC	PC	1	1	1	3
CO	Définir en équipe un objectif commun.	RP	CO*	CO	CO	0	0	1	1
	Identifier la situation-problème en équipe.	RP	CO	RP	RP	0	1	0	1
	Établir et maintenir une organisation partagée.	CO	CO	CO	CO	1	1	1	3
	Établir et maintenir une compréhension partagée.	CO	CO	CO	CO	1	1	1	3
	Développer une compréhension des savoirs, compétences, forces et limitations des autres membres de l'équipe pour organiser les tâches envers l'objectif commun.	CO	CO	CO	CO	1	1	1	3
	Savoir gérer les difficultés du travail en équipe dans le respect et la recherche de solutions.	CO	CO	CO	CO	1	1	1	3
CR	Explorer une variété de solutions nouvelles.	PI*	CR	CR	CR	0	0	1	1
	Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative.	CR	PC	CR	CR	0	1	0	1
	Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème.	RP	RP	PC	RP	1	0	0	1
RP	Analyser les éléments de la situation.	RP	CR	RP	RP	0	1	0	1
	Explorer une variété de solutions.	RP	RP	CR	RP	1	0	0	1
	M'engager dans une solution efficace en tenant compte du contexte de la situation problème.	RP	RP	RP	RP	1	1	1	3
	Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple.	RP	CR	CR	CR	0	0	1	1
PI	Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)	PC	PC	RP	PC	1	0	0	1
	Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)	PI	CR	RP	0	0	0	0	0
	Comprendre la logique d'un algorithme (littératie numérique)	PI	PI	PI	PI	1	1	1	3
	Capacité à créer un programme informatique (programmation)	PI	PI	PI	PI	1	1	1	3
	Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)	PC	PC	PC	PC	1	1	1	3
Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)	CR	CR	PI	CR	1	0	0	1	

Très bonne fidélité.

Au total, le nombre de paires d'accords inter-juges est de 38 sur 66. Cela représente une proportion d'accords inter-juges de 0.58, ce qui correspond, d'après Rust et Cooil (1994), à un PRL de 0.85 (voir Annexe F : Tableau 6 (Rust & Cooil, 1994) : Fiabilité du PRL (X 100) pour 5 catégories en fonction du nombre de juges et la proportion d'accords inter-juges). Cette mesure du PRL traduit une très bonne fidélité (Nunnally, 1978).

Nouvelles associations « composante-compétence »

Les accords inter-juges révèlent que les experts sont en accord avec le modèle #5c21 (Romero, 2017) sur 14 des 22 composantes. Ces 14 composantes sont représentatives des compétences qui leur sont associées dans le modèle #5c21.

Le Tableau 22 présente les items qui n'ont pas fait consensus ou qui constituent de nouvelles associations « composante-compétence » à l'issue des accords inter-juges. Dans ce tableau, la « dimension théorique » fait référence à l'association « composante-compétence » utilisée dans le modèle #5c21.

Tableau 22 - Indication des items qui n'ont pas reçu de consensus et des items dont les accords inter-juges ne correspondent pas à la dimension théorique concernant les compétences transversales.

Items des compétences transversales	Dimension théorique	Dimension accords inter-juges
Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.	La pensée critique	Pas de consensus
Identifier la situation-problème en équipe.	La collaboration	La résolution de problème
Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème.	La créativité	La résolution de problème
Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple.	La résolution de problème	La créativité
Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)	La pensée informatique	La pensée critique
Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)	La pensée informatique	Pas de consensus
Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)	La pensée informatique	La pensée critique
Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)	La pensée informatique	La créativité

Tout d'abord, l'analyse montre que les deux items « Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre » et « Capacité à organiser et

modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation) » n'ont pas reçu de consensus par les experts. Ce constat nous amène à garder l'association proposée par le modèle #5c21 pour ces deux items.

Ensuite, les experts sont d'accord que sur les 22 items, six n'étaient pas représentatifs de leur compétence théorique, mais appartiennent à une autre compétence.

Selon eux, les items « *Identifier la situation-problème en équipe* » et « *Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème* » correspondent à la résolution de problème. Voici les explications :

- Pour la première composante, deux juges ont souligné l'action « *identifier la situation-problème* » par rapport à l'élément « *en équipe* », qui lui, faisait le lien avec la collaboration.
- Pour la deuxième composante, l'un des experts exprime qu'être créatif, c'est imaginer ou entrevoir une solution. Il considère que lorsqu'on sélectionne une solution, on est dans l'action, une étape qu'il considère venir après la phase de créativité. Un autre expert spécifie que cette composante fait référence à la prise en compte d'une situation-problème, c'est la raison pour laquelle il l'associe à la résolution de problème.

Selon deux experts, les items « *Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple* » et « *Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)* » sont représentatifs de la créativité. Voici les explications :

- Pour la première composante, les experts appuient l'idée de « recherche », de « mise à l'épreuve » et l'associent donc au processus créatif. Néanmoins, ils ont tout de même hésité avec la résolution de problème.
- Pour la deuxième composante, les experts n'ont pas hésité à associer la composante à la créativité puisque celle-ci est composée du terme « créatif » et qu'ils jugent être dans cette démarche de créativité. De plus, l'un d'eux mentionne que pour lui le numérique n'est pas une culture et donc qu'il ne l'associerait pas à la pensée informatique.

Enfin, les items « *Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)* » et « *Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)* » sont associés, par respectivement deux et trois experts, à la pensée critique. Voici les explications :

- Pour la première composante, un des experts a procédé par élimination et s'explique de la façon suivante : « *Pour être dans une capacité d'analyse et parce que là on n'était pas sur des questions de problèmes ou sur de la créativité. Pas pensée informatique parce que pour moi elle est plus stratégique d'après je m'appuie que sur les définitions. Ça me semblait plus large que la pensée informatique qui me semblait plus abstraite et plus stratégique. La pensée informatique je découvre, je ne savais pas que ça existait.* ». Expert A.

Pour cet expert la composante couvre un champ plus large que la pensée informatique et ne porte ni sur la créativité, ni sur la résolution de problèmes, mais sur la pensée critique.

- Les trois experts ont associé la deuxième composante à la pensée critique. Un des experts mentionne s'être rattaché au terme « vision critique » pour choisir, car la composante lui semble floue et que la vision technologique ne veut rien dire pour lui.

En faveur des accords établis par les experts, six nouvelles associations ont été définies pour la construction de l'échelle.

b) *Résultats des accords inter-juges pour les compétences professionnelles*

Fidélité du PRL

Le **Tableau 23** et le **Tableau 24** présentent le jugement des trois experts sur la représentativité des composantes en fonction des compétences professionnelles.

Tableau 23 - Jugements qualitatifs des trois experts sur les compétences professionnelles.

Note : les catégories « Comp. » = Compétences et « Cons. » = Consensus.

* NU = « intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier », CO = « coopérer au sein d'une équipe », DP = « s'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel ».

Comp.	Composantes	Juges			Cons.	Accords entre			Accords totaux
		1	2	3		1 et 2	1 et 3	2 et 3	
NU	Utiliser efficacement les technologies pour échanger.	CO*	NU*	NU	NU	0	0	1	1
	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour permettre l'individualisation des apprentissages.	NU	NU	NU	NU	1	1	1	3
	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière critique.	IN*	NU	NU	NU	0	0	1	1
	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour développer les apprentissages collaboratifs.	NU	NU	NU	NU	1	1	1	3
	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière créative.	NU	NU	NU	NU	1	1	1	3
	Participer à l'éducation des élèves à un usage responsable d'Internet.	NU	NU	NU	NU	1	1	1	3
CO	Utiliser efficacement les technologies pour se former.	H*	NU	DP	DP	0	1	0	1
	Collaborer à l'évaluation des objectifs.	DP	CO	CO	CO	0	0	1	1
	Collaborer à la définition des objectifs.	DP	CO	CO	CO	0	0	1	1
	Inscrire son intervention dans un cadre collectif, au service de la complémentarité et de la continuité des enseignements comme des actions éducatives.	CO	CO	CO	CO	1	1	1	3
	Participer à la conception de projets collectifs.	CO	CO	CO	CO	1	1	1	3
	Participer à la mise en œuvre de projets collectifs.	DP	CO	CO	CO	0	0	1	1
DP	Compléter et actualiser ses connaissances scientifiques	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
	Compléter et actualiser ses connaissances didactiques	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
	Compléter et actualiser ses connaissances pédagogiques	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
	Réfléchir sur sa pratique seul.	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
	Réfléchir sur sa pratique entre pairs.	DP	CO	DP	DP	0	1	0	1
	Réinvestir les résultats de sa réflexion dans l'action.	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
	Identifier ses besoins de formation	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
	Mettre en œuvre les moyens de développer ses compétences en utilisant les ressources disponibles.	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3
Se tenir informé des acquis de la recherche afin de pouvoir s'engager dans des projets et des démarches d'innovation pédagogique visant à l'amélioration des pratiques.	DP	DP	DP	DP	1	1	1	3	

Tableau 24 - (Suite) Jugements qualitatifs des trois experts sur les compétences professionnelles.

Note : les catégories « Comp. » = Compétences et « Cons. » = Consensus.

*IN = « construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves ».

Comp.	Composantes	Juges			Cons.	Accords entre			Accords Totaux
		1	2	3		1 et 2	1 et 3	2 et 3	
IN	Favoriser l'intégration de compétences transversales.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Favoriser le transfert des apprentissages par des démarches appropriées	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Sélectionner des approches didactiques appropriées au développement des compétences visées.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Savoir préparer les séquences de classe et, pour cela, définir des programmations et des progressions ; identifier les objectifs, contenus, dispositifs, obstacles didactiques, stratégies d'étayage, modalités d'entraînement et d'évaluation.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Différencier son enseignement en fonction des rythmes d'apprentissage.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Prendre en compte les préalables et les représentations sociales (genre, origine ethnique, socio- économique et culturelle) pour traiter les difficultés éventuelles dans l'accès aux connaissances.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Sélectionner des approches didactiques appropriées au développement des compétences visées.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3
	Adapter son enseignement aux élèves à besoins éducatifs particuliers.	IN	IN	NU	IN	1	0	0	1
	Différencier son enseignement en fonction des besoins de chacun.	IN	IN	IN	IN	1	1	1	3

Excellente fidélité.

Au total, le nombre de paires d'accords inter-juges est de 74 sur 90. Cela représente une proportion d'accords inter juges de 0.82, ce qui correspond, d'après Rust et Cooil (1994), à un PRL de 0.97 (voir **Annexe G : Tableau 5 (Rust & Cooil, 1994) : Fiabilité du PRL (X 100) pour 4 catégories en fonction du nombre de juges et la proportion d'accords inter-juges**). Cette valeur du PRL traduit une excellente fidélité (Nunnally, 1978).

c) **Nouvelle association « composante-compétence »**

Selon les accords inter-juges, seulement un item diffère de sa dimension théorique. Celui-ci est mis en avant dans le **Tableau 25**. Dans ce tableau, la « dimension théorique » fait référence à l'association « composante-compétence » utilisée dans le référentiel de compétences commun à tous les professeurs.

Tableau 25 - Indication des items dont les accords inter-juges ne correspondent pas à la dimension théorique concernant les compétences professionnelles.

Item des compétences professionnelles	Dimension théorique	Dimension accords inter-juges
Utiliser efficacement les technologies pour se former.	Intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier	S'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel

Selon deux experts, l'item « *Utiliser efficacement les technologies pour se former* » correspond à s'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel. Pour ces deux experts, « *utiliser efficacement les technologies* » contribue au développement professionnel. L'un des experts mentionne le fait que si la composante était adressée aux élèves, elle serait associée à la compétence en lien avec le numérique. Cependant, associée aux enseignants, elle a une intention que l'individu se forme.

Ainsi, cette nouvelle association a été prise en compte pour la construction de l'échelle.

5.2.2.5 Conclusion et discussion

Le calcul du coefficient d'accord inter-juges a permis d'évaluer un aspect de la validité de contenu. Cet aspect correspond à la qualité de la représentativité des items selon le jugement d'experts. Les résultats indiquent une bonne représentativité des composantes pour les compétences transversales et les compétences professionnelles.

Des représentations différentes entre les experts.

Cependant, le résultat des accords inter-juges montre aussi que les experts ont des représentations différentes par rapport aux associations « composante-compétence » exposées dans leur modèle de référence. Plusieurs éléments sont susceptibles d'expliquer ces représentations.

Tout d'abord, certaines composantes contiennent des éléments qui renvoient au champ sémantique de deux compétences différentes pouvant porter à confusion dans le choix des experts. Par exemple, la composante « *Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)* » contient les termes « *créatifs* » et « *créativité* » ; et « *programmation* » et « *techno* » pouvant être assimilés autant à la créativité qu'à la pensée informatique. Autre exemple : la composante « *Utiliser efficacement les technologies pour se former* » contient « *utiliser efficacement des technologies* » pouvant être associée à la compétence « *Intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier* » et « *se former* » pouvant faire référence à la compétence « *s'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel* ».

Ensuite, concernant les compétences transversales, où il y a eu le plus de changements, les experts semblent moins familiers avec la pensée informatique. Pour l'un des experts, c'est une découverte. Pour un autre, elle soulève des questions, dans le sens où la « *pensée* » est une caractéristique liée à l'humain et « *informatique* » renvoie à un système. Pour lui, cela n'a donc aucun sens, la « *vision technologique* » ne lui évoque rien. Or, une des conditions mentionnées par les auteurs pour utiliser la mesure du PRL est que les juges doivent être compétents dans le domaine étudié. Cependant, la pensée informatique est un concept assez récent dans le domaine de l'éducation qui tend à se développer.

Enfin, les énoncés des composantes étant par essence abstraits (Lepage & Romero, 2019), il est parfois plus compliqué de se faire une représentation pour certains items et donc pour les experts de faire un choix. Par exemple : « *Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)* » a suscité du flou pour l'un des experts.

À l'issue des accords inter-juges, de nouvelles associations « composante-compétence » ont été créées. Cela représente six modifications par rapport au référentiel concernant les compétences transversales et une modification concernant les compétences professionnelles. Ces deux nouvelles dispositions sont présentées dans le **Tableau 26** pour les compétences professionnelles et le **Tableau 27** pour les compétences transversales. Elles constitueront le contenu des échelles pour ECo-21.

Tableau 26 - Présentation des 4 compétences sélectionnées à partir du référentiel de compétences commun à tous les professeurs et leurs composantes associées, en réponse aux accords inter-juges.

Compétences professionnelles	N°	Composantes
Intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier	1	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour permettre l'individualisation des apprentissages.
	2	Utiliser efficacement des technologies pour échanger.
	3	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière créative.
	4	Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour développer les apprentissages collaboratifs.
	5	Participer à l'éducation des élèves à un usage responsable d'Internet.
	6	Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière critique.
Coopérer au sein d'une équipe	7	Collaborer à l'évaluation des objectifs.
	8	Collaborer à la définition des objectifs.
	9	Inscrire son intervention dans un cadre collectif, au service de la complémentarité et de la continuité des enseignements comme des actions éducatives.
	10	Participer à la conception de projets collectifs.
	11	Participer à la mise en œuvre de projets collectifs.
S'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel	12	Compléter et actualiser ses connaissances scientifiques.
	13	Compléter et actualiser ses connaissances didactiques.
	14	Compléter et actualiser ses connaissances pédagogiques.
	15	Réfléchir sur sa pratique seul.
	16	Réfléchir sur sa pratique entre pairs.
	17	Réinvestir les résultats de sa réflexion dans l'action.
	18	Identifier ses besoins de formation.
	19	Mettre en œuvre les moyens de développer ses compétences en utilisant les ressources disponibles.
	20	Se tenir informé des acquis de la recherche afin de pouvoir s'engager dans des projets et des démarches d'innovation pédagogique visant à l'amélioration des pratiques.
	21	Utiliser efficacement les technologies pour se former.
Construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves	22	Favoriser l'intégration de compétences transversales.
	23	Favoriser le transfert des apprentissages par des démarches appropriées.
	24	Sélectionner des approches didactiques appropriées au développement des compétences visées.
	25	Savoir préparer les séquences de classe
	26	Différencier son enseignement en fonction des rythmes d'apprentissage.
	27	Prendre en compte les préalables et les représentations sociales (genre, origine ethnique, socio- économique et culturelle) pour traiter les difficultés éventuelles dans l'accès aux connaissances.
	28	Adapter son enseignement aux élèves à besoins éducatifs particuliers.
	29	Différencier son enseignement en fonction des besoins de chacun.

Tableau 27 - Présentations des 5 compétences du modèle #5c21 (Romero, 2017) avec leurs composantes associées, suite aux accords inter-juges.

Compétences transversales	N°	Composantes
La pensée critique	1	Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre.
	2	Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.
	3	Me positionner par rapport à une idée ou à une œuvre.
La collaboration	4	Définir en équipe un objectif commun.
	5	Identifier la situation-problème en équipe.
	6	Établir et maintenir une organisation partagée.
	7	Établir et maintenir une compréhension partagée.
	8	Développer une compréhension des savoirs, compétences, forces et limitations des autres membres de l'équipe pour organiser les tâches envers l'objectif commun.
	9	Savoir gérer les difficultés du travail en équipe dans le respect et la recherche de solutions.
La créativité	10	Explorer une variété de solutions nouvelles.
	11	Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative.
	12	Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème.
La résolution de problème	13	Analyser les éléments de la situation.
	14	Explorer une variété de solutions.
	15	M'engager dans une solution efficace en tenant compte du contexte de la situation problème.
	16	Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple.
La pensée informatique	17	Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)
	18	Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)
	19	Comprendre la logique d'un algorithme (littératie numérique)
	20	Capacité à créer un programme informatique (programmation)
	21	Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)
	22	Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)

Du fait des caractéristiques tangibles de ces échelles que nous verrons dans la prochaine étape, continuer leur validation par une analyse factorielle pour éliminer les composantes non pertinentes et construire une seule échelle regroupant les compétences professionnelles et les compétences transversales s'est avéré difficile. En effet, il aurait fallu pour ce faire : plusieurs prototypes et un nombre conséquent de participants pour les analyses factorielles.

De ce fait, nous avons centré notre démarche sur la construction de l'outil ECo-21 et sur sa facilité d'utilisation. Rappelons que cet outil doit aider les enseignants à porter une réflexion sur leurs actions réalisées lors d'activités de conception participative.

5.2.3 Construction du Kit ECo-21

5.2.3.1 Objectifs

Les exigences formulées pour concevoir le kit ECo-21 sont les suivantes :

- L'outil doit aider l'utilisateur à avoir une réflexion sur ses actions,
- L'outil doit faciliter la représentation des réponses fournies par le répondant,
- L'outil doit être transportable et individuel,
- L'outil doit être réutilisable et modulable,
- L'outil doit être facile à utiliser et rapide à mettre en place.

Pour cela, nous avons fait les choix d'utiliser :

- Une échelle de Likert pour évaluer les réponses des répondants,
- Les potentialités des interactions du tangible pour aider l'utilisateur dans sa métaréflexion,
- Un diagramme de Kiviat pour faciliter la représentation des données.

a) ***Échelle de Likert***

Facile à mettre en œuvre.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'échelle est de type Likert. Quant au choix du nombre de points pour notre échelle, la question reste encore très controversée dans la littérature. En effet, depuis l'avènement de l'échelle de Likert en 1932, le nombre optimal de points sur l'échelle a fait l'objet de débats entre les chercheurs quant à sa meilleure utilisabilité possible en matière de fiabilité et de validité (Chang, 1994; Colman et al., 1997; Cox III, 1980; Joshi et al., 2015; Leung, 2011; Simms et al., 2019; Xu & Leung, 2018). Certains chercheurs disent que 5 points suffisent (Lissitz & Green, 1975), tandis que d'autres préfèrent les échelles comportant 7 points ou un nombre pair de points parce qu'elles sont plus précises, plus faciles à utiliser et permettent un meilleur reflet de l'évaluation réelle du répondant (Finstad, 2010). D'autres encore privilégient une échelle en 10 points (Awang et al., 2016) ou une échelle en 11 points (Leung, 2011; Xu & Leung, 2018). Dans notre étude, nous avons fait le choix d'une échelle en 6 points.

Nous avons fait le choix de ne pas utiliser de point médian pour inciter le répondant à se faire une opinion sur l'activité qu'il vient de vivre (Chyung et al., 2017). L'échelle de réponse est complètement étiquetée verbalement, car elle fournit davantage d'informations aux répondants sur la manière d'interpréter l'échelle (Weng, 2004). Elle se compose de la manière suivante : « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » ; « Faiblement mobilisée » ; « Plutôt faiblement mobilisée » ; « Plutôt fortement mobilisée » ; « Fortement mobilisée » ; « Systématiquement mobilisée à travers l'activité ».

b) Tangibilité

Nous voulons que l'échelle de Likert explore des alternatives tangibles aux questionnaires classiques pour favoriser la réflexion. Dans cette approche, le concept de « tangible » doit être compris dans sa définition large comme un concept réel et non imaginaire, pouvant être montré, touché ou expérimenté, et non seulement comme une interface qui fournit une représentation tangible d'informations et de commandes numériques, mais qui permet aux utilisateurs de « saisir » les données dans leurs mains en manipulant physiquement ces représentations (Fishkin, 2004; Fleck, 2020; Hornecker, 2012; Ishii et al., 2012; Shaer & Hornecker, 2010).

Le tangible pour faciliter la motivation.

Dans un premier temps, nous voulons créer une échelle de mesure tangible qui soit non interactive, pour rassurer les enseignants dans leur utilisation et dans la prise en main qu'ils auront avec l'objet. Les adultes sont capables et ont l'habitude de répondre aux enquêtes par questionnaire papier. Cependant, la longueur des questionnaires peut entraîner de la lassitude chez les répondants et impacter la stabilité de leurs réponses. Dianoux (2007) a montré qu'au-delà de 100 questions, les réponses deviennent statistiquement instables. D'autres phénomènes, tels que le manque de motivation, le désintérêt, la lassitude ou encore l'impatience peuvent entraîner les répondants à minimiser leurs efforts pour répondre à un questionnaire et ainsi se répercuter sur la qualité de leurs réponses. Cette pratique est appelée « *Satisficing* » (Guiot et al., 2015). Pour la construction de l'échelle, nous avons pris en compte cette problématique en réfléchissant aux principes qui peuvent aider le répondant à se concentrer et à réfléchir à ses actions.

Le tangible pour faciliter la pensée.

Un des avantages des ITA est qu'elles facilitent la pensée tangible par le biais d'actions corporelles, de manipulations physiques et de représentations tangibles (Shaer & Hornecker, 2010). De plus, comme indiqué dans l'étude POP-IT (Veytizou et al., 2018) à laquelle nous avons contribué, l'utilisation du geste pour exprimer quelque chose peut avoir un impact sur la pensée de celui qui l'exécute (Cook & Goldin-Meadow, 2006; Goldin-Meadow & Beilock, 2010). Nos corps physiques jouent un rôle central dans la formation de l'expérience humaine dans le monde, la compréhension du monde et les interactions dans le monde. Klemmer et al. (2006) fournissent une vue d'ensemble concernant la réflexion tangible en s'appuyant sur cinq thèmes : la réflexion par l'action, la performance, la visibilité, le risque et la pratique approfondie. Nos gestes peuvent influencer notre façon de penser en raison de la capacité du geste à refléter les actions du monde réel (Goldin-Meadow & Beilock, 2010). Les ITA permettent la manipulation physique d'artefacts pertinents pour la tâche, et elles peuvent rendre le contenu à saisir moins abstrait.

Dans ce contexte, quelques projets de recherche ont été menés pour examiner les avantages des ITA dans l'évaluation des tâches (Golsteijn et al., 2015; Hofmann et al., 2016; Jennett et al., 2016; Rodríguez et al., 2019). Ces études sont principalement axées sur des questionnaires tangibles qui visent à attirer l'attention des utilisateurs.

Hofmann et al. (2016) ont développé Bibox (voir **Figure 49 (A)**), un système tangible d'évaluation et de recommandation de livres pour les bibliothèques publiques. L'objectif principal de Bibox était de motiver la participation active des utilisateurs.

Jennett et al. (2016) ont conçu une installation ludique appelée Squeezy Green Balls (voir **Figure 49 (B)**) pour encourager les gens à répondre à des questions et susciter des sentiments d'intérêt pour l'environnement. Golsteijn et al. (2015) ont mis au point une forme tangible appelée VoxBox (voir **Figure 49 (C)**) pour recueillir l'opinion et les commentaires du public lors de grands événements culturels publics, sans pour autant les perturber. Ils ont utilisé des tourniquets à 5 options pour représenter une échelle de Likert qui oblige l'utilisateur à vérifier toutes les possibilités avant de répondre. Rodríguez et al. (2019) ont créé un kit d'interface tangible appelé Aestimo (voir **Figure 49 (D)**) pour évaluer l'UX chez les personnes âgées. Cette interface tangible est basée sur une version raccourcie du questionnaire AttrakDiff. Par ailleurs, nous avons mené des travaux exploratoires qui nous ont montré que les interactions tangibles pouvaient réduire l'effet de halo sur une échelle de Likert chez les enfants et engager les jeunes répondants à faire une méta-analyse sur l'utilisabilité du système (Veytizou et al., 2018).

Par rapport au format papier, une interface tangible pourrait alors fournir des éléments significatifs pour déclencher le désir d'interagir et pour engager cognitivement les répondants dans la réalisation des tâches d'évaluation.

Pour construire la forme de l'échelle, nous nous sommes inspirés de plusieurs objets et travaux (voir **Figure 49**).

Figure 49 - Inspirations.



(A) BiBox
(Hofmann, et al., 2016)



(B) Squeezy Green Balls
(Jennett, et al., 2016)



(C) VoxBox
(Golsteijn, et al., 2015)



(D) Aestimo
(Rodríguez, et al., 2019)



(E) Cairn
(Gourlet, et al., 2017)



(F) Dames chinoises
(jeu de société)



(G) Archilab
<https://archiclasse.education.fr/>

Gourlet et Dassé (2017) ont conçu un dispositif tangible nommé Cairn (voir **Figure 49 (E)**). Cet outil est utilisé dans les Fablabs pour la collecte, la visualisation et l'analyse de données. Cette table met l'accent sur les dimensions esthétiques et affectives pour créer une expérience engageante. Les visiteurs du *fablab* sont invités à réfléchir sur leurs pratiques en matérialisant leurs activités à l'aide de petites formes en bois colorées. Ces dernières nous ont inspirés pour le kit d'ECO-21. De plus, nous nous sommes inspirés du plateau des [dames chinoises](#) (voir **Figure 49 (F)**) et de ses dimensions. Pour le design des cartes, nous nous sommes inspirés d'[ArchiLab](#) (voir **Figure 49 (G)**). Ce dernier est un outil d'aide à la co-conception d'aménagement d'espaces pédagogiques. Il permet de matérialiser des concepts d'organisations pédagogiques sous forme de manipulations de pièces sur un plateau.

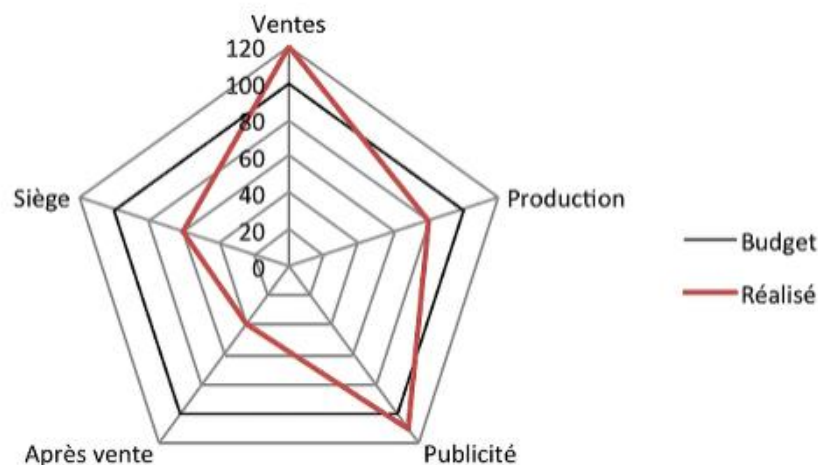
c) **Diagramme de Kiviat**

Faciliter la prise de conscience par la représentation visuelle.

Pour le design des plateaux de réponse, nous nous sommes inspirés du diagramme de Kiviat (voir **Figure 50**), en toile d'araignée ou en radar pour que les répondants puissent visualiser facilement leurs réponses. Ce diagramme est familier aux enseignants et est couramment utilisé pour la visualisation de données (quelques exemples (Pinzger et al., 2005; R. Wang et al., 2018)). Nous faisons le choix d'utiliser une forme sphérique pour les plateaux pour tenter également de limiter la lassitude que nous pouvons retrouver dans la linéarité des questionnaires trop longs (Dianoux, 2007). La forme sphérique du plateau avec les pions disposés dessus et la ficelle qui les entoure ont pour but de faciliter la représentation des réponses.

Afin de faciliter la lecture de l'outil, nous avons associé une couleur à chaque compétence. Cette couleur est rappelée sur les cartes items, sur le plateau de réponse par les pièces numérotées et par la roue centrale de rappel des compétences.

Figure 50 - Une illustration d'un diagramme de Kiviat (Source de l'image : <https://perceptible.fr/toile-araign%C3%A9e/>)



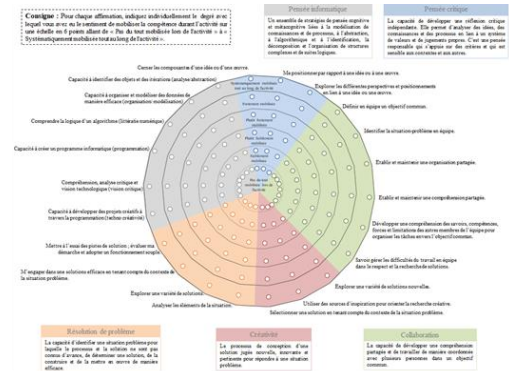
5.2.3.2 Phases de prototypage

Des premières idées de solution concernant le design d'ECO-21 ont pu être émises sur papier (voir Figure 51 (A)). Ensuite, une proposition a pu être affinée dans une version numérique (voir Figure 51 (B)) jusqu'à la fabrication d'un premier prototype tangible (voir Figure 51 (C)).

Figure 51 - Évolution du projet ECO-21.



(A) Prototype papier



(B) Prototype électronique



(C) Prototype physique V1



(D) Prototype physique V2

Celui-ci a été soumis à plusieurs « petits tests » entre collègues. Les retours d'usage ont permis de faire évoluer le design de l'échelle d'évaluation (voir **Figure 52**). Au départ, l'échelle était faite en papier cartonné, placée sur la tranche et avec des écritures légèrement en diagonale. Cependant, ce format volumineux n'était pas idéal pour la lecture des grades de l'échelle. La fabrication d'un support à plat de l'échelle a donc été envisagée pour faciliter la lecture et permettre une meilleure utilisation de l'instrument.

Figure 52 - Évolution du format de l'échelle de graduation.

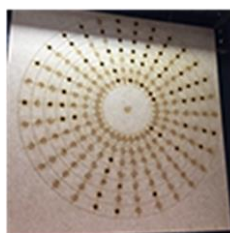


Échelle graduée en hauteur

Échelle graduée à plat

Des tests ont également été réalisés sur la taille de l'écriture et sur les différents supports papier. Ainsi, nous avons obtenu une deuxième version de prototype (voir **Figure 51 (D)**) que nous avons répliqué une quinzaine de fois (voir **Figure 53**) pour les soumettre par la suite à des pré-tests et des tests utilisateurs avec des enseignants.

Figure 53 - Fabrication d'une série de 15 kits ECo-21.



Fabrication des plateaux de réponses



Fabrication des roues de rappel des compétences



Fabrication des pièces numérotées



Fabrication des pions pour voter



Fabrication des supports de l'échelle d'évaluation



L'ensemble des pièces réalisées à la découpe laser



Impression et plastification des cartes définition



Impression et plastification des cartes items



Impression et découpe des roues de rappel des compétences



Impression et découpe des cercles d'informations personnelles



Assemblage des plateaux



15 kits ECo-21

5.2.3.3 Présentation d'une version prototypée ECo-21 et son mode d'utilisation

ECo-21 est un outil qui aide à se confronter à sa propre activité. Celui-ci est basé sur des compétences ciblées pour favoriser la construction de nouvelles procédures par la pratique.

Un Kit ECo-21 de base comprend :

- Un plateau de réponses segmenté par des rayons,
- Plusieurs éléments : de la ficelle, une roue rappelant les compétences évaluées, des pions, des cartes items et des cartes définition qui déterminent les compétences évaluées,

- Une échelle graduée en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » à « Systématiquement mobilisée à travers l'activité »,
- Des pièces numérotées de couleur,
- Une consigne.

La **Figure 54** illustre les éléments que comprend un kit ECo-21 basé sur les compétences transversales du modèle #5C21 (Romero, 2017).

Figure 54 - Description d'un Kit ECo-21 basé sur les compétences transversales du modèle #5C21 (Romero, 2017).



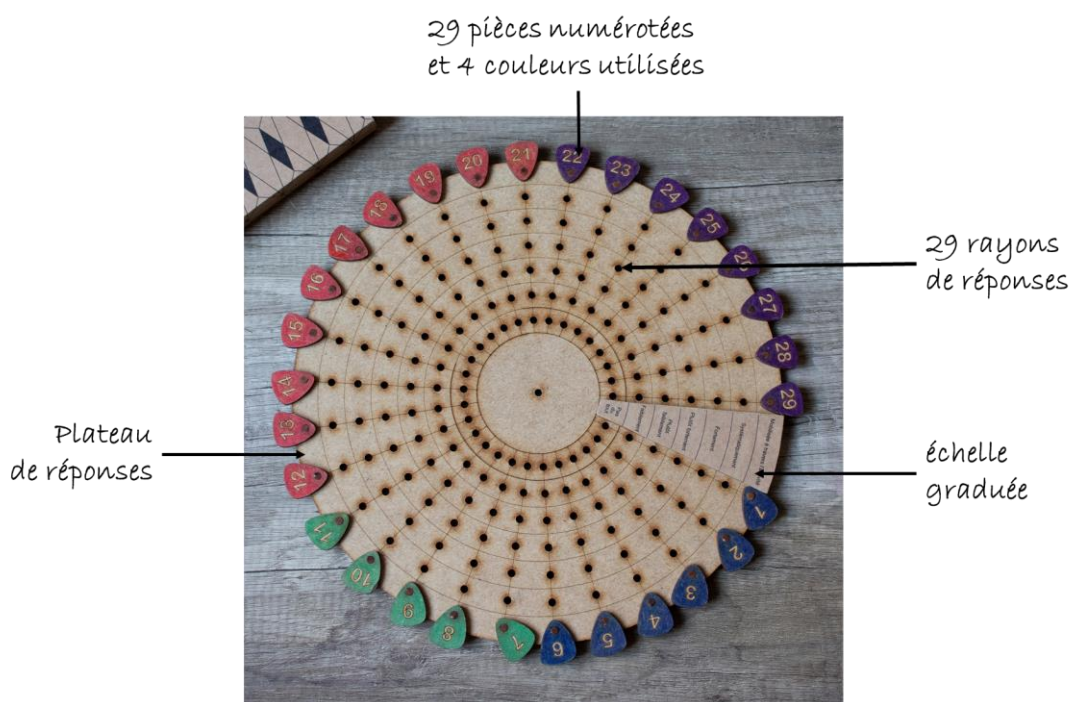
La conception du kit ECo-21 est adaptée en fonction du nombre de compétences et de composantes que l'on souhaite faire évaluer.

Par exemple, le kit ECo-21, associé au modèle #5C21, comprenant 22 items et 5 compétences, comporte :

- Un plateau avec 22 rayons de réponses, 22 pièces numérotées, 22 cartes items et 23 pions (dont un pion pour la roue centrale de rappel des compétences),
- 5 couleurs différentes pour les pièces numérotées, les cartes items, les cartes définition et la roue de rappel des compétences. Chaque compétence est représentée par une couleur.

Pour les 4 compétences sélectionnées du référentiel des compétences commun à tous les professeurs, le kit ECo-21 est conçu pour 29 items et 4 compétences (voir **Figure 55**).

Figure 55 - Illustration d'un plateau ECo-21 basé sur les compétences professionnelles du référentiel commun à tous les professeurs (Ministère de l'Éducation nationale, 2013).



L'outil ECo-21 s'utilise aussitôt après avoir réalisé une activité de conception participative en *living lab*, lorsque les détails de l'activité sont encore fraîchement disponibles en mémoire pour l'utilisateur.

Pour préparer correctement le plateau, le facilitateur doit prendre un pion et la roue de rappel des compétences et venir la fixer au centre du plateau.

Une fois le participant installé, le facilitateur peut lui fournir la consigne écrite et lui lire à voix haute comme celle illustrée dans la Figure 56.

Figure 56 - Consigne pour s'auto-évaluer sur ses compétences mobilisées à travers une activité de conception participative vécue avec l'outil ECo-21.

Consigne

Pour chaque affirmation inscrite sur les cartes, indiquez individuellement sur le plateau de réponse, à l'aide des pions, le degré avec lequel vous avez eu le sentiment de mobiliser chaque compétence durant l'activité. L'échelle de réponse est en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée durant l'activité » à « Systématiquement mobilisée durant l'activité ». Les numéros indiqués en haut à droite des cartes correspondent à ceux du plateau de réponse.

L'utilisateur est libre de répondre aux affirmations dans l'ordre qu'il le souhaite. L'activité avec l'outil se fait individuellement.

Pour compléter ECo-21, l'utilisateur doit lire l'affirmation inscrite sur les cartes, se remémorer son activité et répondre sur le plateau de réponses.

Pour répondre à une affirmation, il suffit de prendre un pion et de l'insérer dans un des six trous du rayon de réponse correspondant au numéro de l'item. L'utilisateur pourra indiquer son choix à partir de l'échelle graduée en 6 points. Celle-ci comprend les degrés suivants : pas du tout mobilisée, faiblement, plutôt faiblement, plutôt fortement, fortement et systématiquement mobilisée à travers l'activité.

Chaque carte item contient une couleur et un numéro qui est repris sur le plateau de réponse par les pièces numérotées (voir **Figure 57**). La couleur renvoie à la compétence à laquelle appartient la composante. Le numéro de l'item permet à l'utilisateur de se repérer sur le plateau de réponse et de savoir sur quel rayon il doit indiquer son opinion.

La carte item contient également l'affirmation à laquelle il faut répondre et la compétence à laquelle la composante appartient.

Figure 57 - Illustration d'une carte item avec sur la gauche au recto de la carte, un item et le numéro correspondant à l'échelle de réponse sur le plateau et sur la droite, au verso, la compétence correspondante à l'item.



L'utilisateur dispose de cartes qui définissent les compétences pour l'aider à mieux comprendre les items s'il en ressent le besoin. La roue de rappel des compétences permet à l'utilisateur de lui rappeler à quelle compétence appartiennent les affirmations.

Après avoir placé tous les pions sur chaque rayon du plateau, l'utilisateur doit les entourer avec sa ficelle. Pour faciliter l'entourage, il peut faire un nœud autour du premier pion. Ainsi, la ficelle et le rappel des couleurs par les pièces numérotées et la roue centrale lui permettent de mieux visualiser les compétences qui ont été mobilisées.

Après avoir présenté ECo-21 et son mode d'utilisation, il convient de tester cette version du kit auprès d'enseignants, de comparer l'expérience utilisateur entre deux supports de l'échelle et de vérifier l'engagement dans un processus méta réflexif permis par l'instrument.

5.2.4 Pré-test

5.2.4.1 Objectifs

Vérifier le scénario et recueillir de premiers retours auprès des utilisateurs.

Les pré-tests permettent de simuler toute la session pour en vérifier le bon déroulement et préparer les prochains tests utilisateurs. Ils vont permettre également de recueillir de premiers retours concrets issus de l'expérience réelle des utilisateurs finaux, de vérifier la mise en place du scénario et de comparer deux supports d'EC0-21 : condition papier et condition tangible.

5.2.4.2 Participants

La Covid a limité le nombre de participants.

En raison de la pandémie du Covid-19, huit enseignants sur seize inscrits ont participé à l'étude sur la base du volontariat. Ils ne connaissaient pas l'artefact. Toutefois, ils ont probablement déjà dû entendre parler des compétences du référentiel de compétences commun à tous les enseignants, mais probablement pas des compétences transversales. Le panel était composé de cinq personnes qui enseignaient dans le premier degré et trois autres dans le second degré.

Une donnée manquante concernant l'année d'entrée dans la fonction a été remplacée par l'année de naissance + 23 ans. Ce nombre d'années correspond au nombre d'années minimal qu'il faut pour obtenir un bac+5.

Deux conditions : Papier et Tangible.

Le **Tableau 28** décrit les caractéristiques des participants. Quatre enseignants ont testé ECo-21 en format tangible. Sur ces quatre enseignants, il y avait trois femmes et un homme. Trois enseignent dans le premier degré et un autre dans le second degré en musique. En moyenne, ces enseignants ont 50 ans et 23 ans d'ancienneté dans leur métier. Dans ce groupe, la participante C est arrivée en cours de route, à partir de la découverte des machines de prototypage.

Quatre enseignants ont testé ECo-21 en format papier. Parmi eux, il y avait deux hommes et deux femmes. Deux personnes enseignent dans le premier degré, dont une en unité localisée pour l'inclusion scolaire (ULIS) et deux autres enseignent dans le second degré en Histoire/géographie et en technologie. En moyenne, les enseignants de ce groupe ont 43 ans et 13 ans d'ancienneté dans leur métier.

Tableau 28 - La description des participants en fonction de leur condition : Tangible ou Papier.

Note. « Ps » : Participants.

Ps	Support	Sexe	Âge	Pour quel niveau / discipline	Enseignement	Années d'expérience
A	Tangible	F	55 ans	CE1	Premier degré	31 ans
B	Tangible	F	52 ans	Grande section Maternelle	Premier degré	15 ans
C	Tangible	F	42 ans	Maternelle	Premier degré	19 ans
D	Tangible	M	53 ans	Éducation musicale	Second degré	29 ans
E	Papier	F	44 ans	Petite section à grande section	Premier degré	5 ans
F	Papier	M	52 ans	Technologie	Second degré	25 ans
G	Papier	M	28 ans	Lycée Histoire et Géographie	Second degré	5 ans
H	Papier	F	44 ans	Collège Ulis	Premier degré	12 ans

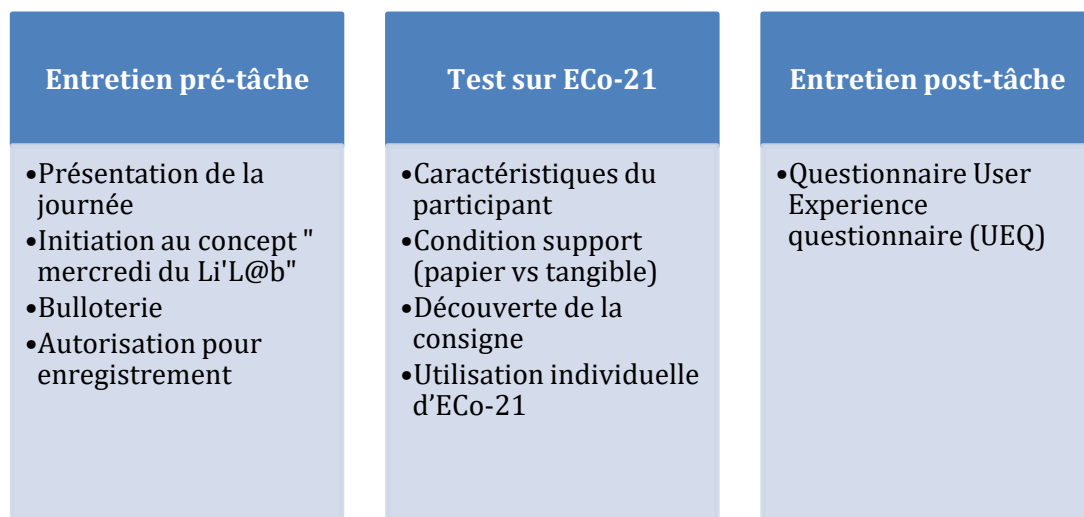
5.2.4.3 Déroulement du pré-test

L'ensemble du pré-test s'est déroulé de 9h à 16h au sein du Li'L@b. Cette étude a été menée dans le cadre du premier « mercredi du Li'L@b », concept lancé par l'équipe de l'Atelier Canopé 57. Ce concept vise à planifier un mercredi dans le mois pour inciter les enseignants du premier et second degré de toutes disciplines à venir collaborer, réfléchir et fabriquer du matériel pédagogique qui répondent à leurs besoins du terrain, mais aussi à partager leurs réalisations au sein d'une communauté (i.e., fichiers, compétences, expériences et connaissances). Ce concept est aussi ouvert aux formateurs, étudiants, éducateurs, artistes, chercheurs, et tout autre acteur concerné par des problématiques liées à l'éducation.

Conditions contraintes par les règles sanitaires.

Cette journée a été organisée durant la pandémie du Covid-19. Dans le respect des règles sanitaires imposées par le gouvernement français, les enseignants ont dû porter un masque de protection tout le long de la journée. Ils ont également été placés à un mètre de distanciation les uns des autres. Les différentes étapes du pré-test sont présentées dans la **Figure 58**.

Figure 58 - Les étapes du pré-test.



a) **Entretien pré-tâche**

La première journée du « mercredi du Li'L@b » avait pour objectif de donner des informations aux enseignants sur la structure, les principes du concept et les moyens mis à disposition pour réaliser des projets de conception de matériel pédagogique.

Ainsi, les enseignants ont commencé la journée en suivant diverses présentations, telles que des présentations sur le déroulement de la journée, sur le réseau Canopé, sur le concept du « mercredi du Li'L@b », sur un outil numérique nommé [Do.doc](#) servant à documenter des projets et sur des projets de conception de matériel pédagogique déjà réalisés au sein du réseau. Ces présentations étaient animées par un médiateur numérique de l'Atelier.

Ensuite, les participants ont découvert les machines numériques de prototypage de l'Atelier (par exemple : découpeuse laser, imprimante 3D, etc.). Ils ont reçu une démonstration pour chaque machine. Puis, l'animateur a réalisé une « [buloterie](#) ». Il s'agit d'un outil ludique de mise en relation par intérêts et savoir-faire, en groupe affinitaire. L'objectif était de recueillir les domaines par lesquels les enseignants seraient intéressés de participer et sur lesquels ils se sentiraient plus ou moins experts.

Par la suite, les participantes étaient invitées à signer une fiche de consentement précisant l'usage qui sera fait des données récoltées. Les enseignants étaient ensuite répartis en deux groupes de quatre personnes. Ces deux groupes étaient disposés dans une pièce différente pour ne pas voir l'autre condition.

b) Procédure

Le premier groupe devait compléter ECo-21 en format tangible et le deuxième groupe devait compléter ECo-21 en format papier. Une caméra était fixée à leur table pour observer leurs comportements. Pour des raisons de logistique, le premier groupe était disposé sur quatre tables collées les unes aux autres, formant un rectangle, et le deuxième groupe était réparti en deux groupes de deux personnes, disposés à deux endroits distincts de la salle. Dans tous les cas, la complétion de l'échelle devait se faire individuellement.

Ainsi, les participants de chaque condition devaient compléter deux échelles de compétences :

- Une sur les compétences transversales du XXI^{ème} siècle correspondant aux 5 compétences du modèle #5C21 (Romero, 2017),
- Une autre sur les compétences professionnelles du référentiel de compétences commun à tous les professeurs (Ministère de l'Éducation nationale, 2013).

Afin d'identifier le public interrogé, il était demandé à la personne de remplir quelques informations personnelles, telles que le genre, l'année de naissance, le niveau ou la discipline enseignée, l'enseignement (premier ou second degré) et l'année d'entrée dans la fonction d'enseignant. Puis, l'expérimentateur lisait à voix haute la consigne pour garantir l'identification de l'ensemble des étapes à réaliser, voir Figure 59.

Figure 59 - Consigne de la condition « tangible » utilisée lors du pré-test avec ECo-21.

Consigne

Pour chaque affirmation inscrite sur les cartes, indiquez individuellement sur le plateau de réponse, à l'aide des pions, le degré avec lequel vous avez eu le sentiment de mobiliser chaque compétence durant l'activité. L'échelle de réponse est en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée durant l'activité » à « Systématiquement mobilisée durant l'activité ». Les numéros indiqués en haut à droite des cartes correspondent à ceux du plateau de réponse.

Pour la condition « Tangible », il était également mentionné d'entourer les pions avec de la ficelle une fois avoir complété un plateau. L'objectif est de s'assurer qu'à la fin de cette activité l'enseignant a tiré un apprentissage sur sa pratique et sur les compétences ciblées.

En clair, les enseignants, en utilisant ECo-21, devaient évaluer s'ils avaient ou non mobilisé des compétences ciblées à travers l'expérience qu'ils venaient de vivre.

c) *Entretien post-tâche*

Pour avoir une idée du ressenti des utilisateurs, il a été demandé aux participants de remplir le questionnaire UEQ (*User Experience Questionnaire*) qui sert à la base à mesurer l'expérience utilisateur de produits interactifs (Laugwitz et al., 2008). Celui-ci est composé de différenciateurs sémantiques en 7 points allant de -3 à 3 qui semblent pertinents pour évaluer ECo-21 (voir **Annexe H : User Experience Questionnaire (UEQ)**). UEQ comprend 26 items répartis en 6 sous-échelles :

- Attractivité,
- Efficacité,
- Clarté,
- Fiabilité,
- Stimulation,
- Nouveauté.

Le questionnaire est disponible en ligne sur le site www.ueq-online.org. Malheureusement, la version française proposée à l'heure actuelle reste à valider statistiquement.

5.2.4.4 Analyse

Les analyses ont été effectuées à partir d'enregistrements vidéo filmés avec des caméras Q2n, à l'aide du logiciel The Observer XT 14 (Noldus, 1991). Plusieurs mesures ont été prises en compte, telles que les temps de réalisation du test, les temps estimés de réflexion, la réussite ou non des tâches, les verbatims et les observations face aux attitudes et comportements des participants avec l'échelle. De plus, les scores au UEQ ont été étudiés pour évaluer l'expérience utilisateur.

5.2.4.5 Résultats

Tous les participants ont accepté d'être filmés et de participer à l'étude. Toutefois, une participante a refusé que son visage soit filmé. Seulement ses interactions avec ECo-21 ont été enregistrées.

Les items numérotés dans cette partie renvoient aux listes d'items présentées dans le **Tableau 26** et le **Tableau 27**.

a) Temps de réalisation du test et réussite de la tâche

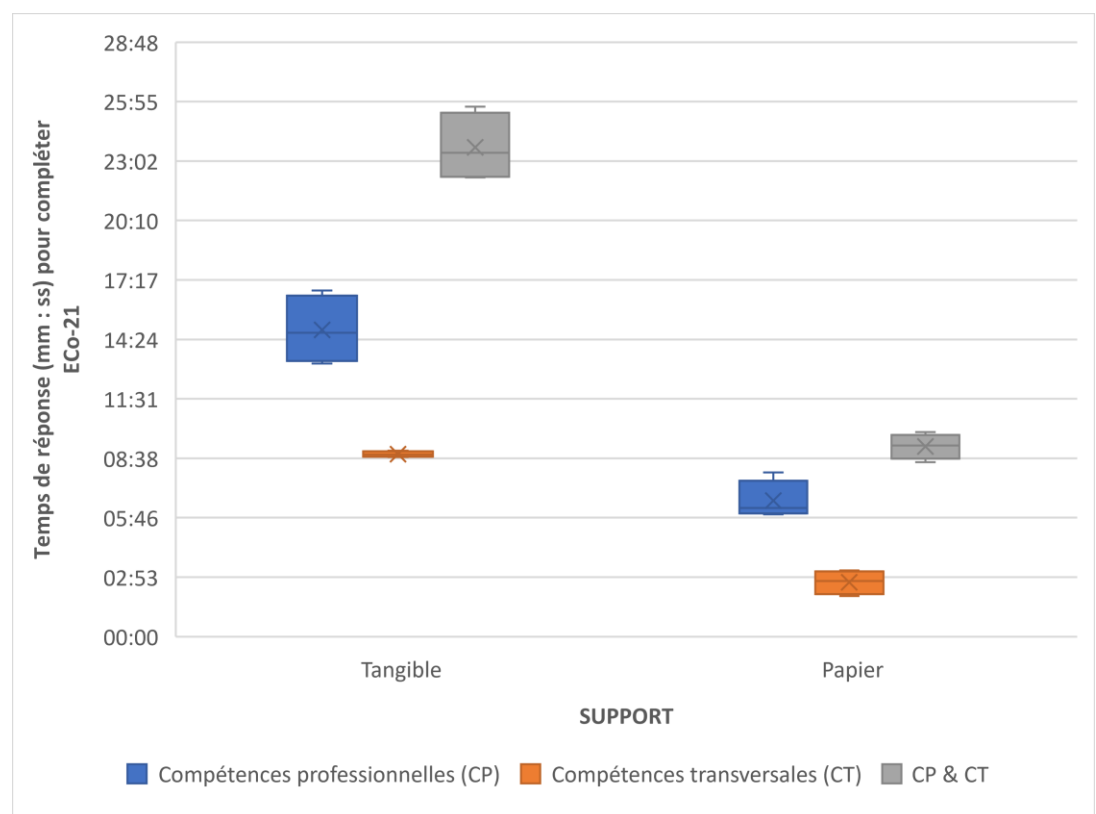
Un seul participant ne réussit pas le test.

Le groupe « tangible » met plus du double de temps pour compléter ECo-21 par rapport au groupe « papier ».

Sept personnes sur les huit interrogées ont réussi l'ensemble des tâches du scénario. Une tâche est dite réussie si le participant est parvenu à utiliser le plateau de réponses correspondant à la pile de cartes associée, à prendre l'information sur la carte item, à positionner le pion dans le rayon du plateau correspondant au bon item et au bon degré de sentiment de mobilisation et à entourer tous les pions avec la ficelle. Les enseignants de la condition « Papier » ont complété l'échelle assez rapidement, voir Figure 60. Ils ont mis en moyenne 9 minutes et 13 secondes ($ET = 36$ secondes) pour compléter entièrement ECo-21. Les enseignants de la condition « Tangible » ont passé plus du double de ce temps. Ils ont mis en moyenne 23 minutes et 27 secondes ($ET = 1$ minute 40 secondes) pour compléter entièrement ECo-21.

Figure 60 – Distribution des temps de réponse (mm : ss) des participants pour compléter ECo-21 en fonction de la condition « support » et du référentiel de compétences.

Note. Les lignes dans les boîtes à moustaches correspondent aux médianes et les croix aux moyennes.



Une participante a pris plus de temps et n'a pas réussi à compléter correctement ECo-21. Celle-ci se trompe tout d'abord de plateau pour répondre au premier item des compétences professionnelles. Après s'en être rendu compte, elle commet une deuxième erreur en positionnant son pion sur le deuxième rayon de réponse au lieu du premier. De cette façon, elle décale ses autres réponses jusqu'à l'item 7 avant de s'en rendre compte et de se corriger. Cependant, elle laissera le premier rayon vide.

Par la suite, elle commettra d'autres erreurs, notamment pour répondre aux items 15 et 19, mais se corrigera aussitôt.

Seulement, deux participantes ont fait des enchaînements d'erreurs qu'elles ont elles-mêmes corrigées par la suite. Par exemple, la participante B a commencé à décaler ses réponses pour les compétences transversales à partir de l'item 4 et s'en est aperçue après avoir répondu à l'item 8.

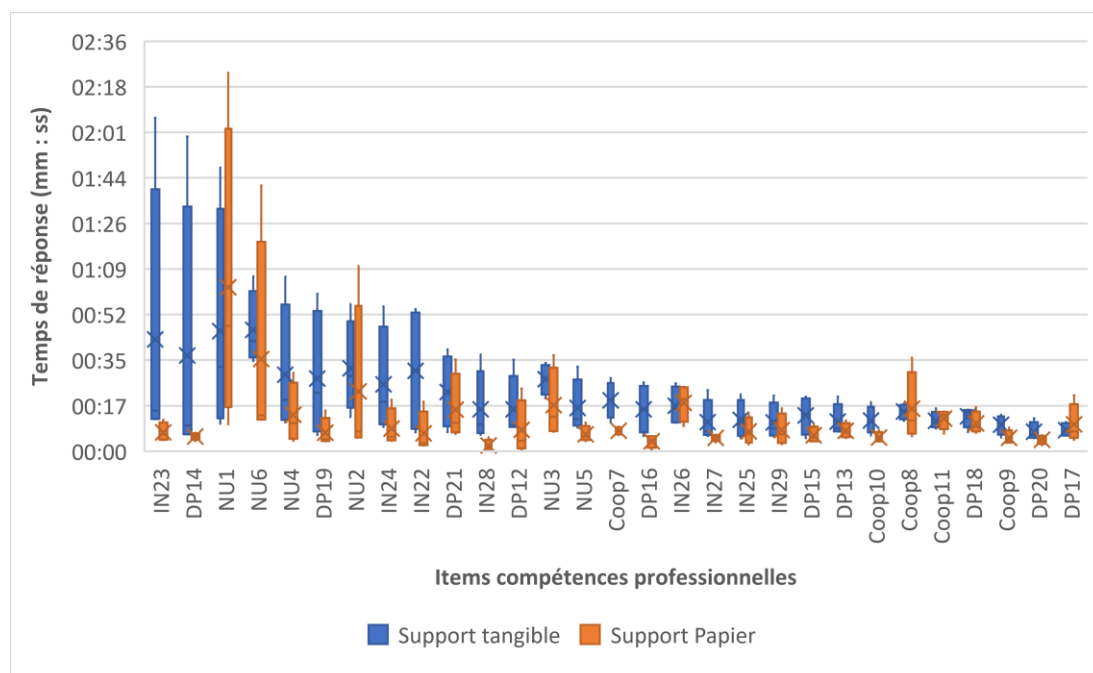
Temps de complétion par item

Les figures suivantes comparent des distributions de temps de réponse des participants pour compléter chaque item à l'échelle ECo-21 en fonction du support (tangible ou papier) pour les compétences professionnelles (voir **Figure 61**) et les compétences transversales (voir **Figure 62**).

Figure 61 – Comparaison des distributions de temps de réponse des participants en fonction du support pour compléter ECo-21 concernant les items des compétences professionnelles.

Note. NU = « intégrer les éléments de la culture numérique nécessaire à l'exercice de son métier », Coop = « coopérer au sein d'une équipe », DP = « s'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel » et IN = « construire, mettre en œuvre et animer des situations d'enseignement et d'apprentissage prenant en compte la diversité des élèves ».

Les lignes dans les boîtes à moustaches correspondent aux médianes et les croix aux moyennes.



En raison d'un petit échantillon, nous n'avons pas fait de tests statistiques. Toutefois, il est possible de voir, à l'aide de la **Figure 61** que pour la plupart des items d'ECo-21 au sujet des compétences professionnelles, les participants prennent plus de temps pour compléter ceux en version tangible comparativement à ceux en version papier.

Par exemple, c'est le cas pour l'item IN23 « Favoriser le transfert des apprentissages par des démarches appropriées », les participants ont mis $M_{IN23T} = 42$ sec, $ET_{IN23T} = 56$ sec, $Mdn_{IN23T} = 15$ sec pour le compléter en version tangible et $M_{IN23P} = 7$ sec, $ET_{IN23P} = 4$ sec, $Mdn_{IN23P} = 6$ sec en version papier. C'est aussi le cas pour l'item DP14 « Compléter et actualiser ses connaissances pédagogiques » où $M_{DP14T} = 36$ sec, $ET_{DP14T} = 55$ sec, $Mdn_{DP14T} = 10$ sec en version tangible, comparativement à la version papier où $M_{DP14P} = 6$ sec, $ET_{DP14P} = 1$ sec, $Mdn_{DP14P} = 6$ sec.

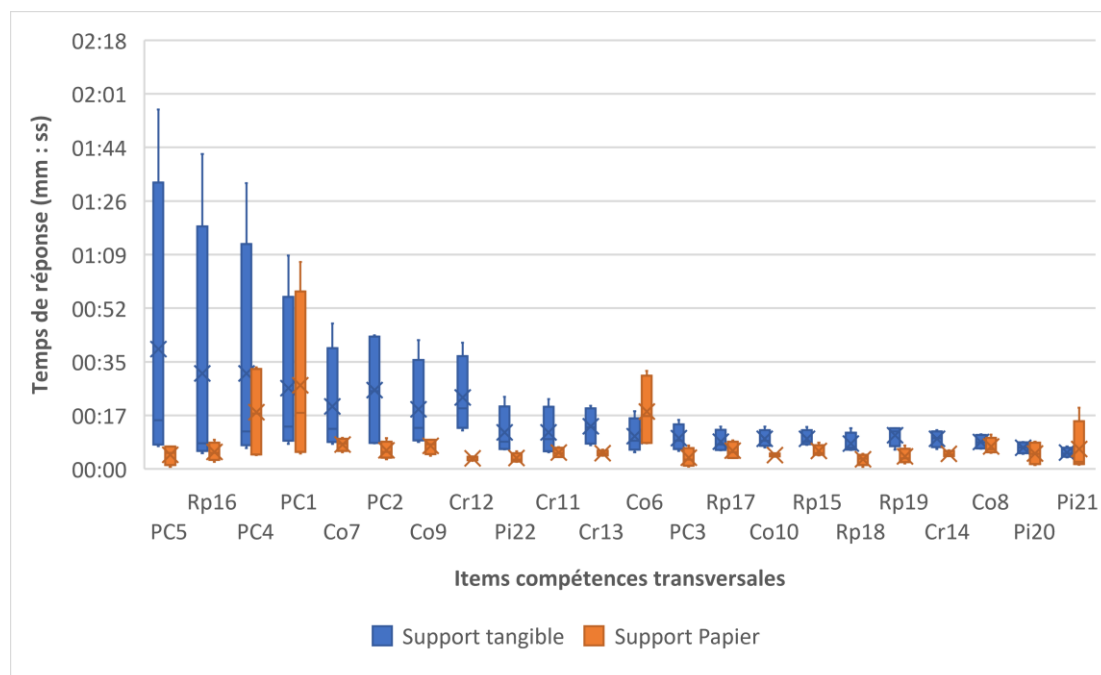
Seulement certains items d'EC0-21 concernant les compétences professionnelles ont pris moins de temps à être complétés en version tangible comparativement à la version papier. Par exemple, c'est le cas pour l'item NU1 « Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour permettre l'individualisation des apprentissages » où les participants ont mis $M_{NU1T} = 45$ sec, $ET_{NU1T} = 44$ sec, $Mdn_{NU1T} = 32$ sec pour le compléter en version tangible, comparativement à la version papier $M_{NU1P} = 1$ min 2 sec, $ET_{NU1P} = 58$ sec, $m_{NU1P} = 47$ sec.

Par ailleurs, on remarque que certains items, tels que NU4 « Tirer le meilleur parti des outils, des ressources et des usages numériques pour développer les apprentissages collaboratifs » ($M_{NU4T} = 29$ sec, $ET_{NU4T} = 25$ sec, $Mdn_{NU4T} = 20$ sec et $M_{NU4P} = 14$ sec, $ET_{NU4P} = 12$ sec, $Mdn_{NU4P} = 11$ sec) ou NU6 « Aider les élèves à s'approprier les outils et les usages numériques de manière critique » ($M_{NU6T} = 46$ sec, $ET_{NU6T} = 14$ sec, $Mdn_{NU6T} = 42$ sec et $M_{NU6P} = 35$ sec, $ET_{NU6P} = 44$ sec, $Mdn_{NU6P} = 14$ sec) ont pris plus de temps à être complétés que d'autres items, tels que DP20 « Mettre en œuvre les moyens de développer ses compétences en utilisant les ressources disponibles » ($M_{DP20T} = 7$ sec, $ET_{DP20T} = 3$ sec, $Mdn_{DP20T} = 6$ sec et $M_{DP20P} = 4$ sec, $ET_{DP20P} = 2$ sec, $Mdn_{DP20P} = 5$ sec) ou DP17 « Réfléchir sur sa pratique entre pairs » ($M_{DP17T} = 8$ sec, $ET_{DP17T} = 3$ sec, $Mdn_{DP17T} = 8$ sec et $M_{DP17P} = 10$ sec, $ET_{DP17P} = 8$ sec, $Mdn_{DP17P} = 8$ sec), par exemple.

Figure 62 - Comparaison des distributions de temps de réponse des participants en fonction du support pour compléter ECo-21 concernant les items des compétences transversales.

Note. PC = « la pensée critique », CO = « la collaboration », CR = « la créativité », RP = « la résolution de problème », PI = « la pensée informatique ».

Les lignes dans les boîtes à moustaches correspondent aux médianes et les croix aux moyennes.



On fait le même constat pour les items des compétences transversales (voir **Figure 62**), les participants prennent plus de temps pour compléter ceux en version tangible comparativement à ceux en version papier. Par exemple, c'est le cas pour l'item PC5 « Identifier la situation-problème en équipe » ($M_{PC5T} = 39$ sec, $ET_{PC5T} = 52$ sec, $Mdn_{PC5T} = 16$ sec, contre $M_{PC5P} = 5$ sec, $ET_{PC5P} = 3$ sec, $Mdn_{PC5P} = 5$ sec, ou encore pour l'item RP16 « Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple » ($M_{RP16T} = 31$ sec, $ET_{RP16T} = 47$ sec, $m_{RP16T} = 8$ sec, contre $M_{RP16P} = 6$ sec, $ET_{RP16P} = 3$ sec, $m_{RP16P} = 5$ sec).

De plus, on remarque pour la condition « tangible » que certains items ont également pris plus de temps pour être complétés que d'autres items. Par exemple, l'item PC5 « Identifier la situation-problème en équipe » ($M_{PC5T} = 39$ sec, $ET_{PC5T} = 52$ sec, $Mdn_{PC5T} = 16$ sec) comparativement à l'item PI21 « Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique) » ($M_{PI21T} = 6$ sec, $ET_{PI21} = 9$ sec, $Mdn_{PI21T} = 2$ sec).

Temps de réalisation et réussite du diagramme araignée

100% de réussite pour la réalisation du diagramme araignée.

Après avoir complété tous les items, seulement les participants de la condition « TANGIBLE » devaient entourer leurs pions avec de la ficelle de sorte à former un diagramme araignée.

Les quatre participants ont réussi. En moyenne, ils ont accompli cette tâche en 4 minutes et 28 secondes ($ET = 9$ secondes) pour l'ensemble des plateaux, voir **Tableau 29**.

Tableau 29 - Temps effectués par les utilisateurs de la condition « Tangible » pour réaliser le diagramme araignée sur les deux plateaux.

Condition	Participants	Sous-tâche : réaliser un diagramme araignée
Tangible	A	04 : 41
	B	04 : 20
	C	04 : 25
	D	04 : 28
	Moyenne	04 : 28
	Médiane	04 : 26
	Écart-type	00 : 09

Perte de temps en raison du partage de matériel.

Lors de la réalisation du diagramme araignée, les personnes devaient se partager les bobines de ficelle et la paire de ciseaux. Par conséquent, elles ont perdu du temps à ce moment-là. Par exemple, la participante B a attendu presque une minute pour avoir la paire de ciseaux. De plus, une des participantes a utilisé un morceau de ficelle prédécoupé qui était trop court pour entourer toutes ses réponses. Donc, elle a dû recommencer la tâche avec un morceau de ficelle plus long. Enfin, certains participants ont demandé s'ils devaient ou non couper la ficelle à la fin ou faire un nœud au début.

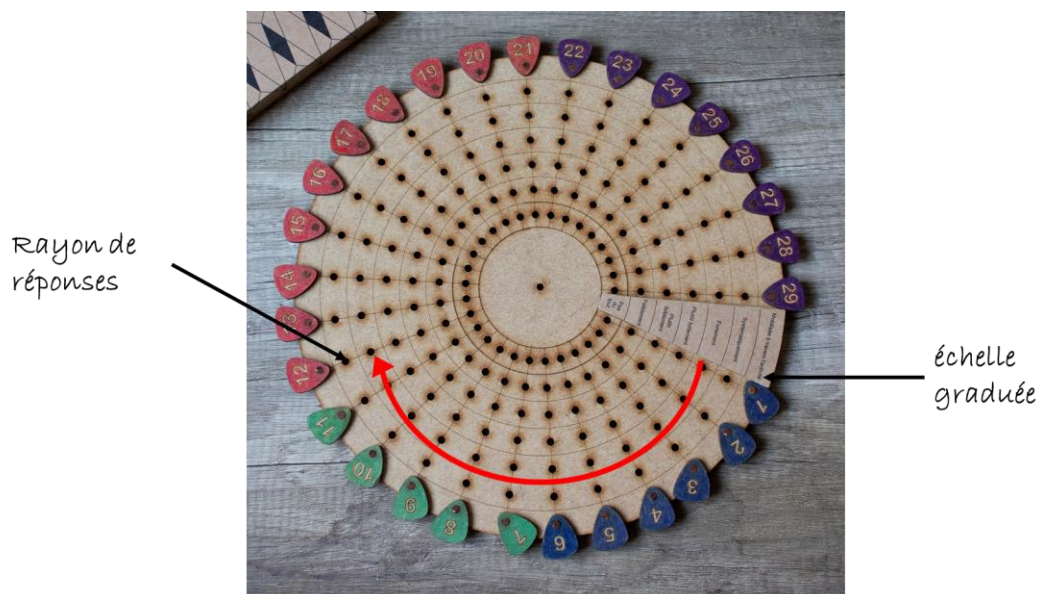
b) Problèmes d'ergonomie du dispositif

Sur la base du pré-test et des critères de Bastien et Scapin (1997), on a soulevé plusieurs problèmes d'ergonomie avec l'utilisation d'EC0-21. Ces problèmes relèvent de :

Problèmes de guidage.

- **Groupement/distinction par la localisation** : la distance entre les grades de l'échelle et des rayons de réponse conduit certains participants à effectuer des actions de vérification (voir **Figure 63**). Ils utilisent leur doigt pour le faire glisser d'un grade de l'échelle jusqu'au rayon de réponse correspondant. Dans ce pré-test, on a pu voir qu'une participante a effectué 9 vérifications, une autre en a réalisé 4 et une dernière en a fait 1.

Figure 63 - Illustration de la distance de l'échelle graduée par rapport à un rayon de réponse.



De plus, pour le plateau des compétences professionnelles, en raison du nombre d'items, les rayons de réponses sont plus rapprochés les uns-des-autres, comparativement à celui des compétences transversales. De ce fait, les rayons de réponses des items 1 et 29 sont très proches de l'échelle graduée. Ils sont tellement proches qu'une participante n'a pas vu le premier rayon de réponses et a commencé à partir du deuxième.

- **Incitation** : Les couleurs et les numéros sur les cartes et les plateaux sont les moyens mis en œuvre pour permettre aux participants de savoir où ils en sont. De plus, les formes au dos et à l'avant des cartes leur permettent de différencier les deux jeux de cartes. Néanmoins, au cours du remplissage, certains participants doutent sur le fait de savoir si ce qu'ils font est juste, s'ils ne se sont pas trompés dans les cartes ou dans leurs réponses. De plus, au début de la passation, une participante a pris le mauvais plateau pour compléter le premier item.

Le **Tableau 30** illustre par des verbatims les doutes qu'ont pu avoir ces participants.

Tableau 30 - Commentaires des participants traduisant leurs incertitudes pour compléter ECo-21.

Commentaires
<i>D : « j'espère que je suis dans le bon truc parce que je ne sais pas si je suis bien là... Différencier son enseignement... »</i>
<i>A : « t'inquiètes pas ça va bien aller soi-disant »</i>
<i>B : « par exemple celui-là il est à 22 et l'autre il est à 29 en fonction du nombre de questions que tu as »</i>
<i>D : « Ah je suis bon oh la vache le miracle »</i>
<i>A : « on applaudit »</i>
<i>D : « oh la vache ah ouais là, c'est le miracle »</i>
Extrait de discours entre A, B et D.
<i>« En fait, c'est comme le 1 comme l'card, ça rien avoir le jeu-là c'est juste si on arrive à mettre les pions au bon endroit si on arrive à ne pas mélanger les jeux de cartes, c'était ça le but (rires) » Participante A</i>

L'incertitude que rencontrent les utilisateurs face aux problèmes de guidage peut les conduire à faire des erreurs dans leurs réponses.

Absence de protection contre les erreurs

- **Absence de protection contre les erreurs** : le dispositif ne permet pas de détecter et de prévenir correctement les erreurs. Par exemple, la participante A n'a reçu aucune information lui indiquant son erreur lorsqu'elle s'est trompée de plateau pour répondre au premier item, ou lorsqu'elle a répondu sur le deuxième rayon de réponse pour compléter le premier item. Cela a eu pour conséquence un enchaînement d'erreurs.

Perturbateurs externes

- **Contexte d'utilisation (environnement, conditions intrinsèques, moment)** : les utilisateurs ont besoin d'être concentrés pour compléter ECo-21. Cependant, au cours de la passation, un des 4 participants a beaucoup parlé. Son comportement a perturbé la concentration des trois autres participantes jusqu'à parfois leur faire commettre des erreurs d'inattention. Le **Tableau 31** renseigne des verbatims qui témoignent de cette perturbation et de ses conséquences.

Tableau 31 - Commentaires de deux participantes exprimant avoir été perturbées au cours de la passation.

Commentaires sur les éléments perturbateurs de concentration
<i>A : « Je vais quand même dire à la caméra que mon voisin de droite a tellement parlé que ça me déconcentre »</i>
<i>B : « c'est ça, c'est difficile »</i>
Extrait de discussion entre le participant A et B.
<i>« Ah mince je suis à 15. Il y a un problème là, j'ai dû me tromper d'un... ah si si ça passe ».</i> Participante A

De plus, on observe des comportements chez les participants qui vont dans ce sens. Par exemple, la participante A a passé à deux reprises une carte item sans s'en apercevoir sur le coup. Elle a également lu des cartes avec

Forte densité informationnelle

- insistance. La participante B se tenait la tête par moment pour tenter de se concentrer.
- **Forte densité informationnelle :** la densité informationnelle concerne la charge de travail du point de vue perceptif et mnésique (Bastien & Scapin, 1997). Comme le montre la **Figure 64**, le nombre élevé d'éléments disposés sur la table a pu entraver la performance de l'utilisateur et augmenter la probabilité d'erreur.

Figure 64 - Les composants d'ECo-21 mis à disposition des participants.



Ce problème est mis en évidence par le questionnement de deux participants au cours du remplissage sur les deux plateaux, les deux paquets de cartes et les cartes définitions. Le **Tableau 32** illustre quelques exemples de questionnements qu'ont pu avoir deux participants.

Tableau 32 - Extraits de discours témoignant d'un surplus d'éléments mis à disposition des participants.

<i>Tangible</i>
« Pourquoi il y a deux paquets déjà ? Par exemple le 2 bleu je vais retrouver du bleu là-dedans ou pas ? » Participant A.
[D : « Il y a combien de roues ? Ah il y en a deux. » A : « Oui » D : « Sérieux ? » A : « Oui. Toi aussi tu savais pas (rires). » D : « Ah il y avait deux paquets pardon » A : « C'est bien écrit une heure, mais il ne faut pas se tromper. Les couleurs, ben non, mais c'est juste tes couleurs sont justes. »]
Extrait de discours entre A et D
[A : « mais tu avais deux paquets au départ, tu les as mélangés ? » D : « Bah ouais » A : « tu les as mélangés ? » D : « Ah c'est possible » A : « Voilà, bon bah » D : « j'ai pas vu qu'il y avait deux roues » Expérimentateur : « nan nan je crois qu'ils sont là les deux paquets, non ? » D : « ouais » A : « ça c'est le deuxième paquet ? » D : « Ouais » A : « les consignes étaient-elles claires ? Non. Faiblement » (rires) D : « Ouais faiblement. (rires) Nan, mais je crois que c'est surtout le mec qui n'était pas opé quoi »]
Extrait de discours entre A, D et l'expérimentateur
« Les grandes elles vont avec celle-là et les petites (cartes) avec celle-là (roue) ? » Participant D.

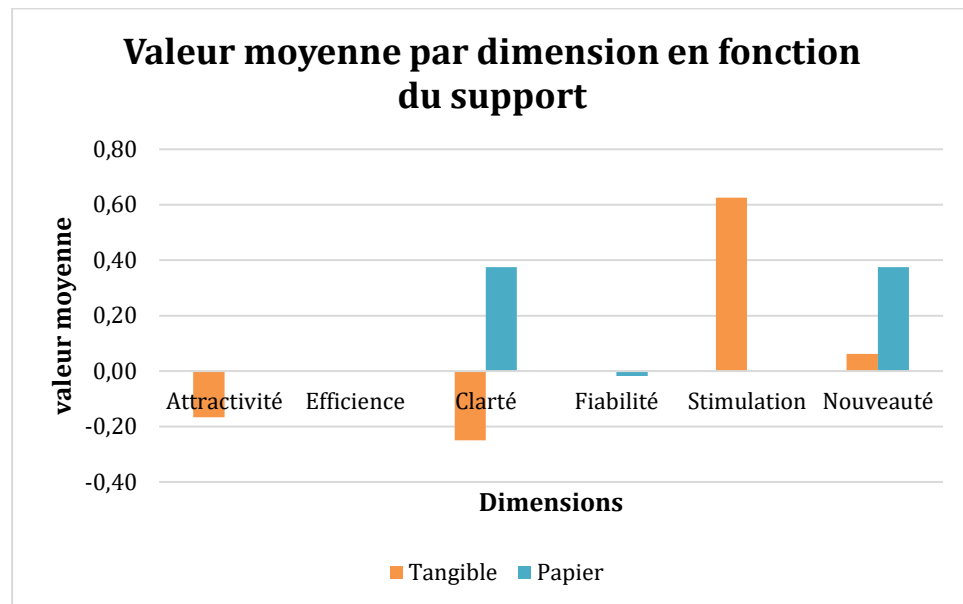
Problèmes techniques

- **Problèmes techniques :** les plateaux, ne disposant pas de couche inférieure pour bloquer les pions, ont provoqué la perte de données lors de de la retranscription des réponses fournies par les participants. De plus, il est arrivé que les deux couches formant un plateau se soient détachées au cours de l'évaluation par les participants.

c) **Scores au UEQ**

Les scores moyens au UEQ sont présentés dans la **Figure 65** par dimension et en fonction de la condition SUPPORT.

Figure 65 - Valeur moyenne des scores au UEQ par dimension en fonction du support (min = -3, max = 3).



Différences non significantes entre les dimensions.

Les valeurs moyennes par dimension sont très proches de zéro. Elles oscillent entre -0,25 et 0,63. Les deux plus grandes différences de moyennes observées entre les conditions se situent au niveau de la clarté (avec $M_{\text{tangible}} = -0,25$; $ET_{\text{tangible}} = 0,35$ et $M_{\text{papier}} = 0,38$ $ET_{\text{papier}} = 0,25$) et de la stimulation (avec $M_{\text{tangible}} = 0,63$; $ET_{\text{tangible}} = 0,75$ et $M_{\text{papier}} = 0,00$ $ET_{\text{papier}} = 0,20$). D'une part, les utilisateurs du groupe « papier » se disent plus familiers avec l'échelle que ceux du groupe « tangible » qui perçoivent, quant à eux, des difficultés à la prendre en main. D'autre part, les utilisateurs du groupe « tangible » ont trouvé l'échelle plus motivante à compléter que ceux du groupe « papier ». Toutefois, ces différences ne sont pas significantes.

d) **Stimulation de l'échelle**

Échelle tangible stimulante.

De par leurs attitudes et leurs comportements, les utilisateurs de la condition « tangible » se sont montrés plus motivés à compléter l'échelle que ceux de la condition « Papier ». Le **Tableau 33** reprend des expressions émises par les participants qui appuient cette différence.

Tableau 33 - Comparaison des commentaires en lien avec la stimulation de l'échelle en fonction de la condition.

Papier	Tangible
<p>[G : « ça fait long quand même ! » H : « ouais » G : « c'est recto verso.. moi je ne comprends ... enfin, j'ai du mal à me concentrer là » H : « Oh putain ! Je n'avais pas vu. J'ai vu 1/4, mais je n'ai pas vu effectivement recto verso »]</p> <p>Extrait de dialogue entre G et H.</p>	<p>« c'est un jeu en fait » Participante C.</p>
	<p>« c'est rigolo les machins là » Participant D.</p>
	<p>« c'est joli » Participante C.</p>
	<p>« Punaise le boulot pour faire le truc hein, c'est incroyable ! Pour faire comme il a fait ! Woah 1, 2, 3 punaise. Vous avez dû vous amuser. Tu fais ça sur un Wooclap, tu as beaucoup moins de boulot » Participant D.</p>

Échelle papier repoussante.

On observe que deux participants de la condition « papier » ont soulevé la longueur de l'échelle. Tandis que deux participants de la condition « tangible » ont exprimé un aspect plus ludique de l'échelle ou ont employé des termes plus positifs.

e) Autour de la réflexion

La réflexion est interprétée, ici, au sens large. Elle peut être portée aussi bien sur la compréhension et l'interprétation de l'item, sur l'activité réalisée, ou encore sur un choix de réponse. Les temps de réflexion sont estimés à partir du délai de réponse entre la lecture de la carte item et avant le placement du pion qui indique le dernier choix de l'utilisateur. À cela, sont pris en considération certains comportements tels que :

- Relire la carte item,
- Demander de l'aide sur la compréhension d'un item,
- Faire des allers et retours avec son pion,
- Émettre des sons de doute,
- Émettre des gestes de doute (par exemple, tapoter son pion sur la table, se tenir la tête ou le menton, fixer la carte, regarder dans le vide),
- Émettre une réflexion à voix haute,
- Avoir une expression faciale de concentration ou de perplexité.

Dans cette étude, les temps de réflexion correspondent à la somme des temps de réflexion obtenus par participant à chaque item par échelle.

Comparaison des temps moyens de réflexion en fonction du support

Le test de Shapiro-Wilk révèle uniquement des données asymétriques sur les temps de réflexion moyens pour la condition « papier » concernant l'échelle sur les compétences professionnelles. D'autre part, nos échantillons sont réduits ($n_{\text{papier}} = 4$, $n_{\text{tangible}} = 4$). Pour ces raisons, nous avons envisagé un test non paramétrique, le test U de Mann Whitney, pour analyser la différence entre les groupes.

Tableau 34 - Statistiques descriptives pour les temps de réflexion obtenus dans les groupes papier et tangible en fonction de l'échelle.

Échelle	Support	Moyenne	Médiane	Écart-type
Compétences professionnelles	Papier	3 : 10	2 : 49	0 : 51
	Tangible	3 : 23	3 : 32	0 : 56
Compétences transversales	Papier	1 : 17	1 : 16	0 : 17
	Tangible	2 : 25	2 : 16	0 : 30

Les utilisateurs prennent plus de temps pour réfléchir aux items avec une échelle tangible plutôt qu'avec une échelle papier seulement pour les compétences transversales.

Concernant l'échelle des compétences professionnelles d'EC0-21, il n'existe pas de différence significative ($U = 7$, $\rho = 0.89$) entre les temps de réflexion observés pour les conditions « Papier » ($Mdn = 2$ min 49 sec) et « Tangible » ($Mdn = 3$ min 32 sec) (voir **Tableau 34**).

Cependant, concernant l'échelle des compétences transversales d'EC0-21, le groupe « Tangible » ($Mdn = 2$ min 16 sec) a présenté un temps de réflexion plus long ($U = 0$, $\rho = 0.29$) par rapport au groupe « Papier » ($Mdn = 1$ min 16).

Compréhension de la consigne générale

Seulement une participante n'a pas compris la consigne générale.

La consigne donnée aux participants était de s'auto-évaluer sur des compétences transversales et professionnelles ciblées à travers les activités vécues depuis leur arrivée au Li'L@b.

On relève que sept participants sur huit ont compris la consigne générale. En effet, une des participantes de la condition « Papier » n'a pas compris correctement l'objet d'évaluation. Le **Tableau 35** présente un extrait de discours qui en témoigne.

Tableau 35 - Commentaires exprimés par les participants marquant des difficultés sur la compréhension de la consigne générale.

Papier
<p>[H : « le premier sujet ça va comme c'est tout ce qui est usage du numérique et que c'est un domaine où j'ai pu répondre, mais alors la suite je suis déjà perdue. » G : « oui, mais même fin par rapport à ce qu'on a fait aujourd'hui. » H : « En fait ça n'a pas avoir. » G : « Bah non » H : « C'est vraiment par rapport à notre pratique quotidienne je pense dans l'enseignement. Donc, du coup, j'ai du mal à me positionner »]</p>
Extrait de dialogue entre les participants G et H

Une participante de la condition « papier », ne parvenant pas à faire le lien avec la situation vécue auparavant, a choisi de se positionner avec ECo-21 par rapport à sa pratique professionnelle quotidienne.

Compréhension et interprétation des items

Difficulté pour interpréter l'item avec la situation vécue.

Pour émettre leur jugement, les utilisateurs devaient d'abord réussir à saisir le sens des termes de chaque composante, puis parvenir à se les représenter par rapport à la situation vécue.

Certains de leurs échanges soulèvent un écart entre l'activité vécue et la composante à interpréter (voir **Tableau 36**).

Tableau 36 - Extraits de dialogue entre les participants qui expriment des difficultés avec le sens des items.

Papier	Tangible
<p>[F : « punaise, il y a des questions... » E : « bah c'est pas forcément adapté à la situation » F : « Non pas du tout non c'est bien ça »]</p>	<p>[D : « Putain, il y a des questions il faut les trouver » A : « ça va pas avec ce qu'on a fait, mais ça va sur tous les supports donc voilà »]</p>
Extrait de dialogue entre les participants A et D.	
Extrait de dialogue entre les participants E et F.	

<p>[H : « le premier sujet ça va comme c'est tout ce qui est usage du numérique et que c'est un domaine où j'ai pu répondre, mais alors la suite je suis déjà perdue. » G : « oui, mais même fin par rapport à ce qu'on a fait aujourd'hui. » H : « En fait, ça n'a pas avoir. » G : « Bah non » H : « C'est vraiment par rapport à notre pratique quotidienne je pense dans l'enseignement. Donc, du coup, j'ai du mal à me positionner »]</p>
Extrait de dialogue entre les participants G et H

L'item 5 pose des problèmes de compréhension.

Non utilisation des cartes « définition ».

Ne porte pas ou peu d'analyse sur leurs réponses.

Sur quatre binômes, trois ont mentionné le fait que les compétences ne correspondaient pas à l'activité qu'ils venaient de vivre. Et on a vu précédemment que pour cette raison, une participante a réalisé son évaluation avec ECo-21 par rapport à sa pratique professionnelle quotidienne.

Au cours de l'étude, un seul participant sur les huit interrogés a demandé de clarifier un item. Il s'agit de l'item 5 « Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction) ».

Enfin, les cartes « définition » n'ont pas été utilisées par les participants.

Représentation des réponses fournies par le diagramme araignée

Après avoir entouré les pions avec de la ficelle pour former un diagramme araignée, les participants de la condition « Tangible » ne se sont pas ou très peu attardés sur la représentation du diagramme araignée. Ils ont eu des commentaires plutôt superflus, illustrés par le **Tableau 37**.

Tableau 37 - Commentaires en lien avec la représentation du diagramme araignée et les compétences travaillées par les participants de la condition tangible.

Tangible
« voilà un beau gâteau » Participante C.
« c'est joli » Participante C.
« ça part dans tous les sens en fait (fait des gestes) » Participante B.
« c'est une œuvre éphémère » Participante A.
« ce qu'est intéressant c'est qu'on a pas du tout le même regard du tout je pense » Participante D.
« pour moi, il y a une partie d'inclusion qui y est pas du tout hein enfin c'est pas qu'elle y est pas, mais c'est pas ça qui était travaillé c'était l'informatique c'était comment dire les ressources numériques actuelles » Participante A.

Par exemple, on peut voir à travers les propos de la participante A, qu'elle a bien compris que si une compétence était peu mobilisée à travers l'activité, c'est parce que celle-ci n'était pas recherchée spécifiquement par le concepteur dans la tâche à réaliser, ou mal mise en avant. Elle est la seule participante à évoquer qu'une compétence a été davantage travaillée (compétence numérique) par rapport aux autres compétences ciblées et qu'une autre compétence (inclusion) y était moins.

Autre exemple, les propos du participant D laissent croire qu'il serait intéressant pour lui de confronter les résultats de chacun pour voir comment ses collègues ont perçu l'activité à travers les compétences ciblées.

Enfin, on peut voir que la participante B s'arrête sur la forme graphique de ses résultats et n'évoque pas les compétences qui ont ou qui n'ont pas été mobilisées.

Au cours du remplissage ou après la réalisation du diagramme araignée, les enseignants ont émis très peu de commentaires au sujet des compétences travaillées.

5.2.4.6 Discussion

Les pré-tests nous ont permis d'avoir des retours réels et concrets issus de l'expérience utilisateur. Ils ont contribué à apporter des améliorations à l'outil et ils nous ont aidés à préparer les prochains tests utilisateurs.

Cette étude nous a également permis de comparer les supports de l'échelle en différenciant la version papier de la version tangible. La manipulation et l'aspect visuel de la version tangible donnent un aspect ludique à l'outil qui stimule et engage les utilisateurs à le compléter comparativement à l'échelle papier qui peut être un peu plus rébarbatif pour le participant. Néanmoins, l'échelle papier reste plus facile et rapide à compléter. En effet, les gens prennent plus de temps pour compléter ECo-21 avec la version tangible comparativement à la version papier.

Ceci peut s'expliquer par le fait que les enseignants sont plus habitués à remplir des échelles papier par rapport aux échelles tangibles.

Puis, il nécessite d'effectuer davantage d'actions pour compléter l'échelle avec la version tangible comparativement à la version papier. Ceci peut venir de la nécessité de manipuler des objets pour accomplir une tâche dans une condition qu'on ne retrouve pas dans l'autre condition. Par exemple, les utilisateurs doivent manipuler les cartes item pour passer aux questions suivantes tandis qu'en version papier, ces derniers vont simplement balayer les yeux de haut en bas pour passer à la question suivante.

Ceci peut s'expliquer également par le fait que le système de réponse est distant des questions pour l'un et à proximité pour l'autre. Par exemple, les répondants doivent répéter pour chaque item les actions de prendre un pion, identifier le rayon de réponse correspondant à la carte item et repérer le degré de l'échelle correspondant à leur réponse, alors que dans l'autre condition, ils doivent effectuer ces actions qu'une seule fois. Ils ont à identifier au début que le système de réponse est positionné à côté de chaque item et prendre un crayon qu'ils peuvent garder à la main pour cocher leur réponse. Pour cette condition, l'échelle étant entièrement graduée pour chaque item, les utilisateurs ont plus de facilité pour situer leur réponse.

De plus, dans la version tangible, on retrouve une tâche en plus. L'activité avec le passage de la ficelle n'est pas une tâche présente dans la condition papier.

Par ailleurs, concernant les temps de réflexion pour compléter l'échelle sur les compétences transversales, les participants ont pris plus de temps dans la version tangible comparativement à la version papier. Si on se réfère aux travaux piagétien ; au paradigme de l'énaction et à la cognition incarnée, l'interaction physique avec les objets qui nous entourent développe notre pensée et notre rapport au monde. Le monde environnant est façonné par l'organisme autant que celui-ci est façonné par le monde (Penelaud, 2010). Klemmer et al. (2006) présente cinq thèmes qui sont importants à prendre en compte pour le design d'interaction, dont la réflexion par l'action. En s'appuyant sur les théories de l'incarnation, ils montrent en quoi nos corps physiques jouent un rôle central dans la formation de l'expérience humaine

dans le monde, la compréhension du monde et les interactions dans le monde. Ainsi, les participantes sont engagées corporellement et cognitivement dans l'activité.

Toutefois, on n'observe pas les mêmes résultats pour les compétences professionnelles où il n'y a pas de différence statistiquement significative. Cependant, nos échantillons étant petits, nos résultats quantitatifs sont à prendre avec précaution. Il serait pertinent de répliquer cette même étude avec un plus grand nombre de participants.

Cette étude présente également des limites méthodologiques :

- Pour des raisons techniques, les utilisateurs en condition tangible étaient situés à proximité les uns des autres, alors qu'en condition papier, ils étaient regroupés par deux. Les principales erreurs commises par les participants avec ECo-21 pour la condition tangible sont principalement liées à de la distraction ou à un manque d'attention qui peuvent-être induits par leur disposition. Donc, nous avons pris en considération pour les tests utilisateurs qu'il est important que l'utilisation d'ECo-21 se fasse dans un environnement calme.
- Les pré-tests ont été réalisés durant la période de la pandémie du Covid-19. Cela a eu pour conséquence, une perte d'effectifs, des contraintes organisationnelles (par exemple : report, puis annulation de formations, protocoles sanitaires), mais aussi des difficultés pour recueillir les comportements liés aux expressions faciales dues au port du masque.
- L'activité du mercredi du Li'L@b qui a constitué la base sur laquelle les utilisateurs devaient s'auto-évaluer était une expérience de lancement d'un concept. Elle permettait aux enseignants de découvrir l'atelier et les outils numériques mis à leur disposition. Elle n'était peut-être pas forcément adaptée à l'auto-évaluation puisque l'approche était plutôt descendante et les enseignants étaient peu actifs. C'est pour cette raison que nous pensons que certains participants ont mentionné que les compétences ne correspondaient pas à l'activité qu'ils venaient de vivre.

5.2.4.7 Conclusion et recommandations

Utilisation d'une seule échelle désormais.

La version tangible d'ECo-21 présente une belle interface stimulante. Toutefois, le surplus d'informations nuit à sa familiarisation. C'est la raison pour laquelle, nous privilégierons désormais une seule échelle à faire compléter. Nous faisons le choix de continuer les tests sur les compétences transversales, parce qu'elles contribuent à faire évoluer les pratiques professionnelles en travaillant sur les compétences nécessaires pour le XXI^{ème} siècle.

Quant à la version papier d'ECo-21, elle semble claire et rapide à remplir, mais peut être aussi rébarbative. Bien que la version papier semble être plus facile et rapide à compléter, les avantages de la version tangible engagent les utilisateurs à réfléchir et le retour visuel donné par le diagramme de Kiviat offre la possibilité d'interpréter leur auto-évaluation.

On retrouve dans le **Tableau 38** les principaux problèmes et constats énoncés dans le pré-test au sujet de la version tangible d'ECO-21 et des solutions envisagées.

Tableau 38 - Problèmes rencontrés avec l'utilisation d'ECO-21 et propositions d'améliorations.

Problèmes et constats	Solutions proposées
Les degrés de l'échelle sont éloignés de l'endroit où l'utilisateur doit répondre	Étiqueter toutes les échelles de réponse
Sensibilité face aux éléments externes qui viennent perturber la concentration	Privilégier un environnement calme et des conditions propices à la concentration
Difficultés à associer les items à la situation vécue	Identifier les items correspondants.
Les deux plaques de médium formant un plateau se sont détachées l'une de l'autre.	Fixer les deux plateaux.
Les pions sont tombés lorsque les utilisateurs ont soulevé le plateau.	Ajouter une couche sous le plateau pour que les pions ne tombent plus.
Beaucoup d'informations avec les deux jeux de cartes qui suscitent des difficultés d'appropriation/ d'apprentissage du système.	Ne proposer qu'une roue des compétences par la suite afin d'en faciliter son utilisation.
Non utilisation des cartes Définition	Enlever les cartes définition
Perte de temps lors de la réalisation du diagramme araignée dû au partage du matériel.	Construire des boîtes de rangement individuelles, où chacun peut trouver le nombre précis de picots dont il a besoin et son bout de ficelle déjà préparé.

Par exemple, on a noté des problèmes de guidage qui empêchent l'utilisateur d'apprécier pleinement l'interaction avec ECO-21. De plus, on comprend que le contexte dans lequel doit être mis l'utilisateur pour compléter ECO-21 est important, car il peut se trouver vite déconcentrer s'il n'est pas dans un endroit calme. Enfin, dans un dernier exemple, le nombre d'éléments disposés sur la table a nui aux utilisateurs pour prendre en main l'outil.

Parmi les solutions proposées, certaines ont été appliquées. La **Figure 66** expose les améliorations apportées au dispositif.

Figure 66 - Les améliorations apportées au Kit ECo-21.



Par exemple, un boîtier pour ranger les différents éléments a été conçu pour chaque plateau. De plus, les différents problèmes techniques rencontrés avec les plateaux ont été corrigés. Cependant certaines recommandations, telles que la suppression des définitions, l'étiquetage des degrés de réponse aux échelles, n'ont pas été appliquées. Il nous semble nécessaire de vérifier ces résultats par des tests utilisateurs avant d'effectuer des modifications.

Suite à ces changements, une consigne a été révisée, plus claire et plus détaillée. Celle-ci est illustrée en **Annexe I : Nouvelle consigne suite au pré-test**.

La compréhension et l'interprétation des items par rapport à l'expérience vécue semblent interroger les utilisateurs, notamment pour l'item 5. Lors des prochains tests utilisateurs, il s'agira d'éclaircir les items qui ont suscité des difficultés.

Ensuite, les scores exprimés au UEQ se montrent peu concluants. Dans le sens où, en moyenne, les points de vue des participants semblent plutôt neutres concernant l'expérience utilisateur avec ECo-21.

Par ailleurs, l'objectif principal visé par ECo-21 est de permettre aux enseignants de tirer un apprentissage sur leur activité et sur les compétences ciblées. On peut voir que les utilisateurs réfléchissent à leur pratique et travaillent sur des compétences professionnelles et transversales. Néanmoins, ces derniers passent peu de temps, à la fin de l'échelle, à regarder, discuter et interpréter leurs réponses. Ainsi, la prochaine étude consistera à traiter le processus de réflexion engagé par le participant et à les interroger sur la représentation qu'ils se font du diagramme araignée, c'est-à-dire sur les compétences qu'ils auront mobilisées ou non.

Une version tangible stimulante.

En conclusion, les pré-tests nous ont permis de continuer avec la version tangible d'EC0-21, pour son côté stimulant, mais nous a amené à alléger le nombre de compétences à évaluer pour faciliter son appropriation. De plus, ces pré-tests nous ont permis d'avoir des retours concrets et nous ont permis d'apporter des améliorations sur le dispositif ECo-21. Les conditions de passation et le scénario seront également revus pour les prochains tests utilisateurs. Dans l'étude suivante, il s'agira de vérifier l'efficacité d'ECo-21. En d'autres termes, il s'agira de vérifier si cet instrument permet de conduire les enseignants à réfléchir sur des activités qu'ils ont vécues, d'identifier le processus de réflexion engagé par les utilisateurs et de voir s'ils font correctement le lien entre leurs réponses et la mobilisation des compétences ciblées.

5.2.5 Tests utilisateurs

5.2.5.1 Objectifs

Retours utilisateurs pour améliorer l'outil.

Les tests utilisateurs vont permettre des retours concrets issus de l'expérience réelle des utilisateurs finaux. Les tests utilisateurs construits pour l'échelle tangible ECo-21 ont pour objectif de vérifier la bonne compréhension et la bonne utilisation de l'instrument. Les entretiens permettront d'analyser le processus de métaréflexion mis en jeu et de vérifier que le design permet aux utilisateurs de se représenter les compétences mobilisées et non mobilisées.

5.2.5.2 Participants

9 enseignantes femmes dans le 2nd degré.

Afin de développer les usages pédagogiques du numérique, la DNE met en œuvre des [travaux académiques mutualisés](#) qui permettent de favoriser la rencontre entre les académies autour de thèmes émergents du numérique éducatif. Dans ce cadre, 9 enseignantes dans le second degré ont été recrutées pour participer au test utilisateur. Elles n'ont jamais utilisé ECo-21 auparavant.

Le **Tableau 39** présente les profils utilisateurs. Les utilisateurs sont toutes des femmes qui enseignent dans le second degré en langues (Allemand, Anglais et Espagnol). Elles sont en moyenne âgées de 42 ans et possèdent en moyenne 16 ans d'ancienneté dans leur métier.

Tableau 39 - Profil des utilisateurs.

Participant	Sexe	Âge	Discipline enseignée	Années d'expérience dans la fonction d'enseignant
A	Femme	40 ans	Allemand	16 ans
B	Femme	44 ans	Espagnol	21 ans
C	Femme	40 ans	Espagnol	17 ans
E	Femme	29 ans	Espagnol	17 ans
F	Femme	35 ans	Anglais	12 ans
G	Femme	48 ans	Allemand	20 ans
H	Femme	54 ans	Allemand	26 ans
I	Femme	48 ans	Anglais	23 ans
J	Femme	49 ans	Anglais	13 ans

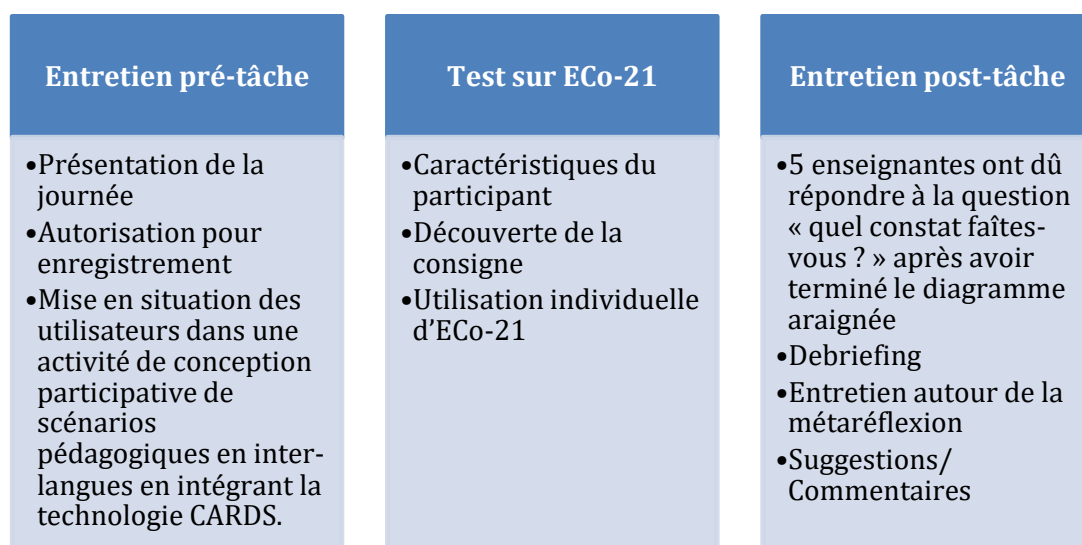
5.2.5.3 Procédure

Conditions contraintes par les règles sanitaires.

La journée du test a été organisée durant la pandémie du Covid-19. Dans le respect des règles sanitaires imposées par le gouvernement français, les enseignants ont dû porter un masque de protection tout au long de la journée.

Le test a eu lieu au collège Paul Valéry à Borny. Les différentes étapes du test sont présentées dans la **Figure 67**.

Figure 67 - Les étapes du test utilisateurs.



a) **Entretien pré-tâche**

Le déroulement de l'ensemble du test suivait un programme précisé par le **Tableau 40**, où trois expérimentateurs et une animatrice se sont réparti les tâches. L'animatrice était enseignant-chercheur en IHM et sciences de l'éducation. Pour commencer, le contexte et le déroulement de la journée étaient expliqués aux enseignantes. Les participantes étaient invitées à signer une fiche de consentement donnant l'autorisation à être enregistrée (voir **Annexe J : Fiche de consentement**). Dans le cadre des TraAM, les enseignantes ont dû réaliser des activités de conception participative. Elles ont découvert un outil numérique nommé CARDS (Giraudeau et al., 2019), un système de réalité mixte qui combine des objets physiques et numériques dans un espace de travail homogène et abordant pour favoriser l'apprentissage collaboratif. Après avoir pris en main ce système, elles devaient co-concevoir des scénarios pédagogiques en inter-langue en intégrant CARDS.

Tableau 40 - Déroulement de la journée du test.

Horaires	Expérimentateur 1	Expérimentateur 2	Animatrice	Expérimentateur 3
9h00 – 9h30	Accueil, présentation de la journée et du Li'L@b et tour de table			
9h30 – 10h00	Présentation du projet e-TAC et démonstration du prototype CARDS			
10h00 – 10h30	Prise en main personnelle de CARDS			
10h30 – 12h	Conception participative encadrée avec le système CARDS			
12h00 - 13h30	Repas			
13h30 - 14h15	Passation ECo-21	Passation ECo-21	Suite de la conception participative encadrée avec le système CARDS	
	Entretien 1	Entretien 1		
14h15 - 15h00	Passation ECo-21	Passation ECo-21	Bilan	
	Entretien 2	Entretien 2		
15h00 - 15h45	Passation ECo-21	Passation ECo-21	Rangement	Passation ECo-21
	Entretien 3	Entretien 3		Entretien 1
15h45 - 16h30	Passation ECo-21	Passation ECo-21	Rangement	
	Entretien 4	Entretien 4		

Une feuille de route a accompagné les expérimentateurs (voir **Annexe K : Feuille de route**) pour conduire l'ensemble du déroulement du test et mettre les utilisateurs en situation dans des conditions identiques.

Afin d'être mises plus au calme pour compléter ECo-21, à tour de rôle, deux à trois participantes étaient appelées chacune par un expérimentateur qui les conduisait dans une autre salle. Pour la même raison, celles-ci étaient placées à l'opposé de l'autre dans la salle. Elles n'étaient jamais plus de deux enseignantes dans la salle. Devant chacune d'elles était placé un set d'ECo-21 sur les compétences transversales et une caméra était fixée à leur table. L'enregistrement vidéo était lancé au moment de la lecture du scénario.

b) Scénario

Afin d'identifier le public interrogé, il était demandé à la personne de remplir quelques informations personnelles, telles que le genre, l'année de naissance, le niveau ou la discipline enseignée, l'enseignement (premier ou second degré) et l'année d'entrée dans la fonction d'enseignant. Ensuite, l'expérimentateur lisait à voix haute le scénario pour garantir l'identification de l'ensemble des étapes à réaliser. Lors de la réalisation du scénario, la consigne était de verbaliser ses actions et ses pensées, afin de comprendre leur comportement.

Le scénario était divisé en 2 sous parties permettant à chacune de tester plusieurs fonctionnalités distinctes (voir **Annexe L : Scénario**). À l'aide d'ECO-21, les utilisatrices devaient s'auto-évaluer sur leur sentiment d'avoir mobilisé ou non des compétences transversales ciblées à travers les activités de conception participative vécues auparavant dans la journée et réussir à se les représenter mentalement. Pour cela, deux tâches différentes leur étaient demandées.

c) Entretien post-tâche

Les utilisateurs devaient répondre à quelques questions permettant d'avoir un retour sur leur expérience utilisateur avec ECO-21 et d'identifier d'éventuelles difficultés qui n'étaient pas observables lors des tests. Enfin, d'autres questions leur ont été posées sur la manière dont ils ont réfléchi pour répondre aux différents items dans le but de comprendre le processus métacognitif mis en jeu (voir **Annexe K : Feuille de route**).

Dans un autre temps, nous avons demandé à la formatrice qui était également la conceptrice de l'activité et l'animatrice de la session avec CARDS de compléter ECO-21. Elle devait répondre à l'échelle en fonction des compétences qu'elle pensait mobiliser chez les participantes à travers la mise en œuvre de son activité.

5.2.5.4 Analyse

Les analyses ont été effectuées à partir d'enregistrements vidéo filmés avec des caméras Q2n, à l'aide du logiciel The Observer XT 14 (Noldus, 1991). Plusieurs mesures ont été prises en compte, telles que les temps de réalisation du test, les temps de réflexion estimés, la réussite ou non des tâches, les verbatims et les observations face aux attitudes et comportements des participants avec l'échelle, la comparaison entre les scores à ECO-21 entre les participants et le concepteur de l'activité.

Une utilisatrice (I) a été complètement retirée de l'analyse à cause d'une erreur de compréhension de l'objet d'évaluation. Une autre utilisatrice (G) a été retirée partiellement de l'analyse en raison d'un problème technique lors de l'enregistrement vidéo. Seulement, l'entretien post-tâche et les réponses émises à l'échelle par cette utilisatrice ont été pris en compte.

5.2.5.5 Résultats

Les items numérotés dans cette partie renvoient à la liste d'items présentée dans le Tableau 27.

a) **Temps de réalisation du test et réussite de la tâche**

100% de réussite.

Toutes les participantes ont réussi l'ensemble des tâches du scénario. Elles ont répondu aux items dans l'ordre croissant pour quatre d'entre elles et dans l'ordre décroissant pour les trois autres.

Une tâche est dite réussie si l'utilisatrice est parvenue à prendre l'information sur la carte item, à positionner le pion dans le rayon du plateau correspondant au bon item et au bon degré de sentiment de mobilisation, entourer tous les pions avec le morceau de ficelle.

Le **Tableau 41** relève la vitesse moyenne de chaque participant pour compléter ECo-21.

Tableau 41 - Temps effectués par les sept participantes pour réaliser le scénario.

Participants	Temps de complétion à ECo-21 (en minutes : secondes)
A	13 : 13
B	12 : 16
C	06 : 38
E	13 : 33
F	16 : 05
H	14 : 57
J	13 : 37
Moyenne	12 : 54
Médiane	13 : 33
Écart-type	03 : 02

Une participante a complété ECo-21 très rapidement.

Pour compléter Eco 21, les participantes ont eu besoin d'environ un quart d'heure. Les temps moyens pour compléter Eco21 sont proches à l'exception d'une répondante. Cette durée moyenne relativement courte est favorable à une intégration à la fin d'une session de conception, en ne rallongeant pas de manière excessive sa durée.

On remarque que la participante C a complété ECo-21 très rapidement par rapport aux autres participantes, soit 6 minutes et 38 secondes. Cette participante n'a pas explicité ses pensées au moment de compléter ECo-21, mais a seulement lu et exprimé ses réponses à voix haute.

Temps de complétion par item

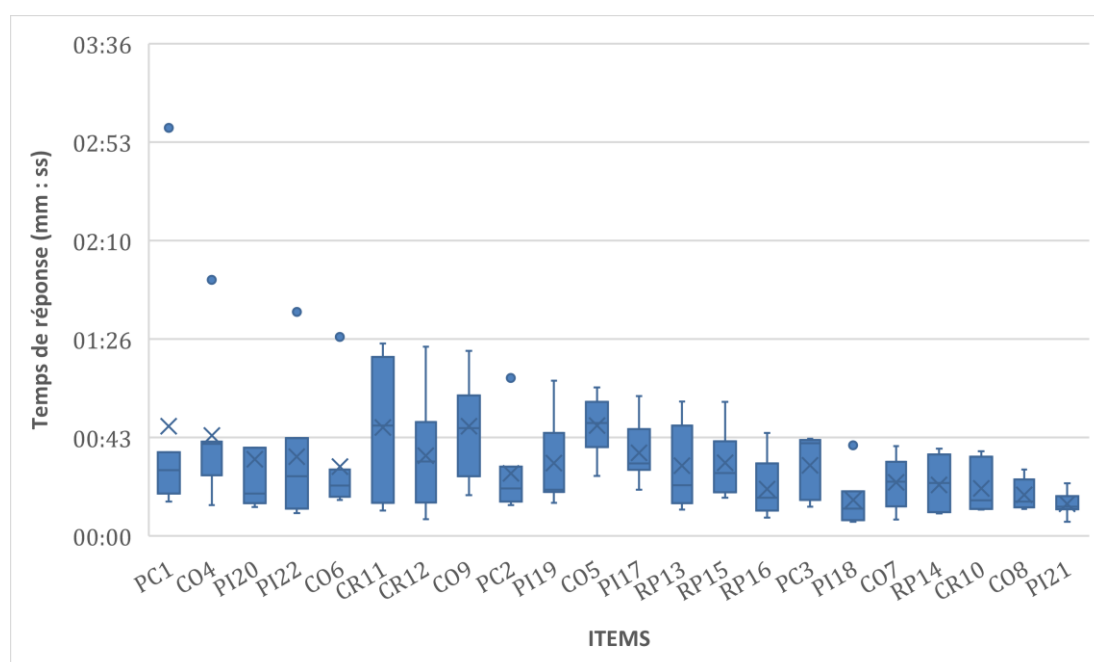
100% de réussite.

Toutes les participantes ont réussi à compléter les items. Le temps moyen par item est relativement similaire. Toutefois, certaines participantes ont mis plus de temps pour réussir à compléter certains items par rapport aux autres, voir la **Figure 68**.

Figure 68 - Distribution des temps de réponse des participants par item.

Note. PC = « la pensée critique », CO = « la collaboration », CR = « la créativité », RP = « la résolution de problème », PI = « la pensée informatique ».

Les lignes dans les boîtes à moustaches correspondent aux médianes et les croix aux moyennes.



On peut voir qu'une participante a mis 2 minutes et 59 secondes pour compléter l'item PC1 « *Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre* » et 1 minute et 50 secondes pour compléter l'item PI20 « *Capacité à créer un programme informatique (programmation)* ». On a observé que cette dernière a rencontré des difficultés pour se plonger dans l'activité et garder sa concentration. Les items lui ont semblé abstraits. De plus, elle explicitait sa réponse en mentionnant la différence entre l'activité du matin et celle de l'après-midi.

De plus, une participante a mis 1 minute et 9 secondes pour compléter l'Item PC2 « *Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre* ». On peut voir que celle-ci s'est concentrée sur la carte parce qu'elle juge ne pas l'avoir mobilisée.

Ensuite, pour une autre participante, l'item CO4 « *Définir en équipe un objectif commun* » lui a pris 1 minute et 52 secondes pour le compléter. On a observé que la participante s'est assurée d'avoir bien compris l'énoncé de l'item auprès de l'expérimentateur. Puis, elle a poursuivi en explicitant sa réponse, mais celle-ci a

évalué CARDS plutôt que ses compétences à travers l'activité. L'expérimentateur a donc recentré l'utilisatrice en lui redonnant l'objet d'évaluation.

Puis, une autre participante a pris 1 minute et 27 secondes pour compléter l'item CO6 « *Établir et maintenir une organisation partagée* » et 40 secondes pour compléter l'item PI18 « *Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)* ». On a également observé qu'elle prenait du temps pour expliciter sa réponse en différenciant l'activité qui s'est réalisée le matin de celle qui s'est passée l'après-midi. De plus, elle exprime son hésitation à voix haute entre deux degrés de l'échelle.

On remarque que pour l'item CR11 « *Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative* », seulement deux participantes l'ont complété en moins de 20 secondes.

Enfin, une autre participante a mis 1 minute et 38 secondes pour répondre à l'item PI22 « *Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)* ». On a observé qu'elle a demandé de l'aide parce qu'elle rencontrait des difficultés à comprendre l'énoncé et à identifier la situation faisant référence à l'activité vécue préalablement.

Temps de matérialisation et réussite du diagramme araignée

Seulement une participante n'a pas réussi.

Mauvaise expérience utilisateur avec le passage de la ficelle.

Concernant la matérialisation du diagramme araignée par l'entourage des pions, une seule utilisatrice a demandé de l'aide pour faire tenir la ficelle. Toutes les autres ont réussi en 1 minute 19 secondes en moyenne.

Toutefois, la plupart des participantes ont rapporté ne pas s'être senti à l'aise pour faire passer la ficelle autour des pions. Le **Tableau 42** présente des exemples de propos qu'ont pu tenir certaines utilisatrices concernant le passage de la ficelle.

Tableau 42 - Commentaires de participantes exprimant leur gêne par rapport à l'entourage des pions avec la ficelle.

Commentaires sur la matérialisation du diagramme araignée

« *Je connaissais pas ce petit truc ça amuserait mon fils j'ai séché les cours de tricot ça se voit. Je ne sais pas ce que je suis en train de faire, mais je le fais oh la vache vous pouvez pas me donner un truc comme ça j'aurai du vous le dire on a quelques heures devant nous ? allez hop allez on va faire un petit nœud rien quand on voit comment je fais les fils on comprend que ma pensée n'est pas claire ca y est la ca va ?* »
Participante B.

« *Ouais heureusement il n'y a pas les compétences manuelles parce que là c'est pas hum c'est une catastrophe alors bah écoutez je vais galérer vous pouvez me tenir ça s'il vous plait ça c'est la partie la plus compliqué de votre questionnaire je pense ou la plus amusante pour vous.* » Participante E.

« *Alors fallait dire qu'il fallait être en plus (rire) habile ce que je ne suis pas d'ailleurs hop hop mon dieu oups oh crotte de bique je fais un nœud je fais quoi à la fin ?* » Participante J.

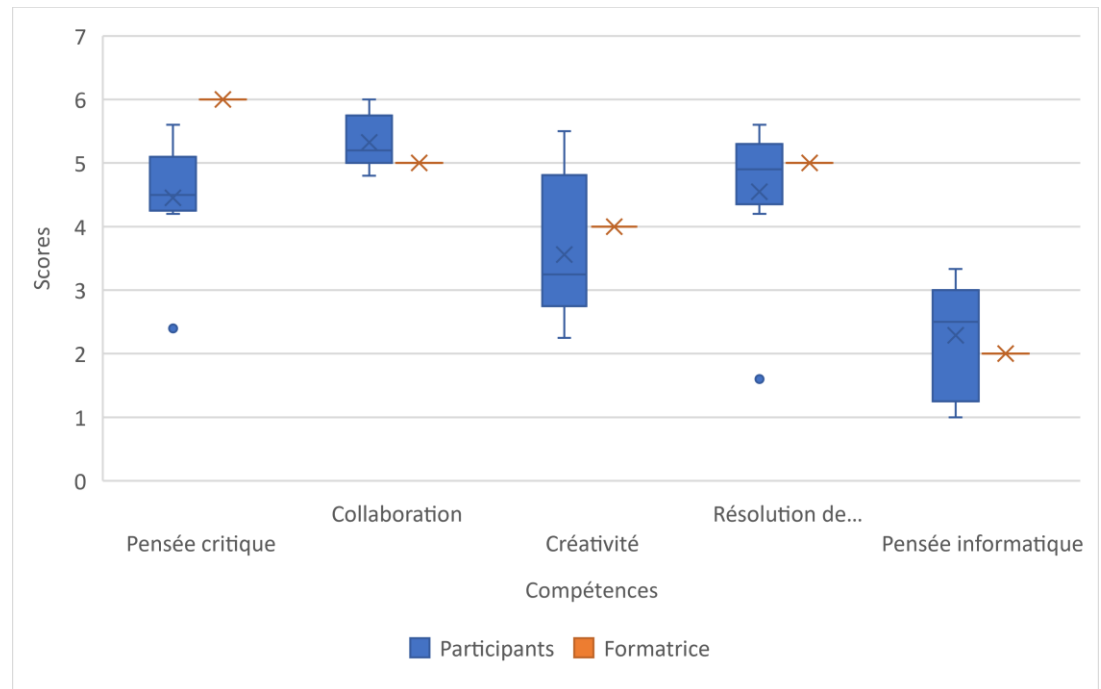
« *Je vois pas spécialement de difficultés ne serait-ce si ce n'est passer la ficelle d'un pion à l'autre pour que ça tienne, mais sinon.* » Participante A.

« *Après il ne faut pas être dyspraxique pour pouvoir faire le petit tour avec la ficelle.* » Participante F.

Comparaison des réponses à ECo-21 entre le concepteur de l'activité et les participants

La Figure 69 met en avant la comparaison entre les moyennes des réponses des participants par dimension et les réponses fournies par le concepteur de l'activité à ECo-21.

Figure 69 - Différences des scores par dimension entre les participants et le concepteur de l'activité.



Seulement, les scores pour la pensée critique divergent entre participants et concepteur.

On retrouve une certaine cohérence entre les compétences transversales cibles que le concepteur pense faire mobiliser et le sentiment qu'ont eu les utilisateurs d'avoir mobilisé ces compétences. Les dimensions d'ECo-21 sont similairement interprétées par les différents acteurs. Toutefois, c'est moins le cas pour la dimension « pensée critique ». Les objectifs de la séance semblent avoir été compris. Ce résultat permet d'envisager Eco-21 également comme un outil favorable à l'évaluation de l'efficacité d'une formation du point de vue du formateur.

b) Problèmes d'ergonomie du dispositif

Sur la base des tests utilisateurs et des critères de (Bastien & Scapin, 1997), on a soulevé plusieurs problèmes d'ergonomie avec l'utilisation d'ECo-21. On retrouve certains problèmes soulevés dans les pré-tests, mais également d'autres constats tels que des :

Problèmes de guidage.

- Groupement/distinction par la localisation : la distance entre les grades de l'échelle et des rayons de réponse conduit certaines participantes à effectuer

des actions de vérification. Le **Tableau 43** indique le nombre de fois où les participantes en ont effectué en fonction de l'item où elle se trouvait.

Tableau 43 - Le nombre d'actions de vérification réponse/échelle.

Note. « Ps » = Participants.

Actions de vérification réponse/échelle						
Ps	Item 11	Item 12	Item 13	Item 17	Item 4	Item5
B		1			1	
C				1		1
F	1	1	1	1		
J		1				

Globalement, les numéros d'items situés à l'opposé de l'échelle graduée sont ceux qui ont suscité le plus cette action de vérification chez les participantes. Par exemple, la participante F a réalisé cette action pour les items 11, 13 et 17. Elle s'est même demandé si l'échelle graduée pouvait être déplacée.

« 13 et ça, ça ne peut pas bouger ? (en parlant de l'échelle de réponse) » Participante F

Il arrive parfois que cela se produise avec des numéros d'items plus proches de l'échelle graduée, comme c'était le cas pour la participante B qui a réalisé cette action pour l'item 4.

- **Incitation** : l'ordre dans lequel doit être complété ECo-21 n'est pas intuitif pour certaines utilisatrices. Par exemple : on peut voir dans le **Tableau 44**, deux utilisatrices solliciter l'expérimentateur pour vérifier par où elles doivent commencer.

Tableau 44 - Commentaire de deux participantes marquant l'absence de guidage.

Commentaires sur l'absence de guidage
« Je n'étais pas obligé de commencer par le 1 ? » Participante J.
« Je peux commencer par n'importe lequel ou je suis obligée de commencer par résolution de problème. » Participante E.

De plus, on remarque, au cours de la passation, qu'une utilisatrice s'est trompée dans l'empilage des cartes complétées et celles encore non complétées. Ceci l'a conduit à croire s'être trompé et à douter de l'ordre dans lequel étaient présentées les cartes item. Le **Tableau 45** présente un extrait de paroles qu'a eu une utilisatrice témoignant de cette frustration.

Tableau 45 - Commentaire d'une participante témoignant d'une difficulté liée à la gestion des erreurs.

Commentaire sur la gestion des erreurs

« 14 Ah mince du coup je ne regardais pas les numéros, je pensais qu'ils étaient dans le bon sens. Zut ! Alors, je reviens. Désolé. Donc, explorer nan capacité alors 14 si c'était ça pourtant ah, mais je ne les ai pas mis dans le bon nan c'est moi en fait alors évaluer ma démarche 12 alors » Participante F.

Choix de réponse limité.

- **Un choix de réponse limité :** Certaines utilisatrices nous ont rapporté que le format de réponse fourni par ECo-21 était limité. Le **Tableau 46** illustre cette limite par le témoignage de deux participantes et expose deux cas où les utilisatrices ont eu besoin d'explicitier leur réponse.

Tableau 46 - Commentaires de deux participantes témoignant d'un choix de réponse limité.

Commentaires sur un choix de réponse limité

« hhhhh alors mes compétences, bah disons que les réponses sont quand même fortement limitées on peut pas expliquer enfin ce que ce que vous me disiez vous aviez le droit de parler en même temps j'avais le droit de parler, mais ça ne pouvait pas forcément être retranscrit ici [...] » Participante F

« euh oui, donc comme je disais ce qui m'a posé le plus problème, c'est les phrases, en fait, quand elles n'étaient pas assez précises ou quand ça touche à des items qui doivent être explicités. Je pense que parfois c'est difficile que ce soit dans un questionnaire comme ça ou que ce soit là de vraiment répondre à certaines questions en disant oui non je c'est ça qui ou même le degré parfois on hésite entre un deux ou trois c'est pas toujours on a besoin de l'explicitier du coup » Participante G

« Ce qui m'embête c'est qu'en fait il faut je pense que les deux activités enfin pratiquer l'activité sur la table et créer un scénario c'est pas du tout la même chose donc là il faut trouver le juste milieu entre deux activités je pense que ça aurait été plus facile d'évaluer une activité d'un côté puis l'autre activité de l'autre. » Participante H

« Définir en équipe un objectif commun le matin oui l'après-midi non alors c'est pas évident quand c'est comme ça hein (rire), mais il faut dire que l'après-midi alors l'après-midi j'explicitie on était plus nombreux et les deux équipes étaient réunies et on a eu justement du mal à trouver un point d'accord [...] donc je vais mettre faiblement par rapport à l'après-midi pas au matin je parle beaucoup du matin et de l'après-midi je suis désolée » Participante J.

Lors du remplissage d'ECo-21, on a observé que deux participantes ont eu des difficultés pour évaluer leur ressenti global sur l'ensemble des activités, car celles-ci ont vécu la situation du matin différemment de celle de l'après-midi. Ainsi, elles auraient souhaité nuancer leur réponse. Elles se sont donc servies des entretiens d'explicitation pour s'exprimer et explicitier leur choix.

Contexte d'utilisation.

- **Contexte d'utilisation (environnement, conditions intrinsèques, moment) :** une participante a eu du mal à se concentrer en passant le test en milieu d'après-midi. Le **Tableau 47** montre les signaux exprimés par la participante.

Tableau 47 - Commentaires d'une participante témoignant d'un manque de concentration.

Commentaires de la participante H

« Pour un vendredi après-midi, c'est un peu abstrait tout ça. »

« J'y comprends rien du tout à cette heure-ci. C'est là que je me dis finalement les élèves face à une langue étrangère des fois (rires) »

« c'est dommage que vous n'avez pas eu deux salles différentes [...] »

Elle a décroché trois fois de l'activité et s'est sentie dérangée par la voix de sa collègue qui passait le test au fond de la salle. De plus, elle a été perturbée par l'entrée d'un intervenant.

c) **Appréciations générales**

Le **Tableau 48** résume les points positifs et négatifs en fonction du support, exprimés par les participantes.

Tableau 48 - Les points positifs et les points négatifs exprimés par les participantes en fonction du support (papier vs tangible).

Note. « Ps » = Participants.

Ps	Support tangible		Support papier	
	Points positifs	Points négatifs	Points positifs	Points négatifs
A	L'aspect visuel et faire le geste parle plus que de mettre une croix sur une ligne. Plus agréable de manière générale			Fastidieux d'avoir une liste de questions et de mettre des croix.
B	L'aspect visuel. Voir son organisation avancer petit à petit. Ludique. Placer les pions permet d'ordonner sa pensée.			
C	L'aspect visuel facilite l'interprétation des résultats.	L'aspect pratique (le plateau) crée une limite, la forme circulaire pose problème pour placer les pions		
J	Agréable. L'aspect visuel avec la ficelle. Plus de manipulation, se sent acteur			
E	L'aspect visuel du diagramme araignée sera plus facilement remis en mémoire que des cases. Plus attractif. Le point de vue spatio-kinesthésique reste plus longtemps en mémoire. Nouveau. Voir l'ensemble en un seul coup d'œil.		Papier recyclable	Les pages recto verso c'est « plombant ». Ne donne pas envie d'être rempli.

Ps	Support tangible		Support papier	
	Points positifs	Points négatifs	Points positifs	Points négatifs
F	Plus ludique, plus de réflexion, le fait de rentrer le pion dans les cases, ça laisse plus d'ouverture à la réflexion.		Les degrés de réponse sont répétés sous chaque case et à chaque item. Plus facile de revenir sur une question encore non complétée.	Une envie de cocher les cases le plus rapidement possible (de manière machinale)
G	L'aspect visuel avec la ficelle qui fait ressortir les données, les couleurs qui différencient les rubriques, ludique	Ne veut pas perturber l'organisation des cartes, se sent obligé de répondre dans l'ordre.	Les degrés de réponse sont répétés sous chaque case et à chaque item. Linéaire. Demande plus de réflexion pour choisir le degré.	
H	L'aspect visuel avec la ficelle et les pions permettent de visualiser mieux les résultats. Ludique par rapport au fait de cocher. Plus attractif			Moins visuel au niveau des résultats.

La plupart des utilisatrices semblent préférer le support tangible au support papier.

Globalement, les utilisatrices apprécient la version tangible d'ECO-21 pour son aspect visuel et ludique, mais aussi pour le côté gestuel qu'il implique. À l'inverse, les utilisatrices n'apprécient pas que certains items ne soient pas clairs et que les choix de réponses proposés soient limités quand il y a besoin d'explicitier leurs réponses. Certaines souhaiteraient pouvoir partager le sens de la question avec leurs collègues. De plus, l'outil est également perçu comme demandant beaucoup de concentration et de réflexion. Enfin, l'échelle étiquetée une seule fois et la forme circulaire du plateau semblent leur être moins pratiques pour répondre.

Globalement, les utilisatrices apprécient la version papier d'ECO-21 pour l'échelle étiquetée sur l'ensemble des items. Néanmoins, son format leur semble moins attirant à compléter. Par exemple, la participante F a mentionné le fait d'avoir envie de cocher les cases le plus rapidement possible, de manière machinale.

Selon les utilisatrices, ECO-21 est utile pour les raisons suivantes :

- Il permet de prendre le temps d'avoir une réflexion sur leurs activités, que les enseignantes n'auraient pas forcément pris, si elles n'avaient pas dû le compléter,
- Avoir une vue d'ensemble et faire un bilan de sa réflexion, c'est-à-dire connaître les points positifs et les points à travailler,
- Il aide à se concentrer,
- Il impose de se positionner,

Porter une réflexion sur les pratiques professionnelles et sur les compétences transversales.

- Il permet de travailler sur des compétences transversales ciblées qui sont nécessaires pour le XXIème siècle.

Voici un exemple de propos tenus par une participante témoignant de son utilité :

« Bah justement sur le côté autoréflexif euh et on ne prend pas forcément le temps de le faire si on n'a pas un outil en face de soi en fait c'est vrai que je suis plus souvent dans l'action et faire ce qu'il y a à faire et je prends pas beaucoup le temps d'avoir un recul sur ce que j'ai pu faire et cet outil là le permet je trouve »

Participante F.

Seulement une enseignante ne voit pas d'utilité immédiate. Il faudrait, selon elle, une utilisation plus régulière pour observer une progression.

d) *Autour de la réflexion*

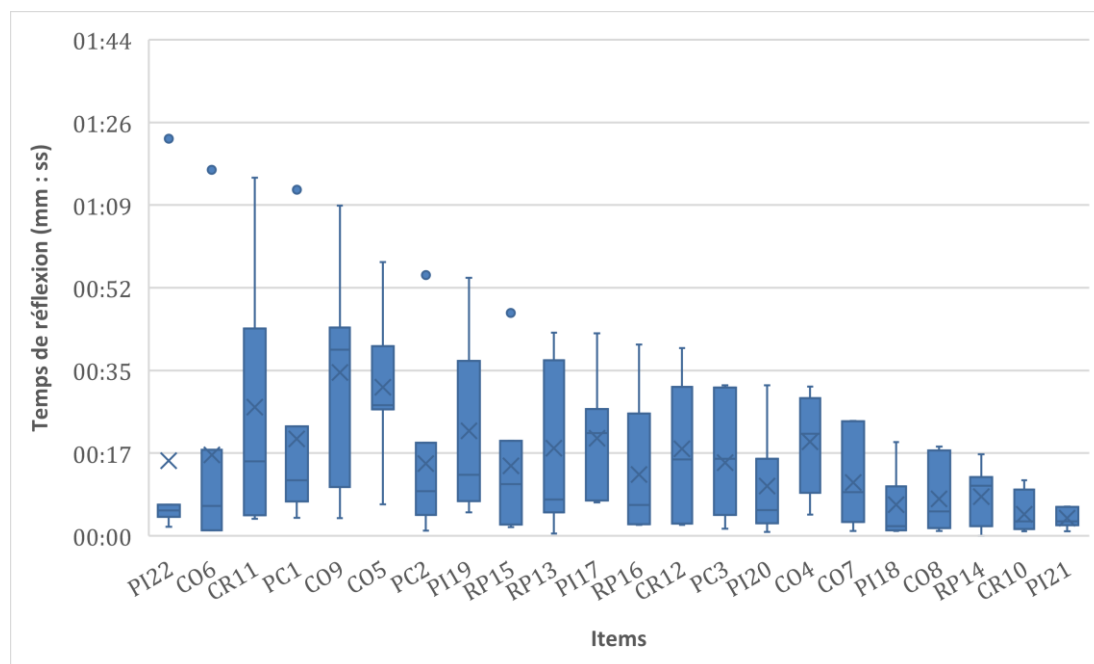
Rappelons que la réflexion est interprétée, ici, au sens large. Elle peut être portée aussi bien sur la compréhension et l'interprétation de l'item, que sur l'activité réalisée, ou encore sur un choix de réponse. Les temps de réflexion sont estimés à partir du délai de réponse entre la lecture de la carte item et avant le placement du pion qui indique le dernier choix de l'utilisateur. À cela, sont pris en considération certains comportements tels que :

- Relire la carte item,
- Demander de l'aide sur la compréhension d'un item,
- Faire des allers et retours avec son pion,
- Émettre des sons de doute,
- Émettre des gestes de doute (par exemple, tapoter son pion sur la table, se tenir la tête ou le menton, fixer la carte, regarder dans le vide, etc.),
- Émettre une réflexion à voix haute,
- Avoir une expression faciale de concentration ou de perplexité.

Temps de réflexion

En moyenne, les participantes ont réfléchi 16 secondes par item ($ET = 6$ sec, $Mdn = 16$ sec). La **Figure 70** illustre la distribution des temps de réflexion par item pour chaque participant.

Figure 70 – Distribution des temps de réflexion (en minutes : secondes) des participants par item à ECO-21.



On remarque que les items CO9 « *Savoir gérer les difficultés du travail en équipe dans le respect et la recherche de solutions* » ($M_{CO9} = 34$ sec, $ET_{CO9} = 22$ sec et $Mdn_{CO9} = 39$ sec), CO5 « *Identifier la situation-problème en équipe* » ($M_{CO5} = 31$ sec, $ET_{CO5} = 15$ sec et $Mdn_{CO5} = 27$ sec), CR11 « *Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative* » ($M_{CR11} = 34$ sec, $ET_{CR11} = 26$ sec et $Mdn_{CR11} = 16$ sec) et PI19 « *Comprendre la logique d'un algorithme (littératie numérique)* » ($M_{PI19} = 22$ sec, $ET_{PI19} = 18$ sec et $Mdn_{PI19} = 13$ sec) ont des temps de réflexion moyens plus élevés que les autres items.

On observe plusieurs items pour lesquels les participants ont eu des temps de réflexion extrêmes, tels que l'item PC1 « *Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre* », PC2 « *Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre* ».

De plus, on remarque que les items CR11 « *Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative* » et PI22 « *Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)* » ont également un temps de réflexion extrême. En effet, on estime qu'une participante a réfléchi pendant 1 minute et 15 secondes pour compléter l'item 11 et 1 minute et 23 secondes pour remplir l'item 22. Ces deux items semblent lui avoir posé difficulté puisque la participante a relu respectivement 4 et 3 fois l'énoncé des items.

Puis, l'item CO6 « *Établir et maintenir une organisation partagée* » a suscité un temps de réflexion plus long chez une participante, soit 1 minute et 16 secondes. On observe qu'elle a des difficultés à prendre une décision parce qu'elle différencie l'activité du matin, où elle a mobilisé la compétence, de l'après-midi, où elle ne l'a pas mobilisé.

Temps de réflexion plus long pour comprendre ou interpréter l'item.

Temps de réflexion plus long pour différencier deux temps d'activités.

Pour les items RP15 « *M'engager dans une solution efficace en tenant compte du contexte de la situation problème* » et RP16 « *Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple* », une même participante a pris un temps de réflexion plus long que les autres participantes, soit respectivement 47 secondes et 40 secondes. On peut voir que la participante a rappelé la situation faisant référence à l'item et s'est assurée d'avoir compris correctement les items auprès de l'expérimentateur.

Compréhension de la consigne générale

Le temps de réflexion implique le temps de compréhension de l'objet évalué par ECo-21. Ici, les utilisatrices devaient s'évaluer elles-mêmes sur des compétences transversales cibles à travers les situations de conception participative qu'elles ont vécues juste avant.

Dans l'ensemble, les résultats montrent que les enseignantes ont compris ce qu'elles devaient évaluer. Cependant, trois d'entre elles ont sollicité l'expérimentateur pour avoir des informations complémentaires concernant l'objet d'évaluation. Le **Tableau 49** regroupe ces sollicitations.

Tableau 49 - Aide externe ou sollicitation sur la consigne générale.

Participant	Aide externe / sollicitation sur la consigne générale
E	L'expérimentateur rappelle l'objectif.
E	« Bah là c'est par rapport vraiment à ce matin c'est ça ? si on a eu un problème et »
F	« C'était uniquement par rapport à l'activité sur la table ? »
H	« C'est toujours pendant l'activité c'est pas après »
H	« Donc on parle bien de ce matin le truc qu'on a testé sur la table quoi »

Les utilisatrices se sont interrogées sur l'activité à évaluer. De plus, l'expérimentateur a dû intervenir une fois pour recentrer une participante vers l'objectif visé. Rappelons qu'une utilisatrice a été retirée de l'analyse pour s'être trompée dans l'objet d'évaluation. Celle-ci a évalué le prototype CARDS et son potentiel technologique tout le long de l'échelle.

Compréhension et interprétation des items

Le temps de réflexion enveloppe la compréhension et l'interprétation des items. Il s'agit pour les participantes de saisir le sens des termes et de parvenir à expliquer ces termes par rapport à la situation vécue.

Le terme « itération » est incompris.

Les termes « modéliser », « algorithmes », « vision technologique », « situation » et « positionnement » sont difficiles à associer avec la situation.

Le terme « techno-créativité » est incompris.

L'analyse révèle que certains items ont manqué de clarté et que les enseignantes ont éprouvé des difficultés à interpréter les items à travers les activités réalisées auparavant. Toutes les participantes ont mentionné avoir eu des difficultés avec l'item 5 et particulièrement avec le terme « itération ».

De plus, le terme « modéliser », employé dans l'item 22, a soulevé des difficultés pour quatre enseignantes. Pour les items 4 et 20, ce sont d'associer les termes « algorithmes » et « vision technologique » avec la situation qui semble avoir posé des difficultés pour trois participantes.

Ensuite, le terme « positionnement » utilisé dans l'item 2 a interrogé deux participantes.

Enfin, pour une participante, l'item 1 manquait de clarté et le terme « situation » employé dans l'item 15 n'a pas su être renvoyé à un élément de la situation vécue et pour une autre enseignante le terme « techno créativité » utilisé dans l'item 14 n'a pas été compris.

De plus, au cours de la passation, trois enseignantes ont sollicité l'expérimentateur pour avoir un éclaircissement sur la définition des items 4 et 5, voir **Tableau 50**.

Tableau 50 - Aide externe ou sollicitation sur les items ou les définitions.

Participantes	Items	Aide externe / sollicitation sur les items ou définitions
E	Item 4	« Ça c'est si je trouve que c'est technologique le produit c'est ça ? »
E	Item 5	« Je ne comprends pas bien ce qu'il y a écrit la numéro 5 »
E	Item 15	« Donc du problème c'est ça ? »
H	Item 5	« Vous pouvez me rappeler la définition exacte de "itération" »
J	Item 5	« Capacité à identifier alors là c'est sur quoi ? pensée critique d'accord capacité à identifier des objets et des itérations analyse abstraction euh (bruit de bouche) par rapport à quoi je ne comprends .. à identifier des objets et des itérations je ne comprends pas la question j'ai pas eu... on n'a pas eu à identifier des objets spécifiquement si c'était manipuler sur e-tac bah oui on a pu je je je fais rien enfin je mets pas du tout parce que je ne sais pas quoi répondre à cette question je suis navrée puis par rapport à la pensée critique je ne vois pas le rapport, mais bon »

Le **Tableau 51** relève le nombre de fois où les items ont été relus par les personnes.

Tableau 51 - Le nombre de fois où les items sont relus par les participantes.

Relit l'item	Items															
	1	2	4	5	7	8	9	11	13	14	15	17	19	20	21	22
A		5	2	1	1		1	4				1				3
B				1			2	2	1		1	1				
C	2			1		1					1	1	1	1	1	
F				3	1		2	3	2			1	3	1		1
H	1	1		3			1			1		1		2		
J																1

L'analyse des enregistrements vidéo a montré que six participantes ont relu au moins une fois un item et que le nombre de relectures pouvait aller jusqu'à cinq fois par participante. Par exemple, la participante A a relu l'item 2 cinq fois. Les items 5 et 17, quant à eux, ont été relus au moins une fois par cinq participantes. L'item 5 montre encore une fois un manque de clarté.

**Compréhension de
« programmation »
au sens de
préparation de
séances de cours.**

Ensuite, l'analyse a montré qu'une enseignante a compris le terme « programmation » au sens utilisé dans sa culture professionnelle, c'est-à-dire à la préparation d'un cours et non, ici, du code informatique.

De plus, une enseignante a fait la remarque que l'item 13 « Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple. » pouvait être divisé en trois items puisqu'il contient trois propositions.

**Cartes
« définition »
inutiles.**

Au cours de la passation d'ECo-21, seulement trois enseignantes ont utilisé les cartes définition pour les aider à mieux comprendre le champ de certaines composantes (voir **Tableau 52**). Hormis deux participantes, toutes ont jugé que les cartes définition ne leur ont pas été utiles. Néanmoins, certaines d'entre elles ont suggéré de privilégier des cartes définition pour les composantes plutôt que pour les groupes de compétences.

Tableau 52 - Les définitions des compétences lues par les participantes.

Lit une définition					
Participantes	Collaboration	Créativité	Pensée critique	Pensée informatique	Résolution de problèmes
B	1	1	1	0	1
E	4	1	1	1	1
H	2	2	2	1	1

Engagement dans un processus métacognitif

Concernant le processus de réflexion engagé par les enseignantes pour compléter ECo-21, l'analyse des entretiens semi-directifs et ceux d'explicitation montrent que celles-ci engagent un processus métacognitif.

Prise de recul des enseignantes sur leurs actions.

Les enseignantes effectuent bien une prise de recul sur leurs actions. Le **Tableau 53** présente des exemples d'arguments exprimés par les utilisatrices qui vont dans le sens d'un engagement dans un processus métacognitif.

Tableau 53 - Commentaires de plusieurs utilisatrices prouvant qu'elles engagent une métaréflexion.

Note. « Ps » = Participants.

Ps	Commentaires
J	« Sélectionner une solution en tenant compte du contexte et de la situation-problème bah on a essayé de sélectionner alors ce matin on y est arrivé on a pu construire quelque chose euh voilà on avait une situation problème on a trouvé la solution en s'entendant tous ensemble par contre cet après-midi pas du tout euh je pense que chacun va repartir sans avoir vraiment une solution ni surtout une idée de scénario précis. »
G	« Bah j'ai tout de suite pensé à ce qu'on a fait ce matin et j'ai essayé de me représenter de me rappeler comment on a travaillé hm oui et après j'ai essayé de voir par rapport à moi-même comment au sein du groupe je me suis positionnée par rapport à telle ou telle activité. »
H	« Bah c'était un peu le même questionnement de base, est-ce que j'ai l'impression d'avoir fait ça ce matin ou pas en gros. C'était la question que je me suis posée à chaque fois. Après par rapport à mon mode de fonctionnement bah j'ai pas eu l'impression d'avoir mis ça en œuvre ce matin quoi »

Par exemple, la participante J exprime un jugement métacognitif quand elle dit qu'elles ont été efficaces le matin, mais pas l'après-midi. De plus, elle explique la manière dont elle est parvenue à atteindre l'objectif lorsqu'elle mentionne qu'elles sont parvenues à sélectionner une solution en tenant compte du contexte et de la situation-problème en « s'entendant tous ensemble ».

Globalement, le processus de réflexion engagé par les enseignantes pour compléter ECo-21 peut être modélisé de la façon suivante :

1. L'utilisatrice tente de comprendre les termes de l'item,
2. L'utilisatrice tente de se remémorer la situation vécue,
3. L'utilisatrice tente de se représenter les items à travers la situation vécue,
4. L'utilisatrice tente de juger de la difficulté de la tâche par rapport à la compétence interrogée,
5. L'utilisatrice tente de se rappeler la manière dont le groupe a réalisé l'activité,
6. L'utilisatrice réfléchit si le groupe a atteint ou non l'objectif de la tâche,
7. L'utilisatrice réfléchit à ce qu'elle a fait et la manière dont elle l'a fait,
8. L'utilisatrice réfléchit à si elle a mobilisé ou non la compétence.

L'étape consistant à se représenter les items à travers la situation vécue auparavant a été déclarée par la plupart des utilisatrices comme l'action requérant

un effort cognitif plus important pour certains items. Ceci peut expliquer en partie un temps de réflexion parfois plus long. Le **Tableau 54** relève deux extraits qui témoignent de cette difficulté.

Tableau 54 - Témoignages sur les difficultés à interpréter les items par rapport à la situation vécue.

Note. « Ps » = Participants.

PS	Commentaires
F	« Mes difficultés c'était par rapport à certains mots de vocabulaire au lexique qui était employé euh par rapport à l'activité qu'on a fait ce matin je ne voyais pas forcément le rapport » Participante F.
J	« Non c'est plutôt dans le vocabulaire voilà de quel objet parle-t-on de quel pfoi c'est plutôt sur ça de le ramener à l'expérience de ce matin voilà par rapport à quoi identifier quels objets de quoi parle-t-on ? » Participante J.

Pour ces participantes, il était parfois difficile d'identifier à quoi faisait référence un élément de l'item par rapport à la situation vécue.

Représentation des réponses fournies par le diagramme araignée

Pas ou peu de temps pris par les enseignantes sur la représentation du diagramme araignée formé.

Après avoir entouré les pions avec la ficelle pour former un diagramme araignée, les enseignantes ne se sont pas ou peu attardées sur la représentation du diagramme araignée. Par exemple, une participante a seulement déclaré :

« Euh A quoi ça ressemble ça ? À une étoile, mais pas terminée. » Participante C.

Une enseignante a mentionné ne pas avoir compris tout de suite l'objectif visé en complétant ECo-21.

« Bon c'est vrai que voilà on a identifié, à la fin quand vous me demandez de réfléchir sur ça je fais le lien, mais au départ quand vous me demandez de positionner, etc. je ne vois pas forcément pourquoi ». Participante J.

Temps pris par les enseignantes sur la représentation du diagramme araignée lorsqu'elles y sont contraintes par une question.

Toutefois, si on demande aux participantes de s'attarder sur le diagramme araignée en répondant à la question « Quel constat faites-vous ? ». Les résultats montrent que les enseignantes parviennent à visualiser l'ensemble de leurs réponses rangées par groupe et à différencier ce qui a été mobilisé de ce qui n'a pas été mobilisé. Toutefois, sur certains points, la représentation des compétences mobilisées reste légère :

- Une enseignante utilise uniquement les couleurs pour exprimer ce qui est mobilisé et ce qui ne l'est pas. Elle ne fait pas appel au nom des compétences. (voir **Annexe P : Réponses fournies par la participante G à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées**)
- Une enseignante aborde les compétences en indiquant celles qui sont en haut ou en bas du diagramme. Elle ne fait pas le lien avec la mobilisation ou non des compétences. (voir **Annexe O : Réponses fournies par la participante**

H à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées)

- Une enseignante fait un constat global et donne des raisons aux compétences non mobilisées. Elle n'aborde pas la situation vécue et ce qu'elle a fait pour mobiliser ces compétences. (voir **Annexe M : Réponses fournies par la participante J à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées.**)
- Une enseignante va un peu plus loin dans son analyse que les autres. Elle reprend le nom de toutes les compétences, différencie ce qui a été travaillé de ce qui n'a pas été travaillé et fait un rapprochement avec la situation vécue et ce qu'elle et le groupe ont fait. (voir **Annexe N : Réponses fournies par la participante E à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées**)

5.2.5.6 Discussion

Les tests utilisateurs ont permis d'obtenir des retours concrets issus de l'expérience réelle des utilisateurs finaux. Ils nous ont permis de mettre en lumière la bonne compréhension et la bonne utilisation de l'instrument, mais aussi d'identifier les éléments à modifier pour perfectionner l'instrument. Les entretiens pendant et après l'utilisation de l'instrument ont permis d'analyser le processus de métaréflexion mis en jeu et de regarder la représentation des compétences mobilisées et non mobilisées chez les utilisateurs.

On peut voir que les principaux termes qui posent difficulté aux utilisateurs font partie de la compétence « pensée informatique » faisant référence au modèle #5c21 de Romero (2017). Les enseignants semblent peu familiers avec les termes utilisés dans le domaine de la culture numérique. On peut faire le lien avec l'enquête PROFETIC (Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse, 2018) qui a montré que seulement 11% des enseignants du second degré déclarent avoir totalement intégré le numérique dans leurs activités professionnelles. De plus, comme il a déjà été soulevé dans l'étude avec les accords inter juges, les énoncés des composantes étant par essence abstraits, il convient de donner des précisions.

La cohérence des scores à ECo-21 entre le concepteur de l'activité et les participants conduit à penser qu'ECo-21 pourrait servir également aux formateurs pour évaluer l'atteinte de leurs objectifs transversaux. Toutefois, la compétence « pensée critique » a suscité des résultats différents entre le concepteur et les participants à ECo-21. Cette disparité peut être attribuée à une interprétation différente des composantes, où une idée ou une œuvre, ne peut pas être associée à un outil numérique, par exemple.

ECo-21 pourrait être accompagné d'un atelier de médiation, mené par un formateur, pour faciliter la prise de conscience des compétences transversales mobilisées chez les enseignants (Campanale et al., 2010). Cet atelier permettrait aux enseignants de poser des questions au formateur et avoir des réflexions en rapport avec les

compétences transversales et les activités réalisées. Celui-ci pourrait leur apporter des connaissances, les aider à élaborer des interprétations et du sens aux pratiques observées ou décrites et les conduire à déplacer leurs points de vue, à les décentrer, en convoquant des théories qui prennent sens et forme dans un discours mettant en cohérence la « théorie » et la « pratique ».

L'activité avec l'instrument ECo-21 a conduit les participantes à repenser à leurs actions et à réfléchir sur la mobilisation de compétences ciblées. Celles-ci engagent un processus métacognitif au sens de Brown (cité dans Quiles, 2014), leur permettant de prendre conscience des actions réalisées pour parvenir ou non à mobiliser la composante ciblée et à un jugement d'avoir ou de ne pas avoir été efficace. Cependant, elles ne vont pas jusqu'à l'étape de la décision métacognitive qui correspond à la prise de décision de modifier ou non l'activité cognitive en fonction du résultat du jugement cognitif. On peut dire qu'ECo-21 participe ou amorce une démarche de réflexion sur ses propres actions en conception participative. L'activité avec le diagramme de Kiviat permet également à l'utilisateur de se questionner et de réfléchir sur les compétences cibles mobilisées. Toutefois, on remarque que les participantes ont dû mal à formuler, expliciter concrètement les compétences mobilisées. Elles utilisent des couleurs, des orientations (par exemple : « les compétences du haut ») pour désigner les compétences.

Cette étude présente également des limites méthodologiques :

- Les personnes pouvaient se retrouver jusqu'à deux dans une même pièce pour compléter ECo-21. Pour éviter des interactions entre elles, nous les avons invitées à se mettre à l'opposé l'une de l'autre de la pièce. Malgré cette disposition, nous avons constaté que si l'utilisateur est fatigué, il est plus difficile pour lui de compléter ECo-21 et se distrait plus facilement. Il est donc important que l'utilisation d'ECo-21 se fasse dans un environnement calme et en fonction du rythme circadien et scolaire.

En effet, la théorie de la charge mentale (Sweller et al., 2011) postule que les capacités de traitement de l'information sont limitées, et que cette capacité est rapidement saturée lorsque l'on essaie de traiter une quantité importante d'informations. Ainsi, si ECo-21 est conçu de manière à surcharger la capacité cognitive de l'apprenant, cela peut entraîner une performance réduite et une prise de conscience des compétences mobilisées inefficace.

La théorie identifie trois types de charges cognitives : la charge cognitive intrinsèque, la charge cognitive extrinsèque et la charge cognitive « essentielle ». La charge cognitive intrinsèque est liée à la complexité intrinsèque du matériel à apprendre, tandis que la charge cognitive extrinsèque est liée aux facteurs externes tels que la présentation du matériel et l'environnement d'apprentissage. La charge cognitive « essentielle » est liée à la compréhension et à l'intégration des informations nouvellement apprises dans la structure cognitive existante de l'apprenant. ECo-21 suscitant une charge cognitive intrinsèque importante, il est nécessaire de réduire au maximum la charge cognitive extrinsèque.

- Tout comme les pré-tests, les tests utilisateurs ont été réalisés durant la période de la pandémie du Covid-19. Cela a eu les mêmes conséquences, une perte d'effectifs, des contraintes organisationnelles (par exemple : report, puis annulation de formations, protocoles sanitaires), mais aussi des difficultés pour recueillir les comportements liés aux expressions faciales dues au port du masque. Nous avons donc privilégié une analyse qualitative.
- Durant les pré-tests, l'analyse des expressions faciales était rendue difficile par le port du masque, nous avons donc choisi d'utiliser la technique d'explicitation pour les tests utilisateurs. Cette technique nous a permis d'en connaître davantage sur les pensées des participants au moment de compléter ECo-21. Toutefois, cette technique peut avoir aussi engagé la métaréflexion chez le sujet. On peut alors s'interroger sur les temps de réflexion. Les participants auraient-ils réfléchi autant aux items s'ils n'avaient pas dû s'exprimer à l'oral sur leurs actions ? Il pourrait alors être intéressant d'ajouter à l'instrument un moyen aux utilisateurs de pouvoir s'exprimer sur leur réflexion.

5.2.5.7 Conclusion et recommandations

Une interface ludique qui donne envie d'être remplie.

La version tangible d'ECo-21 présente une belle interface ludique comparativement à l'échelle papier. Globalement, les utilisatrices ont su se servir d'ECo-21 pour s'auto-évaluer sur des compétences transversales cibles à travers une expérience vécue en conception participative. Toutefois, elles ont rencontré des difficultés principalement liées au manque de guidage, mais pas seulement. On trouvera dans le **Tableau 55**, un résumé des points à améliorer sur ECo-21 et quelques recommandations.

Tableau 55 - Les points à prendre en considération et leurs recommandations.

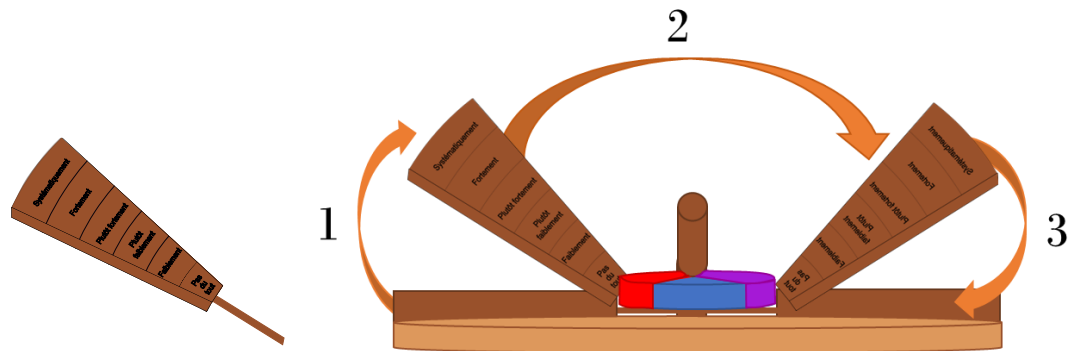
Problèmes rencontrés	Solutions proposées
Les degrés de l'échelle sont éloignés de l'endroit où l'utilisateur doit répondre.	Fabriquer une échelle graduée qu'on peut bouger près de l'endroit où l'on doit répondre.
Éléments perturbateurs.	Privilégier un environnement calme. Faire passer ECo-21 individuellement, sans personne dans la même pièce.
Erreur constatée dans l'empilage des cartes qui conduit l'utilisatrice à douter de l'état de son avancement.	Fabriquer un sabot pour mettre la pile de cartes.
Choix de réponse limité.	Ajouter un enregistreur audio. Effectuer un atelier après l'utilisation d'ECo-21 pour discuter avec ses pairs et le concepteur de l'activité.
Le passage de la ficelle met mal à l'aise les participants.	Utiliser des bâtonnets avec des rondelles colorées (rappelant les compétences) à la place.
L'item 13 évalue trois idées différentes.	Diviser l'item 13 « Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple. » en trois items.
Manque de clarté de certains items.	Ajouter des précisions aux items. Former les utilisateurs à ces concepts. Ajouter un atelier de médiation sociale après l'utilisation d'ECo-2.
Les cartes Définition ne sont pas ou sont peu utilisées.	Enlever les cartes Définition.
Temps passé sur le diagramme araignée pas ou peu existant. Peu d'interprétation de la part des utilisateurs sur leurs réponses.	Ajouter une tâche à ECo-21 pour conduire les utilisateurs à se questionner davantage sur leurs pratiques et sur la mobilisation des compétences transversales.

Le placement d'un pion éloigné de l'échelle graduée crée une incertitude chez l'utilisateur.

Un premier point concerne l'incertitude chez l'utilisateur pour placer son pion. Cette incertitude est suscitée par la distance de l'échelle graduée par rapport à l'emplacement des choix de réponses. Face à cette distance, nous suggérons de remplacer l'échelle fixée au plateau par une échelle amovible. La **Figure 71** illustre une version future de l'échelle graduée avec ses déplacements possibles sur le plateau.

Figure 71 - L'échelle graduée et ses déplacements possibles.

Note. 1) Lever l'échelle de bas en haut ; 2) Faire une rotation avec l'échelle jusqu'à la position souhaitée ; 3) Descendre l'échelle.



Amélioration de l'échelle graduée.

Celle-ci serait composée d'une languette qu'on fixerait au centre du plateau à l'aide d'un picot. Il serait alors possible de lever et tourner l'échelle en fonction de notre avancée sur le plateau. Afin de repositionner l'échelle plus facilement sur le plateau, la partie où figurait l'expression « Mobilisée à travers l'activité » serait enlevée. Cette expression apparaîtrait au même niveau, mais désormais sur l'arc de cercle du plateau.

Création d'un sabot pour ranger les cartes à lire.

Ensuite, pour que les utilisateurs évitent de se tromper dans l'organisation des cartes lues et non lues, nous proposons d'ajouter au kit, un sabot où les utilisateurs pourraient placer et piocher les cartes encore non lues (voir Figure 72).

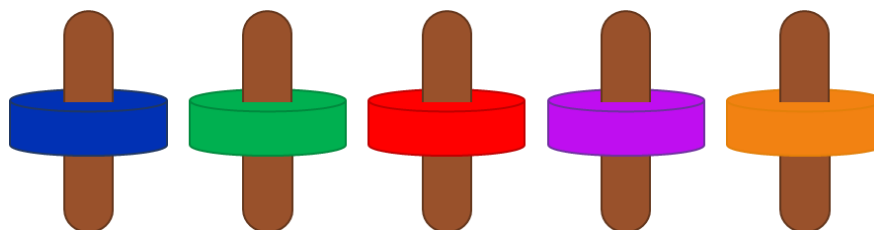
Figure 72 - Sabot pour piocher les cartes item



Remplacer la tâche avec la ficelle qui rend mal à l'aise l'utilisateur par des rondelles colorées situées au niveau des pions.

Puis, pour substituer à la tâche avec le passage de la ficelle qui met mal à l'aise les utilisateurs, nous proposons d'ajouter aux pions des rondelles de couleurs représentant les compétences (voir Figure 73).

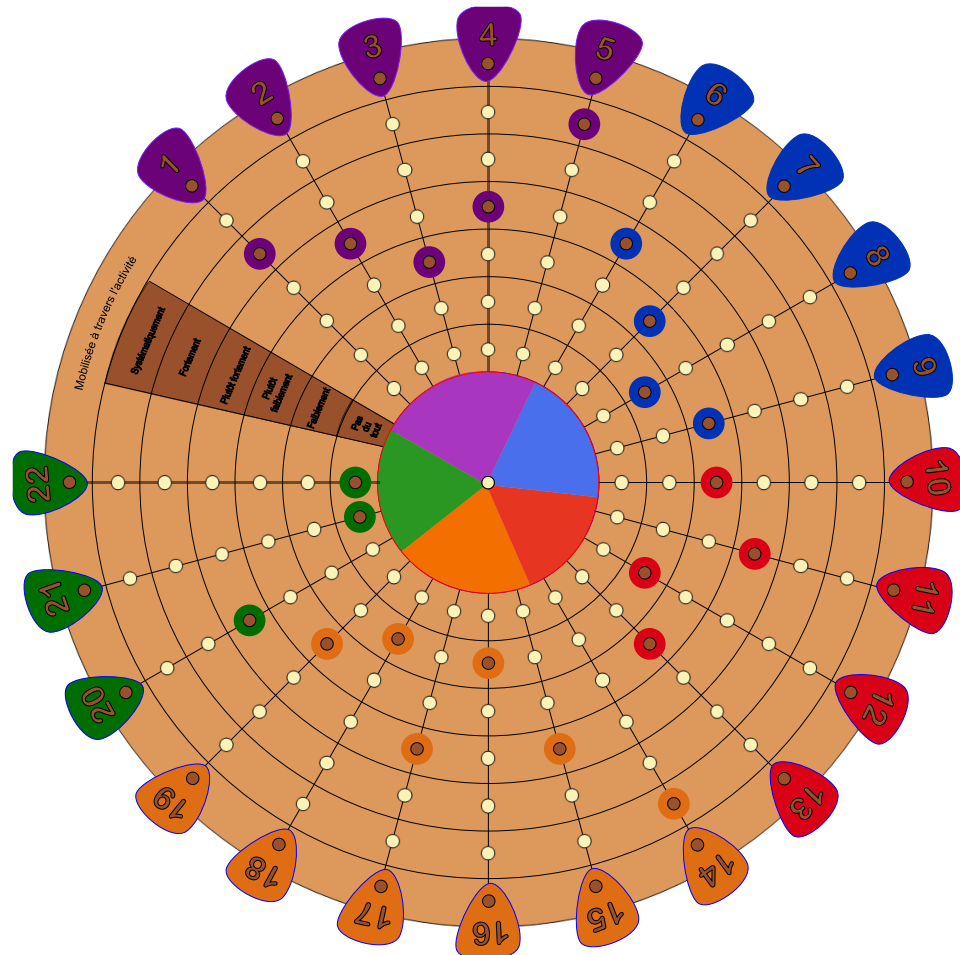
Figure 73 - Illustration des pions colorés en fonction de la compétence représentée.



Ces rondelles sont situées autour des pions, à hauteur de l'épaisseur des deux couches du plateau, pour faciliter la prise en main de ces derniers.

Nous proposons ces nouveaux types de pions pour mettre en relief le diagramme araignée (voir Figure 74).

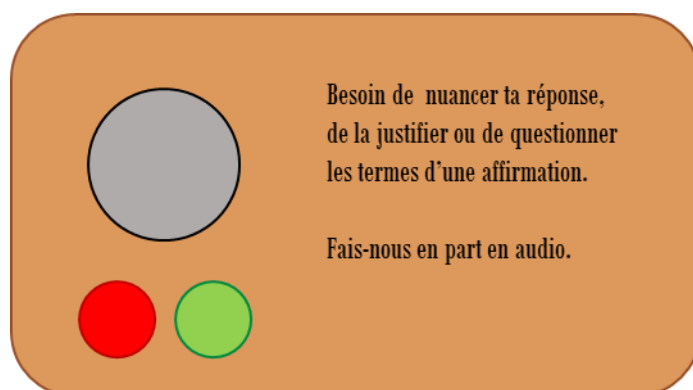
Figure 74 - Exemple de positionnement des pions sur le plateau.



Intégration d'un enregistreur audio pour étendre les réponses des utilisateurs.

Afin de pallier le manque d'interprétation des réponses fournies par les participants et pour étendre leurs réponses et leurs réflexions, nous proposons un enregistreur audio pendant l'activité avec ECo-21 (voir Figure 75).

Figure 75 - Enregistreur audio.



Cet enregistreur permettrait à l'utilisateur de nuancer sa réponse s'il en ressent le besoin, de la justifier, ou de soumettre son point de vue/questionnement concernant la compréhension et l'interprétation d'un item par rapport à la situation vécue.

On pourrait ajouter une tâche parallèle à l'utilisation d'ECO-21 qui serait de s'enregistrer pour :

- Si la compétence a été mobilisée :
 - o Expliquer quelles ont été les stratégies utilisées pour atteindre l'objectif,
 - o Argumenter sur la manière dont elles ont été efficaces,
 - o Envisager des stratégies qui pourraient être plus efficaces dans ce genre de situation.
- Si la compétence n'a pas été mobilisée :
 - o Expliquer pourquoi elle n'a pas été mobilisée.

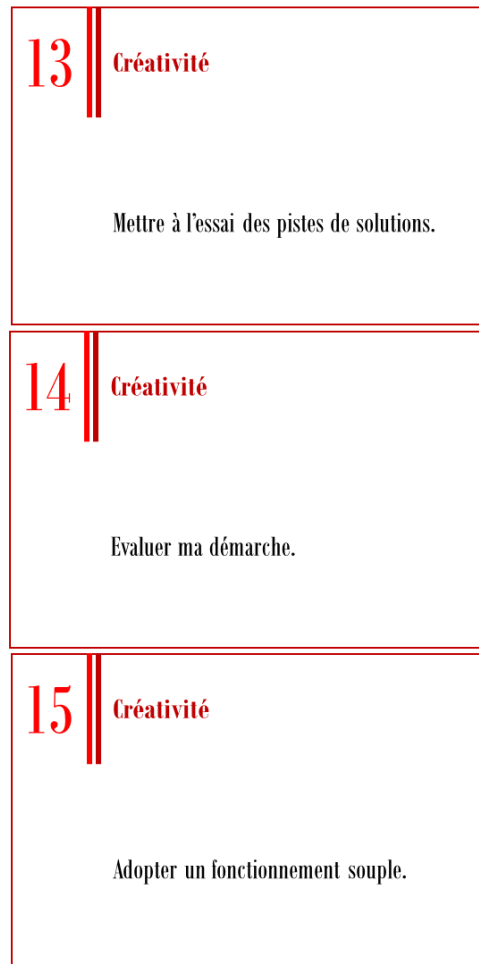
Après avoir complété l'échelle, il pourrait être également demandé à l'utilisateur de s'enregistrer pour faire un diagnostic sur les compétences qui ont et qui n'ont pas été mobilisées. Ainsi, on pourrait proposer un nouveau scénario avec ces apports (voir **Annexe R : Nouvelle consigne proposée suite aux tests utilisateurs**).

De plus, un atelier de médiation sociale devrait être proposé par le concepteur de l'activité après l'utilisation d'ECO-21 pour réfléchir à une définition commune des compétences transversales, échanger sur la manière dont les compétences ont été mobilisées durant l'activité et pour comparer les réponses du concepteur de l'activité sur ce qu'il pense avoir fait mobiliser avec les réponses sur les ressentis des utilisateurs.

Les cartes définition n'étant ni utiles, ni utilisées par les utilisateurs, pourront être enlevées du kit. Cependant, des précisions pourront être ajoutées aux cartes items pour lesquelles les utilisateurs ont eu des difficultés de compréhension et d'interprétation avec la situation vécue. **L'Annexe Q : Recommandations pour les cartes items**, présente des exemples de précisions qui pourraient être données aux items 1, 2, 4, 5, 14, 15, 20 et 22 pour lesquels des problèmes de compréhension ont été soulevés dans la section « **Compréhension et interprétation des items** ». Afin

d'éviter une éventuelle confusion de sens, nous avons ajouté le terme « informatique » à l'item 14 pour désigner la programmation dont il est question. De plus, l'item 13 étant constitué de 3 propositions pourrait être scindé en 3 cartes items (voir **Figure 76**).

Figure 76 - Découpage de l'item 13 en 3 cartes items.



ECo-21 requiert beaucoup de concentration. Pour cela, nous recommandons que l'utilisateur soit placé dans un environnement calme, soit seul dans une pièce pour compléter ECo-21. Aussi, nous recommandons de vérifier le niveau d'attention du participant avant de lui faire passer l'échelle.

La conception d'ECo-21 a été envisagée de façon à ce que l'échelle puisse être remplie dans n'importe quel ordre, tant que les participants la complètent intégralement. C'est la raison pour laquelle, nous ne proposons pas d'alternative face au questionnement que peuvent rencontrer certains utilisateurs à ce sujet.

Enfin, les retours utilisateurs nous ont permis de vérifier que l'activité menée avec ECo-21 aide à conduire les enseignants à porter une réflexion sur leur pratique professionnelle et à travailler sur les compétences transversales nécessaires à leur

métier. Utiliser ECo-21 ne fera pas pour autant d'eux des praticiens réflexifs. Selon Perrenoud (2010), il nécessite une pratique régulière et intensive pour devenir un praticien réflexif. Selon cet auteur, un praticien réflexif réexamine constamment ses objectifs, ses démarches, ses évidences et ses savoirs. Cela exige une posture et une identité particulière. Néanmoins, nous pouvons dire qu'ECo-21 stimule les enseignants à emprunter une conduite réflexive sur leurs actions.

5.3 Conclusion et perspectives

La conception d'ECo-21 s'est d'abord orientée vers le choix des compétences transversales travaillées en conception participative, nécessaires pour le XXI^{ème} siècle et appropriées au métier de l'enseignement. Puis, elle a consisté à vérifier la pertinence et la représentativité des items par rapport aux compétences mesurées. À partir du contenu d'ECo-21, une réflexion s'est ensuite portée sur le format qu'allait prendre le l'échelle. Puis, des prototypes ont été réalisés, évalués et améliorés. Enfin, il s'agissait d'étudier l'instrument de telle sorte qu'il conduise bien les enseignants à engager une métaréflexion sur leurs actions produites lors d'activités de conception participative et à prendre conscience des compétences cibles.

Le **Tableau 56** retrace les forces et les faiblesses d'ECo-21, mais aussi ses menaces et ses opportunités.

Tableau 56 - Forces et faiblesses, opportunités et menaces d'ECO-21.

	Forces	Faiblesses
ECo-21 Papier	<ul style="list-style-type: none"> -échelle de réponse étiquetée systématiquement, -linéaire -facile à mettre en œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> -envie de répondre machinalement, -aspect répétitif -liste d'items, -cocher -fastidieux -visualisation de ses réponses -demande beaucoup de concentration -récupérer les réponses
ECo-21 Tangible	<ul style="list-style-type: none"> -prendre un temps pour porter une réflexion sur ses activités, ses actions, -avoir une vue d'ensemble et faire un bilan des compétences mobilisées à travers l'activité, -aide à se concentrer, -impose de se positionner, -permet de travailler sur des compétences transversales ciblées du XXIème siècle. <p><i>-son aspect visuel :</i> agréable, attractif (plus ludique que cocher), voir toutes ses réponses au fur et à mesure, diagramme araignée facilite la lecture des résultats et sa mémorisation</p> <p><i>-son aspect kinesthésique :</i> rend la personne actrice, ouvre à la réflexion</p>	<ul style="list-style-type: none"> -la forme circulaire limite pour répondre -le format de réponse (échelle en 6 points) -demande beaucoup de concentration -récupérer les réponses -le passage de la ficelle
	Opportunités	Menaces
ECo-21 Tangible	<ul style="list-style-type: none"> -ajouter de la médiation sociale après utilisation d'ECo-21 pour faciliter la métaréflexion, -ajouter le sentiment de compétence (novice, intermédiaire, expert), -améliorer l'instrument avec du numérique permettrait de laisser une trace au formateur et à l'enseignant et limiter les erreurs, -ECo-21 pourrait servir aux formateurs pour évaluer l'atteinte de leurs objectifs transversaux. 	<ul style="list-style-type: none"> -environnement bruyant -moment non propice à la concentration, -temps disponible avec les enseignants pour mener l'activité méta-réflexive

La version tangible d'ECo-21 propose une autre forme d'interaction que l'échelle papier, plus stimulante qui permet à l'utilisateur de se sentir davantage acteur. Ce constat répond aux postulats de départ lié aux avantages des interactions tangibles pour faciliter la métaréflexion. ECo-21 requiert d'être utilisé dans un environnement calme et à un moment propice à la concentration. Puis, devra s'en suivre, un temps de médiation humaine sur les compétences mobilisées après l'utilisation d'ECo-21

afin que les enseignants puissent développer leurs savoirs et leurs savoir-faire (Pastré & Weill-Fassina, 2004). Un guide sur l'utilisation d'ECO-21, destiné au facilitateur d'activités de conception participative et/ou formateur, est présenté en **Annexe S : Notice d'utilisation d'ECO-21**.

À l'avenir, il serait possible d'ajouter une échelle sur le sentiment d'expertise (novice, intermédiaire et expert) aux différents items, afin que l'utilisateur puisse se positionner face aux composantes. De plus, on pourrait envisager ECO-21 avec du numérique pour éviter les erreurs de correspondance entre la carte et la réponse à l'item, pour retranscrire les réponses des participants plus facilement et pour que les répondants puissent garder une trace de leurs réponses.

Dans de prochaines études, il pourrait être intéressant d'étudier l'utilisation d'ECO-21 avec des formateurs. Ces derniers pourraient s'en servir pour vérifier que leur formation a répondu à l'atteinte des objectifs transversaux visés.

De plus, il serait aussi intéressant d'étudier ECO-21 comme un outil méthodologique utilisé en phase d'idéation au cours des sessions de conception technopédagogiques pour contraindre les participants à intégrer plus ou moins ces compétences dans leur conception du système ou de l'activité.

Enfin, il serait pertinent de poursuivre la vérification des qualités psychométriques de l'instrument initialement prévu en :

- Vérifiant la fidélité des scores dans le temps avec ECO-21 en employant la méthode test-retest, c'est-à-dire en faisant passer la même échelle à deux temps différents auprès d'une quinzaine d'enseignants (laps de temps : 30min). On pourrait utiliser pour l'analyse des données le coefficient de Bravais et Pearson (coefficient de confiance) pour chaque compétence.
- Vérifiant la sensibilité d'Eco-21 en comparant une formation « classique » sur le numérique à une activité de conception participative portant sur les usages ou les améliorations à apporter à une technologie. Pour cela, on pourrait utiliser le test t de *Student* pour groupes indépendants, afin de vérifier que l'outil de mesure soit discriminant pour les composantes et pour les compétences. De plus, pour vérifier que l'activité de conception participative mobilise bien les compétences en question, on aurait utilisé le test t de *Student* pour une valeur unique ($t > 3$).
- Vérifiant la consistance interne en faisant passer ECO-21 après une activité de conception participative auprès de cinquante enseignants. On pourrait utiliser des Alpha ou Omega de Mc Donald pour chaque compétence.

6. CONCLUSION

Cette partie conclut la thèse en donnant les apports et les perspectives méthodologiques de ce travail de thèse.

6.1 Le Li'L@b : un tiers-lieu techno-formatif

Dans cette étude, nous avons cherché une solution qui vise à réduire l'écart creusé entre l'usage des technologies du numérique hors l'école et les pratiques en contexte scolaire (OCDE, 2015) et celui entre les compétences numériques nécessaires et celles acquises par les enseignants et les élèves (Commission européenne, 2020b). De plus, nous cherchions à créer des technologies numériques efficaces afin que les enseignants les intègrent davantage dans leurs pratiques.

Dans le chapitre 1, nous avons mis en évidence l'évolution fulgurante du numérique, son omniprésence dans notre vie et, plus particulièrement, son impact sur la forme scolaire. En effet, nous avons vu que la forme scolaire était en train de se transformer à plusieurs niveaux, notamment au niveau des pratiques enseignantes, des compétences techniques et transversales à acquérir et développer, des moyens de médiation, de l'organisation espace-temps et de la posture enseignante.

L'état des lieux des avantages et des limites de plusieurs technologies numériques effectué a permis de souligner que ces dernières offraient un certain potentiel pédagogique, favorisaient la motivation, l'autonomie de l'apprenant face aux connaissances et le travail collaboratif (Rizza & Mahmoud, 2010), mais qu'elles n'étaient pas conçues spécifiquement pour le contexte éducatif.

Ainsi, pour concevoir des outils ergonomiques et pédagogiques innovants et de former les enseignants à l'utilisation de ces outils, aux compétences du XXI^{ème} siècle et aux concepts informatiques, nous avons accompagné la création du Li'L@b. Le Li'L@b est un espace et une démarche centrée utilisateur qui permet de regrouper des compétences, du matériel pour concevoir des technologies pédagogiques, ergonomiques et innovantes et de faciliter le développement par les enseignants des compétences précédemment citées. Il est aujourd'hui une forme de tiers-lieu singulier que l'on peut qualifier de techno-formatif.

D'une part, le Li'L@b offre la possibilité aux acteurs de l'éducation d'avoir un espace pour se regrouper, partager leur expérience, collaborer et concevoir avec d'autres acteurs aux multiples compétences des solutions numériques ou non numériques qui répondent à leurs besoins de terrain. D'autre part, il permet aux enseignants de devenir compétents et critiques dans l'utilisation des technologies numériques, ceci afin de les préparer à transmettre les compétences du XXI^{ème} siècle aux apprenants.

En clair, le Li'L@b est une solution proposée pour accompagner l'École dans sa transformation et dans son évolution pour préparer les apprenants à détenir les compétences et les connaissances attendues des citoyens de demain.

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre 3, le Li'L@b, intégré au sein de l'Atelier Canopé 57, sert d'étude pilote pour tous les autres Ateliers du Réseau. Cependant, il est encore en développement. Il a besoin de prendre de l'ampleur. Pour cela, il aura besoin d'un soutien de la direction territoriale de Réseau Canopé. De plus, il nécessitera un renforcement de son équipe au sein de l'Atelier, de ses compétences, d'agrandir son réseau, de diffuser les projets à une plus large échelle.

Ensuite, il requerra aussi d'avoir accès à des moyens de fonctionnement pour les machines et pouvoir se déplacer facilement dans d'autres labs ou Ateliers, à des moyens pour organiser des journées de rencontres et d'échanges. Il serait bien de recruter et de pérenniser les collaborations avec les équipes de recherche pour poursuivre les activités de *learning lab* et *living lab*, mais aussi pour développer des outils et des méthodes pour soutenir le développement de solutions techniques et le développement constructif des enseignants.

6.2 K-Uses : Une échelle d'évaluation de l'utilisabilité des technologies émergentes et éducatives pour l'élève

Dans le cadre du Li'L@b, les activités de conception participative impliquant des élèves ont mis en évidence un manque de moyens méthodologiques pour évaluer l'utilisabilité perçue des nouvelles technologies qui leur sont proposées.

En effet, nous avons vu dans le chapitre 2 que la plupart des échelles d'utilisabilité validées étaient destinées aux adultes et rédigées en anglais, tandis que celles conçues pour les enfants se concentraient principalement sur ceux âgés de 7 ans et moins, qui ne maîtrisent pas encore facilement la lecture. De plus, de nombreux chercheurs ont accordé plus d'importance au format des échelles qu'à la signification et à la compréhensibilité des éléments. Cette étude du K-Uses traite donc de ces questions en suspens et aboutit à la conception et aux premiers éléments de validation psychométrique d'une échelle de mesure pour l'évaluation de la perception de l'utilisabilité des technologies émergentes par des élèves âgés de 9 à 11 ans.

En éducation, cette échelle est déjà reprise par d'autres chercheurs. Cette étude est également le point de départ d'autres études, qui permettront de tester l'efficacité de K-Uses sur des populations d'âges différents (par exemple, adolescents, adultes novices). Enfin, il serait pertinent de coupler l'échelle d'utilisabilité K-Uses avec l'outil tangible POP-IT (Veytizou et al., 2018), afin de réduire les effets de Halo. Néanmoins, pour les travaux futurs, il serait pertinent de soumettre le K-Uses à un nouvel échantillon pour effectuer une analyse factorielle confirmatoire afin de re-valider les résultats. D'autres études seront nécessaires pour juger de sa valeur réelle à long terme.

6.3 ECo-21 : vers un outil tangible pour la réflexion sur l'action

Dans le cadre des missions de Réseau Canopé, pour qui la formation des enseignants est le cœur d'activité, nous avons identifié un manque d'outils d'évaluation des aspects formatifs des activités de conception participative conduites au sein du Li'L@b.

En effet, nous avons cherché, dans le champ de l'ergonomie, des outils d'auto-évaluation qui conduisent à la métaréflexion et qui soient applicables à notre contexte de tiers-lieu. Toutefois, seules les échelles de Likert nous sont parues les plus adaptées. Par ailleurs, afin de réduire toute lassitude chez le répondant et de faciliter la métaréflexion, nous avons rendu l'échelle tangible.

Ainsi, afin de soutenir la formation des enseignants à l'acquisition et au développement des compétences du XXI^{ème} siècle dans la double transformation scolaire et numérique, nous avons conçu ECo-21, un outil tangible pensé pour soutenir la métaréflexion chez les enseignants après des séances de co-conception. Ceci, dans le but que ces derniers prennent conscience des compétences du XXI^{ème} siècle, susceptibles d'être mobilisées au travers de ces séances, pour les transmettre par la suite aux apprenants.

Dans une perspective plus large, l'objectif de cet outil est de contribuer à corriger le déséquilibre existant entre les attentes des employeurs vis-à-vis des travailleurs et les compétences disponibles sur le marché (Aboubadra-Pauly & Afriat, 2019).

Pour les travaux futurs, il serait pertinent tout d'abord d'appliquer les recommandations pour ECo-21 proposées dans la section 5.2.5.7 et de resoumettre cet outil à des tests utilisateurs, ces derniers ayant été limités par la pandémie. Il serait également pertinent de chercher une plus grande interactivité, notamment en lui associant des composantes électroniques et numériques, par exemple, pour éviter les erreurs de correspondance entre la carte et la réponse à l'item, pour retranscrire les réponses des participants plus facilement et pour que les répondants puissent garder une trace de leurs réponses.

De plus, il serait pertinent d'étudier l'utilisation d'ECo-21 auprès des formateurs. Ces derniers pourraient s'en servir pour vérifier que leur formation a répondu à l'atteinte des objectifs transversaux visés.

Ensuite, ECo-21 pourrait être étudié comme un outil méthodologique utilisé en phase d'idéation pour contraindre les participants à intégrer plus ou moins ces compétences dans leur conception du système ou de l'activité.

Enfin, il serait pertinent de poursuivre la vérification des qualités psychométriques de l'instrument initialement prévu en vérifiant :

- la fidélité des scores dans le temps avec ECo-21 en employant la méthode test-retest, c'est-à-dire en faisant passer la même échelle à deux temps différents auprès d'une quinzaine d'enseignants (laps de temps : 30min). On

pourrait utiliser pour l'analyse des données le coefficient de Bravais et Pearson (coefficient de confiance) pour chaque compétence.

- la sensibilité d'ECO-21 en comparant une formation « classique » sur le numérique à une activité de conception participative portant sur les usages ou les améliorations à apporter à une technologie. Pour cela, on pourrait utiliser le test t de *Student* pour groupes indépendants, afin de vérifier que l'outil de mesure soit discriminant pour les composantes et pour les compétences. De plus, pour vérifier que l'activité de conception participative mobilise bien les compétences en question, on aurait utilisé le test t de *Student* pour une valeur unique ($t > 3$).
- la consistance interne en faisant passer ECO-21 après une activité de conception participative auprès de cinquante enseignants. On pourrait utiliser des Alpha ou Omega de Mc Donald pour chaque compétence.

6.4 En conclusion

Afin d'accompagner les enseignants dans cette transformation numérique et scolaire, nous avons cherché à les placer dans des conditions favorables au développement de compétences nécessaires à l'utilisation avancée des technologies dans leur métier en mouvement.

En ergonomie, on parle d'environnement « capacitant », c'est-à-dire un environnement qui permet aux personnes de développer de nouvelles compétences et connaissances, d'élargir leurs possibilités d'action, leur degré de contrôle sur leur tâche et sur la manière dont ils la réalisent, c'est-à-dire leur autonomie (Falzon, 2013). Nous l'envisageons du point de vue développemental, c'est-à-dire « *un environnement qui permet aux personnes et aux collectifs :*

— *de réussir, c'est-à-dire de mettre en œuvre leurs capacités de façon efficace et fructueuse : un environnement qui non seulement n'entrave pas les capacités, mais rend les personnes capables ;*

— *de développer de nouveaux savoir-faire et de nouvelles connaissances, d'élargir leurs possibilités d'action, leur degré de contrôle sur leurs tâches et sur la façon dont ils la réalisent, c'est-à-dire leur autonomie : un environnement d'apprentissage continu (Falzon, 2013) ».*

C'est ce type d'environnement que nous avons voulu créer en mettant en place le Li'L@b au sein de l'Atelier Canopé 57 et en construisant K-Uses et ECO-21. Ces outils, conçus pour renforcer le dispositif Li'L@b, constituent seulement des prémices.

RÉFÉRENCES

- Aboubadra-Pauly, S., & Afriat, C. (2019, Janvier). Les compétences transversales: quels usages sur le marché du travail. *Éducation permanente*, 1(HS13). <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-competences-transversales-marche-travail-janvier-2019.pdf>
- Abowd, G. D. (1999). Classroom 2000: An experiment with the instrumentation of a living educational environment. *IBM systems journal*, 38(4), 508-530. <https://cs.gmu.edu/~jpsousa/classes/699/papers/classroom%2000%20Abowd.pdf>
- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-centered design. Dans W. Bainbridge (Ed.), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction* (Vol. 37, pp. 445-456). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Aigron, L., & Manuel, L. (2018). La coopérative tiers-lieux: peut-on faire école des tiers-lieux ? *L'Observatoire*, 52(2), 65-67. <https://www.cairn.info/revue-l-observatoire-2018-2-page-65.htm>
- Altet, M. (2000). L'analyse de pratiques : une démarche de formation professionnalisante ? *Recherche et Formation*, 35(1), 25-41. https://www.persee.fr/doc/refor_0988-1824_2000_num_35_1_1668
- Altet, M. (2003). Caractériser, expliquer et comprendre les pratiques enseignantes pour aussi contribuer à leur évaluation. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 10(1), 31-43. https://www.persee.fr/doc/dsedu_1296-2104_2003_num_10_1_1027
- Altinpulluk, H. (2019). Determining the trends of using augmented reality in education between 2006-2016. *Education and Information Technologies*, 24(2), 1089-1114. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10639-018-9806-3>
- Amico, M. D., & Ludovico, L. A. (2020). Kibo: a MIDI controller with a tangible user interface for music education. Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education, Prague, Czech Republic. <https://doi.org/10.5220/0009805206130619>
- Aniwaa team. (2021). *VR, AR, MR : le guide ultime*. Consulté le 08/03/2023 sur <https://www.aniwaa.fr/guide/vr-ar/vr-ar-mr-guide-ultime>
- Anwar, S., Bascou, N. A., Menekse, M., & Kardgar, A. (2019). A systematic review of studies on educational robotics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 9(2), 19-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.7771/2157-9288.1223>
- Arrêté du 28 mai 2019 modifiant l'arrêté du 27 août 2013 fixant le cadre national des formations dispensées au sein des masters « métiers de

- l'enseignement, de l'éducation et de la formation », Légifrance (2019).
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038731861>
- Article L122-1-1. Chapitre 2 : Objectifs et missions de l'enseignement scolaire, Légifrance (2013).
<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006166562#:~:text=Ell e%20a%20pour%20objet%20d,progr%C3%A8s%20culturel%2C%20%C3%A 9conomique%20et%20social.>
- Articles D314-70 à D314-105. Section 5 : Le réseau Canopé, Légifrance (2014).
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006071191/LE GISCTA000006166822/
- Aubrun, F. (2018). La pédagogie de classe inversée en learning lab. Actes de la huitième convention pédagogique du Groupe IGS : les pédagogies actives et renouvelées au service du projet global du Groupe IGS, Lyon.
<https://hal.science/hal-01755863/document>
- Autissier, D., Vandangeon-Derumez, I., & Vas, A. (2018). Chapitre 15. Kurt Lewin. Dans *Conduite du changement : concepts clés* (pp. 147-155). Dunod.
<https://doi.org/10.3917/dunod.autis.2018.01.0147>
- Awang, Z., Afthanorhan, A., & Mamat, M. (2016). The likert scale analysis using parametric based Structural Equation Modeling (SEM). *Computational Methods in Social Sciences (CMSS)*, 4(1), 13-21.
<https://www.cceol.com/search/article-detail?id=418522>
- Aziz, N. A. A. (2013). Children's interaction with tablet applications: Gestures and interface design. *International Journal of Computer and Information Technology*, 2(3), 447-450.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=bc14015e89152a54e9d6bc42bc2230188e9a3805>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: teleoperators and virtual environments*, 6(4), 355-385. <http://cierto.org/pdf/ARpresence.pdf>
- Bal, A., Afacan, K., & Cakir, H. I. (2018). Culturally responsive school discipline: Implementing learning lab at a high school for systemic transformation. *American Educational Research Journal*, 55(5), 1007-1050.
<http://crpbis.org/documents/Culturally%20Responsive%20School%20Discipline%20Bal,%20Afacan%20&%20Cakir%202018.pdf>
- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the system usability scale. *Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594.
- Baraudon, C., Lanfranchi, J.-B., Bastien, C. J. M., & Fleck, S. (2021). Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant. *Médiations et médiatisations - Revue internationale sur le numérique en éducation et communication*(5), 44-67.
- Barendregt, W., Bekker, M. M., & Baauw, E. (2008). Development and evaluation of the problem identification picture cards method. *Cognition, Technology and*

Work, 10(2), 95-105. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10111-007-0066-z>

- Bastien, J. M. C., & Scapin, D. L. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, 16, 220-231.
- Baugnies, M., Lucy, M., & Terrien, P. (2022). Interculturalité et recherche participative, concept et outil pour transformer les pratiques enseignantes. *bildungsforschung*, 1, 1-19. <https://doi.org/10.25656/01:24728>
- Baykal, G. E., Alaca, I. V., Yantaç, A. E., & Göksun, T. (2018). A review on complementary natures of tangible user interfaces (TUIs) and early spatial learning. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 16, 104-113. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.01.003>
- Beckouche, P. (2017). La révolution numérique est-elle un tournant anthropologique ? *Le débat*, 193(1), 153-166. <https://doi.org/https://doi.org/10.3917/deba.193.0153>
- Becuwe, H., Tondeur, J., Pareja Roblin, N., Thys, J., & Castelein, E. (2016). Teacher design teams as a strategy for professional development: The role of the facilitator. *Educational Research and Evaluation*, 22(3-4), 141-154. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315123431-3/teacher-design-teams-strategy-professional-development-role-facilitator-heleen-becuwe-jo-tondeur-natalie-pareja-roblin-jeroen-thys-els-castelein>
- Bell, A. (2007). Designing and testing questionnaires for children. *Journal of Research in Nursing*, 12(5), 461-469. <https://doi.org/10.1177/17449871079616>
- Ben Abid-Zarrouk, S. (2018, Novembre). *Les TIC et leur intégration dans le système éducatif: état des lieux* [Conférence]. Colloque en sciences de l'éducation, humaines et sociales (CSEH), Dijon, France. <http://cucdb.fr/wp-content/uploads/2018/12/Les-TIC-et-leur-int%C3%A9gration-dans-le-syst%C3%A8me-%C3%A9ducatif-%C3%A9tat-des-lieux-Sondess-Zarrouk.pdf> <http://cucdb.fr/wp-content/uploads/2018/12/Les-TIC-et-leur-int%C3%A9gration-dans-le-syst%C3%A8me-%C3%A9ducatif-%C3%A9tat-des-lieux-Sondess-Zarrouk.pdf>
- Bennett, J. (1984). *Visual display terminals: usability issues and health concerns*. Prentice-Hall
- Bergvall-Kåreborn, B., Eriksson, C. I., Ståhlbröst, A., & Svensson, J. (2009, 6-9 December). A milieu for innovation: defining living labs. Proceedings of the 2nd ISPIM innovation symposium: Simulating recovery - the Role of innovation management, New York, USA. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1004774/FULLTEXT01.pdf>
- Beudon, N. (2017). Mener un projet avec le design thinking. *I2D - Information, données et documents*, 54(1), 36-38. <https://doi.org/10.3917/i2d.171.0036>

- Blakey, E., & Spence, S. (1990). *Developing metacognition*. ERIC Clearinghouse on Information and Technology.
http://www.cordonline.net/mntutorial2/module_4/Reading%204-2%20Developing%20Metacognition.pdf
- Blažica, B., & Lewis, J. R. (2015). A Slovene translation of the system usability scale: The SUS-SI. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 31(2), 112-117.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10447318.2014.986634?role=button&needAccess=true&journalCode=hihc20>
- Blikstein, P. (2018). Maker movement in education: History and prospects. Dans M. Vries (Ed.), *Handbook of technology education* (pp. 419-437). Springer International Handbooks of Education. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44687-5_33
- Blikstein, P., & Krannich, D. (2013, June). The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research. Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'13), New York, USA. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485884>
- Bluteau, J. (2022). Introduction au numéro thématique « Didactique et pédagogie en aménagement flexible ». *Didactique*, 3(1), 4-10.
<https://doi.org/10.37571/2022.0101>
- Bluteau, J., Arseneault, C., Aubenas, S. n., & Dufour, F. (2022). L'aménagement flexible des classes au Québec : une étude descriptive. *Didactique*, 3(1), 141-167. <https://doi.org/10.37571/2022.0107>
- Bødker, S., Dindler, C., Iversen, O. S., & Smith, R. C. (2022). What is participatory design? Dans *Participatory Design. Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics* (pp. 5-13). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-02235-7_2
- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. John Wiley
<https://doi.org/10.1002/9781118619179>
- Borgers, N., De Leeuw, E., & Hox, J. (2000). Children as respondents in survey research: Cognitive development and response quality. *Bulletin of Sociological Methodology*, 66(1), 60-75.
<https://doi.org/10.1177/075910630006600106>
- Borgers, N., Sikkil, D., & Hox, J. (2004). Response effects in surveys on children and adolescents: The effect of number of response options, negative wording, and neutral mid-point. *Quality and Quantity*, 38(1), 17-33.
<https://doi.org/10.1023/B:QUQU.0000013236.29205.a6>
- Borges, C., & Tardif, M. (2020). Introduction au dossier - Faire école en contexte de pandémie. *Formation et profession*, 28(4), 1-2.
<https://doi.org/10.18162/fp.2020.684>

- Bosqué, C. (2015). Des FabLabs dans les marges : détournements et appropriations. *Journal des anthropologues*, 3-4(142-143), 49-76. <https://doi.org/doi.org/10.4000/jda.6207>
- Bosqué, C., Garnier, C., & Gheorghiu, M. (2019). Livre blanc : un panorama des fablabs en France. Dans : Édition libre du Réseau français des fablabs.
- Both, T. (2022). *The design thinking bootcamp bootleg*. <https://dschool.stanford.edu/resources/the-bootcamp-bootleg>
- Boudrot, N. (2021). *Internet des objets, impression 3D, robotique : des technologies davantage utilisées par les grandes sociétés*. : INSEE. Récupéré sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5356737>
- Bourgeois, F., & Hubault, F. (2005). Prévenir les TMS. De la biomécanique à la revalorisation du travail, l'analyse du geste dans toutes ses dimensions. *Activités*, 2(2-1). <https://doi.org/10.4000/activites.1561>
- Brangier, E., & Valléry, G. (2021). Technologies émergentes. Dans *Ergonomie : 150 notions clés* (pp. 491). Dunod.
- Brehm, L., & Guenzel, H. (2018). Learning lab "digital technologies" - concept, streams and experiences. In 4th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'18), València, Spain. <https://doi.org/10.4995/HEAD18.2018.8189>
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7. http://www.tbistafftraining.info/smartphones/documents/b5_during_the_trial_usability_scale_v1_09aug11.pdf
- Brown, T., & Katz, B. (2019). *L'esprit design : comment le design thinking transforme l'entreprise et inspire l'innovation*. Pearson.
- Bru, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage*. Editions Universitaires du Sud.
- Bruillard, E., & Villemonteix, F. (2013). Artefacts tactiles et mobiles en éducation. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 403-411. https://www.persee.fr/doc/stice_1952-8302_2013_num_20_1_1076
- Brunet, E. (2019). Outil 2. L'état d'esprit du Design Thinking. Dans *La boîte à outils du Design Thinking* (pp. 14-15). Dunod. <https://www.cairn.info/la-boite-a-outils-du-design-thinking--9782100797301-page-14.htm>
- Bumbacher, E., Deutsch, A., Otero, N., & Blikstein, P. (2013). BeatTable: a tangible approach to rhythms and ratios. Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'13), New York, USA. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485872>
- Burret, A. (2013). Démocratiser les tiers-lieux. *Multitudes*, 1(52), 89-97. <https://doi.org/10.3917/mult.052.0089>

- Caelen, J. (2009). Conception participative par « moments » : une gestion collaborative. *Le travail humain*, 72(1), 79-103.
<https://doi.org/10.3917/th.721.0079>
- Çakiroğlu, Ü., & Kiliç, S. (2020). Assessing teachers' PCK to teach computational thinking via robotic programming. *Interactive Learning Environments*, 31(3), 1-18. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1811734>
- Campanale, F. (1997). Autoévaluation et transformations de pratiques pédagogiques. *Mesure et évaluation en éducation*, 20(1), 1-24.
<https://doi.org/10.7202/1091384ar>
- Campanale, F., Dejemeppe, X., Vanhulle, S., & Saussez, F. (2010). Chapitre 12. Dispositifs d'autoévaluation socialisée en formation : une contrainte pervertissante ou une opportunité transformatrice ? Dans *L'évaluation, levier du développement professionnel ?* (pp. 193-205). De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.paqua.2010.01.0193>
- Capdevila, I. (2015). Les différentes approches entrepreneuriales dans les espaces ouverts d'innovation. *Innovations*, 48(3), 87-105.
<https://doi.org/10.3917/inno.048.0087>
- Caron, P.-A. (2021). La mise en place de l'enseignement à distance au temps de la pandémie. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 18(1), 102-113. <https://doi.org/10.18162/ritpu-2021-v18n1-10>
- Carron, T., Houzet, G., Abed, H., Pernelle, P., Lainé, P.-J., & Talbot, S. (2018). Teaching digital literacy: The outcomes from a learning lab. *Journal of electrical engineering*, 6(2), 75-84. <https://doi.org/10.17265/2328-2223/2018.02.003>
- Catroux, M. (2002). Introduction à la recherche-action : modalités d'une démarche théorique centrée sur la pratique. *Recherche et pratiques pédagogiques en langues de spécialité*, 21(3), 8-20. <https://doi.org/10.4000/apliut.4276>
- Cerisier, J.-F. (2011). *Acculturation numérique et médiation instrumentale. Le cas des adolescents français*. [Thèse de doctorat, Université de Poitiers]. theses.hal.science. <https://theses.hal.science/tel-00922778>
- Cerisier, J.-F. (2014). Chapitre 9. La désintermédiation comme agent de transformation culturelle dans l'éducation. Dans C. Peltier (Ed.), *La médiatisation de la formation et de l'apprentissage. Mélanges offerts à Daniel Peraya* (pp. 181-198). De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.peter.2014.01.0181>
- Chaix, G. (2014). La formation des enseignants : enjeux et défis pour les académies. *Administration et Éducation*, 144(4), 73-78.
<https://doi.org/10.3917/admed.144.0073>
- Chan, M. M., & Blikstein, P. (2018). Exploring problem-based learning for middle school design and engineering education in digital fabrication laboratories. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 12(2).
<https://doi.org/10.7771/1541-5015.1746>

- Chang, C.-Y., Chena, C.-L. D., & Chang, W.-K. (2019). Research on immersion for learning using virtual reality, augmented reality and mixed reality. *Enfance*, 3(3), 413-426. <https://doi.org/10.3917/enf2.193.0413>
- Chang, L. (1994). A psychometric evaluation of 4-point and 6-point Likert-type scales in relation to reliability and validity. *Applied psychological measurement*, 18(3), 205-215. <https://doi.org/10.1177/014662169401800302>
- Charlier, B., Deschryver, N., & Peraya, D. (2006). Apprendre en présence et à distance : une définition des dispositifs hybrides. *Distances et savoirs*, 4(4), 469-496. <https://doi.org/10.3166/ds.4.469-496>
- Charlier, B., Peltier, C., & Ruberto, M. (2021). Décrire et comprendre l'apprentissage dans les dispositifs hybrides de formation. *Distances et médiations des savoirs*.(35). <https://doi.org/10.4000/dms.6638>
- Charrier, M. (2016). *Ergonomie et design dans une démarche de conception de produits centrée sur les besoins des personnes*. [Thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard]. <https://theses.hal.science/tel-01618328/>
- Chen, S. H. (2022). Learning lab skills online: Lessons from implementing video-based instruction for a remote biotechnology lab. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 20(6), 633-640. <https://doi.org/10.1002/bmb.21667>
- Chesbrough, H. W. (2006a). Open innovation: a new paradigm for understanding industrial innovation. Dans H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke, & J. West (Eds.), *Open innovation: Researching a new paradigm* (Vol. 400, pp. 0-19). Oxford University Press.
- Chesbrough, H. W. (2006b). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology* (Vol. 20). Harvard Business School Press. <https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591014>
- Chin, W. W. (1998). Chapter 10. The partial least squares approach to structural equation modeling. Dans G. A. Marcoulides (Ed.), *Modern methods for business research* (Vol. 295, pp. 295-336). Lawrence Erlbaum Associates.
- Chronéer, D., Ståhlbröst, A., & Habibipour, A. (2018, 17-20 june). Towards a unified definition of urban living labs. The ISPIM Innovation Conference – Innovation, The Name of The Game, Stockholm, Sweden. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1230360/FULLTEXT01.pdf>
- Chyung, S. Y., Roberts, K., Swanson, I., & Hankinson, A. (2017). Evidence-based survey design: The use of a midpoint on the likert scale. *Performance Improvement*, 56(10), 15-23. <https://doi.org/10.1002/pfi.21727>
- Cifali, M. (2001). Chapitre 6. Démarche clinique, formation et écriture. Dans *Former des enseignants professionnels* (Vol. 3, pp. 119-135). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.paqua.2001.01.0119>

- Cockton, G., Woolrych, A., & Lavery, D. (2009). Inspection-based evaluations. Dans J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (pp. 273-292). Lawrence Earlbaum Associates.
- Coen, P.-F. (2011). L'impact réel des technologies de l'information et de la communication sur la forme scolaire. *Recherches en éducation*(10). <https://doi.org/10.4000/ree.4755>
- Colman, A. M., Norris, C. E., & Preston, C. C. (1997). Comparing rating scales of different lengths: Equivalence of scores from 5-point and 7-point scales. *Psychological Reports, 80*(2), 355-362. <https://doi.org/10.2466/pr0.1997.80.2.355>
- Commission européenne. (2000). *e-learning - Penser l'éducation de demain*. http://www.oidel.org/doc/Education/E-learning/E-Learning_penser%20l%27education.pdf
- Commission européenne. (2019). *Digital Education Policies*. <https://ec.europa.eu/jrc/en/digital-education-policies>
- Commission européenne. (2020a). *Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions : stratégie européenne en matière de compétences en faveur de la compétitivité durable, de l'équité sociale et de la résilience*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0274>
- Commission européenne. (2020b). *Digital Education Action Plan (2021-2027)*. <https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/action-plan>
- Commission européenne, EACEA, & Eurydice. (2019). *L'éducation numérique à l'école en Europe*. Rapport Eurydice. Office des publications de l'Union Européenne.
- Commission européenne, & Eurydice. (2013). *Education and Training in Europe 2020: responses from the EU Member States*. Rapport Eurydice. Office des publications de l'Union Européenne.
- Connac, S., Hueber, C., & Lanneau, L. (2022). Aménagements flexibles et coopération entre élèves. *Didactique, 3*(1), 11-36. <https://doi.org/10.37571/2022.0102>
- Conseil scientifique de l'éducation nationale. (2021). *La recherche translationnelle en éducation : Pourquoi et comment ?* Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Ressources_pedagogiques/La_recherche_translationnelle_en_education.pdf
- Cook, M., Lischer-Katz, Z., Hall, N., Hardesty, J., Johnson, J., McDonald, R. H., & Carlisle, T. (2019). Challenges and Strategies for Educational Virtual Reality: Results of an Expert-led Forum on 3D/VR Technologies across Academic

- Institutions. *Information Technology and Libraries*, 38(4), 25-48.
<https://doi.org/10.6017/ital.v38i4.11075>
- Cook, S. W., & Goldin-Meadow, S. (2006). The role of gesture in learning: Do children use their hands to change their minds? *Journal of cognition and development*, 7(2), 211-232. https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0702_4
- Cooper, G., Park, H., Nasr, Z., Thong, L. P., & Johnson, R. (2019). Using virtual reality in the classroom: preservice teachers' perceptions of its use as a teaching and learning tool. *Educational Media International*, 56(1), 1-13.
<https://doi.org/10.1080/09523987.2019.1583461>
- Costa, P. (2013). *Les usages du cahier de textes numérique et ses effets en milieu scolaire: le cas d'enseignants des collèges de l'Académie de Créteil en France* [Thèse de doctorat, Université de Genève]. archive-ouverte.unige.ch.
- Coulet, J.-C. (2011). La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences. *Le travail humain*, 74(1), 1-30.
<https://doi.org/10.3917/th.741.0001>
- Coulet, J.-C. (2019). Compétences transversales : quelques suggestions pour s'affranchir d'un mythe. *Recherches en éducation*(37).
<https://doi.org/10.4000/ree.802>
- Cox III, E. P. (1980). The optimal number of response alternatives for a scale: A review. *Journal of Marketing Research*, 17(4), 407-422.
<https://doi.org/10.1177/002224378001700401>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Crowley, A., Larkins, C., & Pinto, L. M. (2020). *Ecouter - Agir - Changer Manuel du conseil de l'Europe sur la participation des enfants : A l'usage des professionnels travaillant pour et avec les enfants*. Conseil de l'Europe.
<https://rm.coe.int/publication-handbook-on-children-s-participation-fr/1680a1453a>
- Croze, E. (2021). Covid-19 et passage éclair au distanciel pour les enseignants de langues vivantes du secondaire : une expérience renvoyant à l'irréductible présence en classe de langue. *Distances et Médiations des Savoirs*(33).
<https://hal.univ-reunion.fr/hal-03466565>
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers and Education*, 68, 557-569.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.015>
- Cybis, W., Betiol, A. H., & Faust, R. (2007). *Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações*. Novatec.
- Darses, F. (2004). La conception participative : vers une théorie de la conception centrée sur l'établissement d'une intelligibilité mutuelle. Dans J. Caelen (Ed.), *Le consommateur au cœur de l'innovation*. (pp. 25-41). CNRS Editions.
<https://doi.org/10.4000/books.editions-cnrs.1549>

- De Raffaele, C., Smith, S., & Gemikonakli, O. (2018, 7-11 March). *An active tangible user interface framework for teaching and learning artificial intelligence* [Conference]. 23rd International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI'18), Tokyo, Japan. <https://dl-acm-org.bases-doc.univ-lorraine.fr/doi/pdf/10.1145/3172944.3172976>
<https://doi.org/10.1145/3172944.3172976>
- Décret n°2015-372 relatif au socle commun de connaissances, de compétences et de culture, Légifrance (2015).
https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=ILxaxZbPo_NQSubloaP4sZlY5q0hBbKeRuS6MGrdKkw=
- Degryse, J. (2009). Mesurer pour évaluer ? Dans *Des échelles pour prendre soin : Cailloux pour santé fragile*. Presses universitaires de Louvain.
<http://books.openedition.org/pucl/1594>
- Del'Homme, M. (2018). *Mise en place d'une classe flexible : quels impacts sur les compétences des élèves ?* [Mémoire de maîtrise, Université de Nantes].
dumas.ccsd.cnrs.fr.
- Dell'Era, C., & Landoni, P. (2014). Living Lab: A methodology between user-centred design and participatory design. *Creativity and Innovation Management*, 23(2), 137-154. <https://doi.org/10.1111/caim.12061>
- Després, C., & Leroux, P. (2003). *Le tutorat synchrone en formation à distance : un modèle pour le suivi pédagogique synchrone d'activités d'apprentissage à distance*. [Conférence]. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), Strasbourg, France. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/1627/filename/n016-116.pdf>
<https://edutice.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/1627/filename/n016-116.pdf>
- Desrosiers, L., & Laquerre, G. (2022). Les classes flexibles : plus qu'un simple aménagement, un cheminement réflexif. *Didactique*, 3(1), 37-63.
<https://doi.org/10.37571/2022.0103>
- Dianat, I., Ghanbari, Z., & Asgharijafarabadi, M. (2014). Psychometric properties of the persian language version of the system usability scale. *Health promotion perspectives*, 4(1), 82. <https://doi.org/10.5681/hpp.2014.011>
- Dianoux, C. (2007). incidence de la longueur du questionnaire sur la stabilité des réponses. *Revue française du marketing*, 4/5(214), 27-40. <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03011098>
- Dickes, P., Tournois, J., Flieller, A., & Kop, J.-L. (1994). *La psychométrie*. PUF.
- Dillon, W. R., & Goldstein, M. (1984). *Multivariate analysis: Methods and applications*. Wiley.
- Dioni, C. (2008). Métier d'élève, métier d'enseignant à l'ère numérique. edutice-00259563f. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00259563v1/document>

- Dionne, P., Viviers, S., & Saussez, F. (2019). Discuter et réfléchir son activité par l'instruction au sosie : émergence de contradictions et débats de métier. *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 21(2), 24-42.
<https://doi.org/10.7202/1061838ar>
- Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. (2020). *Note d'information n° 20.26 – Crise sanitaire de 2020 et continuité pédagogique: les élèves ont appris de manière satisfaisante*. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. <https://www.education.gouv.fr/crise-sanitaire-de-2020-et-continue-pedagogique-les-eleves-ont-appris-de-maniere-satisfaisante-305214>
- Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. (2014a). *Note d'information n°23 - TALIS 2013 - Enseignant en France : un métier solitaire ?* Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. https://www.oecd.org/fr/education/scolaire/France-DEPP_NI_2014_23_TALIS_2013_Enseignant_France_metier_solitaire_333502.pdf
- Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. (2014b). *Note d'information n°22 - TALIS 2013 - La formation professionnelle des enseignants est moins développée en France que dans les autres pays*. Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. https://www.oecd.org/fr/education/scolaire/France-DEPP_NI_2014_22_TALIS_2013_formation_professionnelle_enseignants_moins_developpee_France_autres_pays_334034.pdf
- Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance. (2019). *Note d'information 19.22 : Pratiques de classe, sentiment d'efficacité personnelle et besoins de formation : une photographie inédite du métier de professeur des écoles début 2018*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. https://www.education.gouv.fr/sites/default/files/imported_files/document/d-epp-ni-2019-19-22-Pratiques-de-classe-sentiment-efficacite-personnelle-besoins-formation-une-photographie-inedite-du-metier-de-professeur-des-ecoles-debut-2018_1161059.pdf
- Direction du numérique pour l'éducation. (2020). *Groupes thématiques numériques : appel à manifestation d'intérêt #GTnum 2020-2022*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse. <https://edunumrech.hypotheses.org/1626>
- Druin, A. (1999). *The design of children's technology*. Morgan Kaufmann.
- Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour and information technology*, 21(1), 1-25.
<https://doi.org/10.1080/01449290110108659>
- Dubé, P., Sarrailh, J., Billebaud, C., Grillet, C., Zingraff, V., & Kostecki, I. (2014). *Le livre Blanc des Living Labs*. Umwelt Service Design.
https://www.researchgate.net/publication/272566554_Le_livre_blanc_des_Living_Labs/link/5964316caca2728c112748a2/download

- Dumas, J. S., & Fox, J. E. (2009). Usability testing: current practice and future directions. Dans J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (pp. 132-245). Lawrence Earlbaum Associates.
<https://doi.org/10.1201/9781420088892-18>
- Duquesne-Belfais, F. (2008). Répondre aux exigences de la formation des enseignants de l'ASH. L'analyse de pratiques comme lien entre théorie et pratique. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 41(1), 11-24.
<https://doi.org/10.3917/nras.041.0011>
- Eason, K. D. (1984). Towards the experimental study of usability. *Behaviour & Information Technology*, 3(2), 133-143.
<https://doi.org/10.1080/01449298408901744>
- Edwards, B. I., Bielawski, K. S., Prada, R., & Cheok, A. D. (2019). Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. *Virtual Reality*, 23(4), 363-373. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0345-4>
- Erol, S., & Klug, S. (2020). Together we are less alone-a concept for a regional open innovation learning lab. *Procedia Manufacturing*, 45, 540-545.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.075>
- Erz, S. L. (2018). *Impact and implications of the flexible learning environment in the at-risk secondary classroom* [Master thesis, Minot State University]. ProQuest.
<https://www.proquest.com/docview/2103945987?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- European Network of Living Labs. (2022a). *What are Living Labs*. Viewed on 28/11/2022 at <https://enoll.org/about-us/>
- European Network of Living Labs. (2022b). *What is ENoLL?* Viewed on 28/11/2022 at <https://enoll.org/about-us/>
- Faedda, S., Bastien, J. C., & Fleck, S. (2021, 13-16 april). *Le TanISe: Une interface utilisateur tangible pour soutenir l'apprentissage de l'autorégulation en contexte scolaire? TanISe: A Tangible User Interface to Support Self-Regulation Learning in a School Context?* [Conference]. Adjunct Proceedings of the 32nd Conference on l'Interaction Homme-Machine (IHM'21), Virtual event, France.
<https://doi.org/10.1145/3451148.3458638>
- Faems, D., Van Looy, B., & Debackere, K. (2005). Interorganizational collaboration and innovation: Toward a portfolio approach. *Journal of Product Innovation Management*, 22(3), 238-250. <https://doi.org/10.1111/j.0737-6782.2005.00120.x>
- Faingold, N. (2011). L'entretien de décryptage : le moment et le geste comme voies d'accès au sens. *Expliciter*, 92, 24-47. https://www.expliciter.org/wp-content/uploads/2022/08/lentretien-de-decryptage-le-moment-et-le-geste-comme-voies-dacces-au-sens_expliciter-92_decembre-2011_nadine-faingold.pdf

- Falk, J.-H. (2012). Expérience de visite, identités et self-aspects. *La lettre de l'OCIM : musées, Patrimoine et Culture scientifiques et techniques*(141), 5-14.
<https://doi.org/10.4000/ocim.1061>
- Falzon, P. (1994). Les activités méta-fonctionnelles et leur assistance. *Le travail humain*, 57(1), 1-23.
https://ergonomie.cnam.fr/equipe/falzon/articles_pf/activ_meta_fonct_assist_94.pdf
- Falzon, P. (2013). Pour une ergonomie constructive. Dans *Ergonomie constructive* (pp. 1-16). Presses universitaires de France.
<https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0001>
- Falzon, P., & Teiger, C. (1995). Construire l'activité. *Performances Hum Tech Hors Série*, 34-40.
https://ergonomie.cnam.fr/equipe/falzon/articles_pf/constr_act_95.pdf
- Ferchaud, F., & Dumont, M. (2017). Les espaces de fabrication et d'expérimentation numérique sont-ils des tiers-lieux? Une analyse du cas des fablabs à Rennes et Toulouse. *Territoire en mouvement : revue de géographie et aménagement*(34). <https://doi.org/10.4000/tem.4203>
- Ferrière, S., Cottier, P., Lacroix, F., Lainé, A., & Pulido, L. (2013). Dissémination de tablettes tactiles en primaire et discours des enseignants : entre rejet et adoption. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20, 153-176. <https://hal.science/hal-01138251/document>
- Finstad, K. (2006). The system usability scale and non-native english speakers. *Journal of Usability Studies*, 1(4), 185-188.
- Finstad, K. (2010). Response interpolation and scale sensitivity: Evidence against 5-point scales. *Journal of Usability Studies*, 5(3), 104-110.
- Fischer, X., & Troussier, N. (2004). La réalité virtuelle pour une conception centrée sur l'utilisateur. *Mechanics & Industry*, 5(2), 147-159.
<https://doi.org/10.1051/meca:2004015>
- Fishkin, K. P. (2004). A taxonomy for and analysis of tangible interfaces. *Personal and ubiquitous computing*, 8(5), 347-358. <https://doi.org/10.1007/s00779-004-0297-4>
- Fitton, D., & Bell, B. (2014, 9 - 12 september). Working with teenagers within HCI research: understanding teen-computer interaction. Proceedings of the 28th International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI 2014), Southport, UK. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2014.31>
- Fitzmaurice, G. W., Ishii, H., & Buxton, W. A. (1995, 7-11 May). Bricks: laying the foundations for graspable user interfaces. Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI'95),
<https://doi.org/10.1145/223904.223964>

- Fjeld, M., & Voegtli, B. M. (2002). Augmented chemistry: An interactive educational workbench. International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Darmstadt, Germany. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2002.1115100>
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. Dans L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Lawrence Erlbaum Associates.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 10(34), 906-911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Fleck, S. (2020). Tangible learning : Design and evaluation of hybrid environments for human learning and fulfilment. Keynote, ETIS 2020, Siena, Italy.
- Fleck, S., Baraudon, C., Frey, J., Lainé, T., & Hachet, M. (2018). "Teegi's so Cute!": Assessing the Pedagogical Potential of an Interactive Tangible Interface for Schoolchildren. Proceedings of the 17th ACM Conference on Interaction Design and Children (IDC'18), Trondheim, Norway. <https://doi.org/10.1145/3202185.3202731>
- Fleck, S., & Hachet, M. (2015, 29 june-2 july). Helios: a tangible and augmented environment to learn optical phenomena in astronomy. Education and training in optics and photonics, Bordeaux, France. <https://doi.org/10.1117/12.2223249>
- Fleck, S., & Massou, L. (2021). Le numérique pour l'apprentissage collaboratif: nouvelles interfaces, nouvelles interactions. *Médiations et médiatisations*(5), 3-10. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.191>
- Fluckiger, C. (2008). L'école à l'épreuve de la culture numérique des élèves. *Revue française de pédagogie : recherches en éducation*(163), 51-61. <https://doi.org/10.4000/rfp.978>
- Fluckiger, C. (2021, 29-30 juin). Retour sur les relations entre chercheurs et praticiens et les injonctions à la recherche « translationnelle ». 2ème Congrès International de la Théorie de l'Action Conjointe en Didactique : Pour une reconstruction de la forme scolaire d'éducation (TACD 2021), Nancy, France (à distance).
- Følstad, A. (2008). Living labs for innovation and development of information and communication technology: a literature review. *The Electronic Journal for Virtual Organizations and Networks*, 10(Special Issue on Living Labs).
- Fredriksson, S., & Duriaux, Y. (2018). Tiers lieux libres et open source : repolitisation des pratiques et mécanismes de reconnaissance au sein de configurations collectives. *L'Observatoire*, 52(2), 56-58. <https://doi.org/10.3917/lobs.052.0056>
- Frei, P., Su, V., Mikhak, B., & Ishii, H. (2000). Curlybot: designing a new class of computational toys. Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'00), The Hague, Netherlands. <https://doi.org/10.1145/332040.332416>

- Freiman, V., & Chiasson, M. (2017, 31 mai-2 juin). Repenser à fond l'école du 21^e siècle: impact des changements sur l'enseignement et l'apprentissage de mathématiques à l'ère de l'intelligence artificielle et de la cryptographie. Actes du colloque du groupe de didactique des mathématiques du Québec (GDM), Montréal, Canada.
- Frey, J., Gervais, R., Fleck, S., Lotte, F., & Hachet, M. (2014, 5-8 october). Teegi: tangible EEG interface. Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST'14), Honolulu, USA. <https://doi.org/10.1145/2642918.2647368>
- Frey, J., Gervais, R., Lainé, T., Duluc, M., Germain, H., Fleck, S., Lotte, F., & Hachet, M. (2017, 6-11 may). Scientific outreach with Teegi, a tangible EEG interface to talk about neurotechnologies. Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (RCHI EA'17), Denver, USA. <https://doi.org/10.1145/3027063.3052971>
- Fuchs, P., Moreau, G., & Donikian, S. (2000). *Le traité de la réalité virtuelle Volume 5 : les humains virtuels* (Vol. 5). Presse des Mines.
- Fulgencio, H., Le Fever, H., & Katzy, B. (2012). Living Lab: Innovation through Pastiche (a research linking disparate and discored ontology). eChallenges e-2012, Lisbon, Portugal.
- Galloway, K. R., & Bretz, S. L. (2015). Development of an assessment tool to measure students' meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 92(7), 1149-1158. <https://doi.org/10.1021/ed500881y>
- García-Guzmán, J., del Carpio, A. F., De Amescua, A., & Velasco, M. (2013). A process reference model for managing living labs for ICT innovation: A proposal based on ISO/IEC 15504. *Computer Standards & Interfaces*, 36(1), 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2013.07.004>
- Garnier, C. (2020). *Les FabLabs, un réseau mondial et en croissance d'organisations collaboratives: une analyse des modes de coordination intra et inter-organisationnels* [Thèse de doctorat, institut polytechnique de Paris]. Theses.fr. Paris, France. <https://www.theses.fr/2020IPPAT034>
- Gaussel, M. (2020). Les pratiques enseignantes face aux recherches. *Dossier de veille de l'Institut français de l'Éducation (IFÉ)*. <https://hal.science/hal-02569129/document>
- Genevois, S., & Poyet, F. (2010). Espace numérique de travail (ENT) et « école étendue » : vers un nouvel espace-temps scolaire ? *Distances et savoirs*, 8(4), pages 565-583. <https://www.cairn.info/revue--2010-4-page-565.htm>.
- Génuit, H. (2019). *Les TIC et le commerce électronique dans les entreprises en 2018. Enquête TIC auprès des entreprises - Insee Résultats*. INSEE. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3896461?sommaire=3856444&q=Temp>

[s+d%27utilisation+des+technologies+num%C3%A9rique+dans+la+soci%C3%A9t%C3%A9](#)

- Geslin, P. (2017). *FabLabs, conception de produits et anthropotechnologie* (Vol. 1). ISTE Group.
- Gillis, N. (2022). *Qu'est-ce qu'un MOOC ?* [YouTube]. Université de Genève.
<https://moocs.unige.ch/presentation#:~:text=L'acronyme%20MOOC%20signifie%20C2%AB%20Massive,gratuits%20et%20libre%20d'acc%C3%A8s.>
- Giraudeau, P., Olry, A., Roo, J. S., Fleck, S., Bertolo, D., Vivian, R., & Hachet, M. (2019, 10-13 november). *CARDS: a mixed-reality system for collaborative learning at school* [Conference]. Proceedings of the 2019 ACM International Conference on Interactive Surfaces and Spaces (ISS '19), Dajon, South Korea.
<https://doi.org/10.1145/3343055.3359721>
- Gleizes, F., Legleye, S., & Pia, A. (2021). *Ordinateur et accès à Internet : les inégalités d'équipement persistent selon le niveau de vie*. INSEE.
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/5057474#:~:text=Toutefois%2C%20des%20in%C3%A9galit%C3%A9s%20persistent%20quant,des%20m%C3%A9nages%20les%20plus%20ais%C3%A9s.>
- Glikman, V. (2002). *Des cours par correspondance au « e-learning » : panorama des formations ouvertes et à distance*. Presses Universitaires de France.
<https://doi.org/10.3917/puf.glik.2002.01>
- Godue-Couture, C., & Tremblay, J. (2021). Enseigner l'éducation physique en temps de pandémie: pratiques enseignantes. *Revue hybride de l'éducation*, 4(6), 25-35. <https://doi.org/10.1522/rhe.v4i6.1226>
- Goldin-Meadow, S., & Beilock, S. L. (2010). Action's influence on thought: The case of gesture. *Perspectives on psychological science*, 5(6), 664-674.
<https://doi.org/10.1177/1745691610388764>
- Golsteijn, C., Gallacher, S., Koeman, L., Wall, L., Andberg, S., Rogers, Y., & Capra, L. (2015, 15-19 January). VoxBox: A tangible machine that gathers opinions from the public at events. Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI'15), California, USA. <https://doi.org/10.1145/2677199.2680588>
- González-Nieto, N. A., Ching-Chiang, L.-W. C., Fernández-Cárdenas, J. M., Reynaga-Peña, C. G., Santamaría-Cid-de-León, D., Díaz-de-León-Lastras, A., & Cortés Capetillo, A. J. (2020). FabLabs in vulnerable communities: STEM education opportunities for everyone. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(4), 1535-1555. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00744-y>
- Gourlet, P., & Dassé, T. (2017, 10-14 January). Cairn: A Tangible Apparatus for Situated Data Collection, Visualization and Analysis. Proceedings of the 2017 Conference on Designing Interactive Systems (DIS'17), Edinburgh, United Kingdom. <https://doi.org/10.1145/3064663.3064794>

- Graafland, J. H. (2018). New technologies and 21st century children : recent trends and outcomes. *Documents de travail de l'OCDE sur l'éducation*.
<https://doi.org/10.1787/e071a505-en>.
- Greenbaum, J., & Loi, D. (2012). Participation, the camel and the elephant of design: an introduction. *International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 8(2-3), 81-85. <https://doi.org/10.1080/15710882.2012.690232>
- Greff, É. (2016). Le robot Blue-Bot et le renouveau de la robotique pédagogique. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 75(3), 319-335.
<https://doi.org/10.3917/nras.075.0319>
- Gregory, J. (2003). Scandinavian approaches to participatory design. *International Journal of Engineering Education*, 19(1), 62-74.
- Gronier, G., & Baudet, A. (2021). Psychometric evaluation of the F-SUS: Creation and validation of the French version of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 37(16), 1571-1582.
<https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1898828>
- Guellai, B., & Esseily, R. (2018). Chapitre 3. Les grandes théories en psychologie du développement. Dans B. Guellai & R. Esseily (Eds.), *Psychologie du développement* (pp. 64-107). Armand Colin.
<https://doi.org/10.3917/arco.guell.2018.01.0064>
- Guenoud, P., & Moeckli, A. (2010). Les tiers-lieux, espaces d'émergences et de créativité. *Revue économique et sociale*, 68(2), 25-34.
<https://doi.org/10.5169/seals-283569>
- Guiot, D., Lapeyre, A., & Malas, Z. (2015). Le satisficing dans les enquêtes par questionnaire : mesures et effets sur la qualité des réponses. *Revue française du marketing*, 251, 43-58. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01649742>
- Hall, L., Hume, C., & Tazzyman, S. (2016). *Five Degrees of Happiness: Effective Smiley Face Likert Scales for Evaluating with Children* [Conference]. Proceedings of the The 15th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'16), Manchester, United Kingdom.
<https://doi.org/10.1145/2930674.2930719>
- Haller-Seeber, S., Gatterer, T., Hofmann, P., Kelter, C., Auer, T., & Felderer, M. (2022, 27-29 april). *Software Testing, AI and Robotics (STAIR) Learning Lab* [Conference]. 13th International Conference on Robotics in Education (RIE2022), Bratislava, Slovakia.
- Halverson, E. R., & Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. *Harvard educational review*, 84(4), 495-504.
<https://doi.org/10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063>
- Harmon, B. A. (2016, 14-17 february). Embodied spatial thinking in tangible computing. Proceedings of the Tenth International Conference on Tangible,

- Embedded, and Embodied Interaction (TEI'16), Eindhoven, Netherlands. <https://doi.org/10.1145/2839462.2854103>
- Hart, S. A., & Ouellet, D. (2013). Les compétences du 21^e siècle. *Bulletin de l'observatoire compétences-emplois*, 4(4). Consulté le 04/04/2023 sur <https://oce.uqam.ca/les-competences-qui-font-consensus/>
- Haspekian, M., & Gélis, J.-M. (2021). Informatique, Scratch et robots : de nouvelles pratiques enseignantes en mathématiques ? *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 28(1), 1-37. <https://doi.org/10.23709/sticf.28.1.1>
- Hassenzahl, M. (2003). The thing and I: understanding the relationship between user and product. Dans M. Blythe, C. Overbeeke, A. F. Monk, & P. C. Wright (Eds.), *Funology : from usability to enjoyment* (pp. 31-42). Kluwer Academic Publishers.
- Hassenzahl, M. (2007). The hedonic/pragmatic model of user experience. *Towards a UX Manifesto*, 10, 10-14.
- Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualität. Dans G. Szwillus & J. Ziegler (Eds.), *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung*. (pp. 187-196). https://doi.org/10.1007/978-3-322-80058-9_19
- Hassenzahl, M., Platz, A., Burmester, M., & Lehner, K. (2000, 1-6 april). Hedonic and ergonomic quality aspects determine a software's appeal. Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'00), The Hague, Netherlands. <https://doi.org/10.1145/332040.332432>
- Havig, J. S. (2017). *Advantages and disadvantages of flexible seating* [Master thesis, Minot State University]. Proquest.com. USA. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/advantages-disadvantages-flexible-seating/docview/1942412260/se-2>
- Hite, R., Jones, M. G., Childers, G., Ennes, M., Chesnutt, K., Pereyra, M., & Cayton, E. (2019). Investigating potential relationships between adolescents' cognitive development and perceptions of presence in 3-D, haptic-enabled, virtual reality science instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 28(3), 265-284. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9764-y>
- Hofmann, J., Müller, J., Gipp, B., & Reiterer, H. (2016, 4-7 september). bibox: A Tangible Approach to Motivating Participation in Public Libraries. Mensch und Computer 2016, Aachen, Germany. <https://doi.org/10.18420/muc2016-mci-0030>
- Horn, J. L. (1965). A rationale and test for the number of factors in factor analysis. *psychometrika*, 30(2), 179-185. <https://doi.org/10.1007/BF02289447>
- Hornecker, E. (2012). Beyond affordance: tangibles' hybrid nature. Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied

- Interaction(TEI'12), Kingston, Canada.
<https://doi.org/10.1145/2148131.2148168>
- Hossain, M., Leminen, S., & Westerlund, M. (2019). A systematic review of living lab literature. *Journal of cleaner production*, 213, 976-988.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.257>
- Hourcade, J. P. (2008). Interaction design and children. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 1(4), 277-392.
<https://doi.org/10.1561/1100000006>
- Hox, J., Borgers, N., & Sikkel, D. (2003). Response quality in survey research with children and adolescents: the effect of labeled response options and vague quantifiers. *International Journal of Public Opinion Research*, 15(1), 83-94.
- IDEO, & Riverdale. *Le design thinking pour les enseignants*. Consulté le 04/04/2023 sur <https://www.calameo.com/read/00403234628f021ae1819>
- Institut national de l'information géographique et forestière, & Ministère de l'Éducation nationale. (2022). *édugéo*. Consulté le 27/06/2022 sur <https://www.edugéo.fr/>
- Ishii, H., Lakatos, D., Bonanni, L., & Labrune, J.-B. (2012). Radical atoms: beyond tangible bits, toward transformable materials. *interactions*, 19(1), 38-51.
<https://doi.org/10.1145/2065327.2065337>
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997, 22-27 march). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI'97), Atlanta, USA.
<https://doi.org/10.1145/258549.258715>
- ISO 9241-11. (2018). Ergonomie de l'interaction homme-système - Partie 11 : utilisabilité - Définitions et concepts. Dans 3 - *Termes et définitions* : International Organization for Standardization.
- ISO 9241-210.5.1. (2019). Ergonomie de l'interaction homme-système. Partie 210 : conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs. Dans : AFNOR X35A.
- Iversen, O. S., Smith, R. C., & Dindler, C. (2018). *From computational thinking to computational empowerment: a 21st century PD agenda* [Conference]. Proceedings of the 15th Participatory Design Conference: Full Papers - Volume 1 (PDC'18), Hasselt and Genk, Belgium.
<https://doi.org/10.1145/3210586.3210592>
- Jeffrey, D. (2013). Rites scolaires et identité d'élève. *Formation et Profession : revue scientifique internationale en éducation*, 21(1), 50-64.
<https://doi.org/10.18162/fp.2013.26>
- Jennett, C., Iacovides, I., Cox, A. L., Vikhanova, A., Weigold, E., Mostaghimi, L., Jones, G., Jenkins, J., Gallacher, S., & Rogers, Y. (2016). Squeezy Green Balls: Promoting Environmental Awareness through Playful Interactions. Proceedings of the 2016 Annual Symposium on Computer-Human

Interaction in Play (CHI PLAY'16), Austin, USA.

<https://doi.org/10.1145/2967934.2968102>

Jensen, L., & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>

Johansson-Sköldberg, U., Woodilla, J., & Çetinkaya, M. (2013). Design thinking: past, present and possible futures. *Creativity and Innovation Management*, 22(2), 121-146. <https://doi.org/10.1111/caim.12023>

Jolly, C., & Gentaz, E. (2013). Évaluation des effets d'entraînements avec tablette tactile destinés à favoriser l'écriture de lettres cursives chez des enfants de Cours Préparatoire. *Revue des Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Education et la Formation*, 20, 495-512.

Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), 396-403. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2015/14975>

Kamata, A., Turhan, A., & Darandari, E. (2003, 21-25 april). Estimating reliability for multidimensional composite scale scores. Annual meeting of American Educational Research Association, Chicago, USA.

Kano, A., Horton, M., & Read, J. C. (2010, 16-20 October). Thumbs-up scale and frequency of use scale for use in self reporting of children's computer experience. Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries (NordiCHI'10), Reykjavik, Iceland. <https://doi.org/10.1145/1868914.1869008>

Kariippanon, K. E., Cliff, D. P., Lancaster, S. L., Okely, A. D., & Parrish, A.-M. (2018). Perceived interplay between flexible learning spaces and teaching, learning and student wellbeing. *Learning Environments Research*, 21(3), 301-320. <https://doi.org/10.1007/s10984-017-9254-9>

Karsenti, T., & Bugmann, J. (2018). Les tablettes tactiles à l'école : quels impacts auprès d'élèves ayant des difficultés d'apprentissage ? *Education & Formation*, 103.

Karsenti, T., & Collin, S. (2010). Les Formations ouvertes à distance (FOAD) : quelle contribution au développement de professionnels qualifiés en Afrique ? *Questions Vives. Recherches en éducation*, 7(14), 71-87. <https://doi.org/10.4000/questionsvives.536>

Karsenti, T., & Fievez, A. (2013). *L'iPad à l'école : usages, avantages et défis. Résultats d'une enquête auprès de 6057 élèves et 302 enseignants du Québec (Canada)* [Rapport préliminaire des principaux résultats]. CRIFPE. https://www.inshea.fr/sites/default/files/fichier-orna/rapport_iPad_Karsenti-Fievez_FR.pdf

Kaspersen, M. H., Bilstrup, K.-E. K., & Petersen, M. G. (2021, 14-19 february). The Machine Learning Machine: A Tangible User Interface for Teaching Machine

- Learning. Proceedings of the Fifteenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI'21), Salzburg, Autriche. <https://doi.org/10.1145/3430524.3440638>
- Kaulio, M. A. (1998). Customer, consumer and user involvement in product development: A framework and a review of selected methods. *Total quality management*, 9(1), 141-149. <https://doi.org/10.1080/0954412989333>
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in Science and Technology Education*, 10(2), 85-119. <https://www.learntechlib.org/p/182115/>.
- KDE. (2022). *Gcompris*. (Version 3.2) [Logiciel]. <https://gcompris.net/index-fr.html>
- Kelchtermans, G. (2001). Formation des enseignants: l'apprentissage réflexif à partir de la biographie et du contexte. *Recherche et Formation*, 36(1), 43-67. <https://doi.org/10.3406/refor.2001.1690>
- Kidd, C. D., Orr, R., Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Essa, I. A., MacIntyre, B., Mynatt, E., Starner, T. E., & Newstetter, W. (1999, 25-26 february). The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild 1999), Darmstadt, Germany. https://doi.org/10.1007/10705432_17
- Kieras, D. (2009). Model-based evaluation. Dans J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook* (2ème ed., pp. 309-326). Lawrence Earlbaum Associates.
- Klemmer, S. R., Hartmann, B., & Takayama, L. (2006, 26-28 june). How bodies matter: five themes for interaction design. Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems (DIS'06), Pennsylvania, USA. <https://doi.org/10.1145/1142405.1142429>
- Koh, K., & Abbas, J. (2015). Competencies for information professionals in learning labs and makerspaces. *Journal of Education for Library and Information Science*, 56(2), 114-129. <https://doi.org/10.3138/jelis.56.2.114>
- Komis, V., & Misirli, A. (2011, 24-26 octobre). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle: Une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. Colloque international DIDAPRO 4-Dida&STIC, Patras, Grèce. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143/>
- Krestanova, A., Cerny, M., & Augustynek, M. (2021). Development and technical design of tangible user interfaces in wide-field areas of application. *Sensors*, 21(13), 4258. <https://doi.org/10.3390/s21134258>
- Kubicki, S., Borgiel, K., Lepreux, S., Wolff, M., & Kolski, C. (2012). Réflexions autour des tables interactives: expérience utilisateur, utilisabilité, évaluation. *Le travail humain*, 75(3), 229-252. <https://doi.org/10.3917/th.753.0229>

- Kumar Basak, S., Wotto, M., & Belanger, P. (2018). E-learning, M-learning and D-learning: Conceptual definition and comparative analysis. *E-learning and Digital Media*, 15(4), 191-216. <https://doi.org/10.1177/2042753018785180>
- Kviselius, N. Z., Andersson, P., Ozan H, & Edenius, M. (2009). Living labs as tools for open innovation. *Communications and stratégies*, 1(74), 75-94.
- Labat, J.-M. (2002, 13-15 novembre). EIAH : Quel retour d'informations pour le tuteur ? Colloque international Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie, Lyon, France. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000644/>
- Laerhoven, H. v., Zaag-Loonen, H. v. d., & Derkx, B. H. (2004). A comparison of Likert scale and visual analogue scales as response options in children's questionnaires. *Acta paediatrica*, 93(6), 830-835. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2004.tb03026.x>
- Lagadec, A. M. (2009). L'analyse des pratiques professionnelles comme moyen de développement des compétences: ancrage théorique, processus à l'œuvre et limites de ces dispositifs. *Recherche en soins infirmiers*, 97(2), 4-22. <https://doi.org/10.3917/rsi.097.0004>
- Lallemand, C., & Gronier, G. (2015). *Méthodes de design UX : 30 méthodes fondamentales pour concevoir et évaluer les systèmes interactifs*. Eyrolles.
- Lallemand, C., Gronier, G., & Koenig, V. (2015). User experience: A concept without consensus? Exploring practitioners' perspectives through an international survey. *Computers in Human Behavior*, 43, 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.048>
- Lallemand, C., Koenig, V., Gronier, G., & Martin, R. (2015). Création et validation d'une version française du questionnaire AttrakDiff pour l'évaluation de l'expérience utilisateur des systèmes interactifs. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 65(5), 239-252. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2015.08.002>
- Lanna, L. C., & Oro, M. G. (2019). Touch gesture performed by children under 3 years old when drawing and coloring on a tablet. *International journal of human-computer studies*, 124, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.11.008>
- Laquerre, G. (2018). *Nouvelle ère pour l'environnement d'apprentissage chez les élèves au primaire : les classes flexibles, plus qu'un simple aménagement, un cheminement réflexif* [Mémoire de master, Université du Québec à Trois-Rivières]. <https://depot-e.uqtr.ca/depot-e.uqtr.ca/id/eprint/8518/1/032105980.pdf>
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008, 20-21 novembre). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. 4th Symposium of the Workgroup Human-Computer Interaction and Usability Engineering of the

- Austrian Computer Society (HCI4EDU), Graz, Austria.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6
- Laval, V. (2019). *La psychologie du développement : Modèles et méthodes* (4 ed.). Dunod.
- Le Boterf, G. (2011). Qu'est-ce qu'un professionnel compétent ? Comment développer son professionnalisme ? *Pédagogie collégiale*, 24(2), 27-31.
<http://eduq.info/xmlui/handle/11515/21812>
- Learning Lab Network. (2022a). *Charte Learning Lab*. Consulté le 22/11/2022 sur <https://www.learninglab-network.com/wp-content/uploads/2014/12/Charte-Learning-Lab-Network-.pdf>
- Learning Lab Network. (2022b). *Learning Lab : apprendre & enseigner autrement*. Consulté le 22/11/2022 sur <https://www.learninglab-network.com/actualites/la-fondation-learninglab-network-edite-un-livre-blanc-apprendre-et-enseigner-autrement/#:~:text=La%20fondation%20LearningLab%20Network%20%C3%A9dite%20un%20livre%20blanc%20%C2%AB%20Apprendre%20et,communes%20et%20des%20objectifs%20partag%C3%A9s.>
- Learning Lab Network. (2022c). *Learning Lab Network*. Viewed on 21/11/2022 at <https://www.learninglab-network.com/>
- Lee, C. K., & Shea, M. (2020). Exploring the use of virtual reality by pre-service elementary teachers for teaching science in the elementary classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 52(2), 163-177.
<https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1726234>
- Lee, Y. (2008). Design participation tactics: the challenges and new roles for designers in the co-design process. *Co-design : International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 4(1), 31-50.
<https://doi.org/10.1080/15710880701875613>
- Legendre, M., & David, R. (2012). Les référentiels de compétences : dans quelle mesure contribuent-ils à assurer une plus grande cohérence de la formation. Dans J. Desjardins (Ed.), *La formation des enseignants en quête de cohérence* (Vol. 1, pp. 43-65). De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.altet.2012.01.0043>
- Legleye, S., Nougaret, A., & Viard-Guillot, L. (2022). *94% des 15-29 ans ont un smartphone en 2021*. INSEE.
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/6036909#:~:text=est%20%C3%A9galem%20modifi%C3%A9,-.Une%20population%20tr%C3%A8s%20bien%20%C3%A9quip%C3%A9e,t%C3%A9l%C3%A9phone%20fixe%20dans%20son%20foyer.>
- Leminen, S. (2015a). *Living Labs as Open Innovation Networks - Networks, Roles and Innovation Outcomes* [Doctoral thesis, Aalto University]. ResearchGate. Norway.

- Leminen, S. (2015b). Q&A. What Are Living Labs? *Technology Innovation Management Review*, 5(9), 29-35. <http://timreview.ca/article/928>
- Leminen, S., Westerlund, M., & Nyström, A.-G. (2014). On becoming creative consumers–user roles in living labs networks. *International Journal of Technology Marketing*, 9(1), 33-52. <https://doi.org/10.1504/IJTMKT.2014.058082>
- Lepage, A., & Romero, M. (2019, 10-11 octobre). Évaluation par compétences d'activités de programmation créative avec l'outil# 5c21. Actes du colloque CIRTA 2017, UQAM, Québec. https://www.researchgate.net/profile/Margarida-Romero/publication/320310837_Evaluation_par_compences_d'activites_d_e_programmation_creative_avec_l'outil_5c21/links/59dd2b61a6fdcc276fa292d1/Evaluation-par-compences-d'activites-de-programmation-creative-avec-loutil-5c21.pdf
- Leplat, J. (1995). A propos des compétences incorporées. *Éducation permanente*(123), 101-113.
- Leroux, M., Bergeron, L., Turcotte, S., Deschênes, G., Smith, J., Malboeuf-Hurtubise, C., Riel, J., Bergeron, J., & Berrigan, F. (2021). L'aménagement flexible de la classe : le point de vue d'enseignantes du primaire au Québec. *Éducation et socialisation : les cahiers du CERFEE*(59). <https://doi.org/10.4000/edso.13585>
- Leroux, M., Soro, Z., Bergeron, J., Bergeron, L., Berrigan, F., Deschênes, G., Malboeuf-Hurtubise, C., Smith, J., & Turcotte, S. (2022). L'aménagement flexible de la classe sous les projecteurs: analyse des retombées sur les apprentissages des élèves ainsi que sur les pratiques pédagogiques d'enseignantes du primaire. *Didactique*, 3(1), 64-93. <https://doi.org/10.37571/2022.0104>
- Leung, S.-O. (2011). A comparison of psychometric properties and normality in 4-, 5-, 6-, and 11-point Likert scales. *Journal of Social Service Research*, 37(4), 412-421. <https://doi.org/10.1080/01488376.2011.580697>
- Lewis, F., Plante, P., & Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire: une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*(5), 11-27. <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
- Lhoste, É. F. (2017). Les fablabs transforment-ils les pratiques de médiation ? *Cahiers de l'action*, 48(1), 15-22. <https://doi.org/10.3917/cact.048.0015>
- Lhoste, E. F., & Barbier, M. (2016). Fablabs. L'institutionnalisation de Tiers-Lieux du « soft hacking ». *Revue d'anthropologie des connaissances*, 10(1).
- Liang, M., Li, Y., Weber, T., & Hussmann, H. (2021, 22-23 June). Tangible Interaction for Children's Creative Learning: A Review. Creativity and Cognition, Virtual event, Italy. <https://doi.org/10.1145/3450741.3465262>

- Liefooghe, C. (2018). Les tiers-lieux à l'ère du numérique : diffusion spatiale d'une utopie socio-économique. *Géographie, économie, société*, 20(1), 33-61. <https://doi.org/10.3166/ges.20.2017.0028>
- Liguori, A., & Rappoport, P. (2018). *Digital storytelling in cultural and heritage education: Reflecting on storytelling practices applied with the Smithsonian Learning Lab to enhance 21st-century learning* [Conference]. International Conference on Digital Storytelling, Zakynthos, Greece. <https://hdl.handle.net/2134/35051> <https://hdl.handle.net/2134/35051>
- Liquète, V. (2019, 16-18 octobre). Le FabLab comme communauté apprenante. 15ème conférence internationale EUTIC : Territoires intelligents et sociétés apprenantes, Dakar, Sénégal. <https://doi.org/10.7346/aspei-022021-05>
- Lissitz, R. W., & Green, S. B. (1975). Effect of the number of scale points on reliability: A Monte Carlo approach. *Journal of Applied Psychology*, 60(1), 10-13. <https://doi.org/10.1037/h0076268>
- Loi n°2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République, Légifrance (2013). <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000027677984/>
- Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, Légifrance (2005). <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000809647#:~:text=%C2%AB%20Toute%20personne%20handicap%C3%A9e%20a%20droit,plein%20exercice%20de%20sa%20citoyenn%C3%A9>.
- Lombardo, E., & Dumas, P. (2006, 26-27 mai). La métacognition dans l'évaluation de la formation à distance. TiceMed 06, Gênes, Italie. https://archivesic.ccsd.cnrs.fr/sic_00260337/document
- Lorre, B. (2018). État de l'art sur les Tiers Lieux. Pour une approche critique de l'informatisation sociale. *Terminal : technologie de l'information, culture & société*(123). <https://doi.org/10.4000/terminal.3365>
- Luck, R. (2018). What is it that makes participation in design participatory design? *Design Studies*, 59, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2018.10.002>
- Ly, S.-T., & Klucik, L. (2019). Quel impact du numérique sur nos métiers ? *Administration et Éducation*, 163(3), 39-48. <https://doi.org/10.3917/admed.163.0039>
- Manches, A., O'Malley, C., & Benford, S. (2010). The role of physical representations in solving number problems: A comparison of young children's use of physical and virtual materials. *Computers & Education*, 54(3), 622-640. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.023>
- Mariné, C., & Huet, N. (1998). Techniques d'évaluation de la métacognition. I Les mesures indépendantes de l'exécution de tâches. II Les mesures

- dépendantes de l'exécution de tâches. *L'Année psychologique*, 98(4), 711-742.
- Markopoulos, P., & Rauterberg, G. (2000). LivingLab: A white paper. *IPO Annual Progress Report*, 35, 53-65.
- Markopoulos, P., Read, J. C., MacFarlane, S., & Hoysniemi, J. (2008). *Evaluating children's interactive products: principles and practices for interaction designers*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374111-0.X0001-1>
- Markova, M. S., Wilson, S., & Stumpf, S. (2012). Tangible user interfaces for learning. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(3-4), 139-155. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051578>
- Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A., & Rocha, N. P. (2015). Definition and Validation of the ICF-Usability Scale. *Procedia Computer Science*, 67, 132-139. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.257>
- Mary, C. (2020). Apprendre ensemble à enseigner. *Administration Education*, 168(4), 135-143. <https://doi.org/10.3917/admed.168.0135>
- The Fab Charter, (2012). <https://fab.cba.mit.edu/about/charter/>
- Massé, J.-C., Picard, O., & Poirier, P. (2014). Formation à distance ou formation en ligne ? Classe hybride ou formation mixte ? En route vers une terminologie commune ! *Bulletin collégial des technologies de l'information et des communications*.
- Mastafi, M., Mabrou, A., & Balle, F. (2018). Intégration des TIC dans l'enseignement: quels déterminants de résistance au changement chez les enseignants ? *Revue Scientifique internationale de l'Éducation et de la Formation*, 3(6), 13-23.
- Maulini, O. (2009). Rapport au savoir, métier d'élève et sens du travail scolaire. <https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/maulini/publ-0913.pdf>
- Maulini, O., & Perrenoud, P. (2005). La forme scolaire de l'éducation de base: tensions internes et évolutions. Dans *Les formes de l'éducation : variété et variations* (pp. 147-168). De Boeck. <https://doi.org/10.3917/dbu.mauli.2005.01.0147>
- McGreal, R., & Anderson, T. (2007). E-Learning in Canada. *International Journal of Distance Education Technologies*, 5(1), 1-6. <https://doi.org/10.4018/jdet.2007010101>
- Mellor, D., & Moore, K. A. (2013). The use of Likert scales with children. *Journal of pediatric psychology*, 39(3), 369-379. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jst079>
- Mercier, C., & Lefer Sauvage, G. (2022). L'école à l'heure de la COVID-19 : des constats de pratiques vers une nouvelle forme scolaire. *Formation et profession*, 30(1), 1-14. <https://doi.org/10.18162/fp.2022.623>
- Mercier, E., Vourloumi, G., & Higgins, S. (2017). Student interactions and the development of ideas in multi-touch and paper-based collaborative

- mathematical problem solving. *British Journal of Educational Technology*, 48(1), 162-175. <https://doi.org/10.1111/bjet.12351>
- Merriault, J.-M. (2016). *Audition commission éducation et culture assemblée nationale*. Réseau Canopé. https://www2.assemblee-nationale.fr/static/14/comaffcult/CANOPE_mars%202016.pdf
- Michel, C., Sandoz-Guermond, F., & Serna, A. (2011, 25-27 mai). Revue de littérature sur l'évaluation de l'usage de dispositifs mobiles et tactiles ludo-éducatifs pour les jeunes enfants. Atelier IHM avancées pour l'apprentissage, conférence EIAH, Mons, Belgique. <https://liris.cnrs.fr/Documents/Liris-5385.pdf>
- Mieyeville, F., Navarro, D., & Carrel, L. (2015). Fablab et DIY : de nouvelles voies pour l'enseignement de l'électronique ? *J3eA*, 14, 2011. <https://doi.org/10.1051/j3ea/2015023>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=f78a31be8874eda176a5244c645289be9f1d4317>
- Millar, G. C., Tabrizian, P., Petrasova, A., Petras, V., Harmon, B., Mitsova, H., & Meentemeyer, R. K. (2018, 21-26 avril). Tangible landscape: A hands-on method for teaching terrain analysis. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'18), Montreal, Canada. <https://doi.org/10.1145/3173574.3173954>
- Miller, M. B. (1995). Coefficient alpha: A basic introduction from the perspectives of classical test theory and structural equation modeling. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 2(3), 255-273. <https://doi.org/10.1080/10705519509540013>
- Minge, M., & Riedel, L. (2013). meCUE-Ein modularer fragebogen zur erfassung des nutzungslebens. Dans S. Boll, S. Maaß, & R. Malaka (Eds.), *Mensch & Computer 2013: Interaktive Vielfalt* (pp. 89-98). Editions Oldenbourg.
- Ministère de l'Éducation et de l'enseignement supérieur du Québec. (2019). *Le cadre de référence de la compétence numérique*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/Cadre-referance-competece-num.pdf
- Ministère de l'Éducation et de la jeunesse. (2020). *L'utilisation du numérique à l'école*. education.gouv.fr. <https://www.education.gouv.fr/l-utilisation-du-numerique-l-ecole-12074>
- Ministère de l'Éducation et de la jeunesse. (2022a). *Archiclasse - Boîte à outils*. Consulté le 05/04/2023 sur https://archiclasse.education.fr/IMG/pdf/b-etats_des_lieux.pdf
- Ministère de l'Éducation et de la jeunesse. (2022b). *Être enseignant aujourd'hui*. devenirenseignant.gouv.fr. Consulté le 05/04/2023 sur

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/cid98754/etre-enseignant-aujourd-hui.html>

- Ministère de l'Éducation nationale. (2013). *Référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation*. (Bulletin officiel n°30 du 25 Juillet 2013). Récupéré sur <https://www.education.gouv.fr/le-referentiel-de-competences-des-metiers-du-professorat-et-de-l-education-5753>
- Ministère de l'Éducation nationale de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2015). *Socle commun de connaissances, de compétences et de culture*. (Bulletin officiel n°17 du 23 Avril 2015). Récupéré sur https://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?pid_bo=32094
- Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse. (2018). *Rapport POFETIC - Connaître les pratiques numériques des enseignants*. Médiamétrie. https://cache.media.eduscol.education.fr/file/ETIC_et_PROFETIC/65/7/Rapport_PROFETIC_2018_Synthese_1098657.pdf
- Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse. (2019). *Rapport PROFETIC - Connaître les pratiques numériques des enseignants du 1er degré*. : Médiamétrie Récupéré sur <https://eduscol.education.fr/document/4303/download>
- Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse. (2022a). *Archiclasse*. Consulté le 05/04/2023 sur <https://archiclasse.education.fr/>
- Ministère de l'Éducation nationale et de la jeunesse. (2022b). *Avis sur la contribution du numérique à la transmission des savoirs et à l'amélioration des pratiques pédagogiques*.
- Mobysa. (2012). *Thymio by Mobysa*. <https://www.thymio.org/fr/>
- Mollo, V., & Nascimento, A. (2013). Pratiques réflexives et développement des individus, des collectifs et des organisations. Dans *Ergonomie constructive* (pp. 207-221). Presses Universitaires de France. <https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0207>
- Mondada, F., Bonani, M., Riedo, F., Briod, M., Pereyre, L., Rétornaz, P., & Magnenat, S. (2017). Bringing robotics to formal education: The thymio open-source hardware robot. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 24(1), 77-85. <https://doi.org/10.1109/MRA.2016.2636372>.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1(209-0015), 13.
- Mulder, I., Fahy, C., Hribernik, K., Velthaus, D., Feurstein, K., Garcia, M., Schaffers, H., Mirijamdotter, A., & Stahlbrost, A. (2007). Towards harmonized methods and tools for Living Labs. *Expanding the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case Studies*, 4, 722-729.

- Mulder, I., Velthausz, D., & Kriens, M. (2008). The living labs harmonization cube: Communicating living lab's essentials. *The Electronic Journal for Virtual Organizations and Networks*, 10(Special Issue on Living Labs), 1-14.
- Neumann, M. M., & Neumann, D. L. (2014). Touch screen tablets and emergent literacy. *Early Childhood Education Journal*, 42(4), 231-239.
<https://doi.org/10.1007/s10643-013-0608-3>
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J., Clemmensen, T., & Yssing, C. (2002, 19-23 october). Getting access to what goes on in people's heads?: reflections on the think-aloud technique. Proceedings of the second Nordic conference on Human-computer interaction (NordiCHI'02), Aarhus Denmark.
<https://doi.org/10.1145/572020.572033>
- Nielsen, L. (2011, 23 november). Personas in Co-creation and Codesign. Proceedings of the 11th Danish Human-Computer Interaction Research Symposium (DHRS2011), Frederiksberg, Denmark.
- Nikolic, S., Suesse, T., Jovanovic, K., & Stanisavljevic, Z. (2020). Laboratory learning objectives measurement: Relationships between student evaluation scores and perceived learning. *IEEE Transactions on Education*, 64(2), 163-171.
<https://doi.org/1109/TE.2020.3022666>.
- Noldus, L. (1991). The Observer: a software system for collection and analysis of observational data. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 23(3), 415-429. <https://doi.org/10.3758/BF03203406>
- Nonnis, A., & Bryan-Kinns, N. (2019, 12-15 june). Mazi: a Tangible Toy for Collaborative Play between Children with Autism. Proceedings of the 18th ACM International Conference on Interaction Design and Children (IDC'19), Boise, USA. <https://doi.org/10.1145/3311927.3325340>
- Norman, D., Miller, J., & Henderson, A. (1995, 7-11 mai). What you see, some of what's in the future, and how we go about doing it: HI at Apple Computer. Conference companion on Human factors in computing systems, Denver, USA.
- Norman, D. A. (1990). *The design of everyday things*. Doubleday Business
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric Theory* (2 ed.). Mcgraw Hill Publishing Company.
- Nunnally Jr, J. C. (1970). *Introduction to psychological measurement*. McGraw-Hill.
- Nyström, A.-G., Leminen, S., Westerlund, M., & Kortelainen, M. (2014). Actor roles and role patterns influencing innovation in living labs. *Industrial Marketing Management*, 43(3), 483-495.
<https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2013.12.016>
- OCDE. (2005). *Le rôle crucial des enseignants Attirer, former et retenir des enseignants de qualité*. <https://www.oecd.org/fr/education/scolaire/34990974.pdf>

- OCDE. (2013). « *Enseigner, un métier qui s'apprend* ». Consulté le 04/05/2023 sur <https://www.oecd.org/fr/education/scolaire/enseigner.htm>
- OCDE. (2015). *Students, Computers and Learning : Making the Connection* [PISA]. Editions OCDE.
- OCDE. (2016). *L'importance des compétences : Nouveaux résultats de l'évaluation des compétences des adultes*. Editions OCDE.
- OCDE. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. Editions OCDE. [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf)
- OCDE. (2020). *Éducation et COVID-19 : Les répercussions à long terme de la fermeture des écoles*. Editions OCDE. <https://www.oecd.org/coronavirus/fr/>
- OCDE. (2021). Construire l'éducation de demain. Dans *OCDE*.
- Oerke, B., & Bogner, F. X. (2013). Social desirability, environmental attitudes, and general ecological behaviour in children. *International Journal of Science Education*, 35(5), 713-730. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.566897>
- Office québécois de la langue française. (2022). « design ». Dans https://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8360923
- Oldenburg, R. (1999). *The great good place: Cafes, coffee shops, bookstores, bars, hair salons, and other hangouts at the heart of a community*. Da Capo Press.
- Olry, A., Veytizou, J., Bertolo, D., Vivian, R., Bastien, C., JM, & Fleck, S. (2020, 25-29 may). PrisMe: a Tangible User Interface for Group Work Regulation. European Tangible Interaction Studio 2020, Siena, Italy.
- Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture. (2018). *Référentiel UNESCO de compétences TIC pour les enseignants* (3 ed.). UNESCO.
- Ozok, A. A. (2009). Survey design and implementation in HCI. Dans J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *The Human-Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications* (2 ed., pp. 1259-1277). CRC Press.
- Papert, S. (1977). A learning environment for children. Dans R. J. Seidel & M. Rubin (Eds.), *Computers communication: Implication for education* (Academic Press ed., pp. 271-278). Academic Press.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). Situating constructionism. Dans S. Papert & I. Harel (Eds.), *Constructionism* (pp. 1-11). Ablex Publishing.
- Paquay, L. (2013). Auto-évaluation. Dans A. Jorro (Ed.), *Dictionnaire des concepts de la professionnalisation* (pp. 41-44). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.devel.2013.02.0041>
- Paquay, L., & Sirota, R. (2001). Éditorial: La construction d'un espace discursif en éducation. Mise en oeuvre et diffusion d'un modèle de formation des enseignants: le praticien réflexif. *Recherche & formation*, 36(1), 5-16.

- Pastré. (1998, 22-24 janvier). L'analyse des compétences en didactique professionnelle. Communication au colloque de l'AESCE, Strasbourg, France.
- Pastré, P., & Weill-Fassina, A. (2004). Les compétences professionnelles et leur développement. Dans P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (pp. 213-231). Presses Universitaires de France.
- Peltier, C., & Peraya, D. (2012, 14-18 mai). Analyse des effets d'une activité réflexive instrumentée sur la construction de compétences métacognitives. Actes du 27ème Congrès de l'Association internationale de pédagogie universitaire (AIPU), Université du Québec à Trois-Rivières.
- Penelaud, O. (2010). Le paradigme de l'énaction aujourd'hui : Apports et limites d'une théorie cognitive « révolutionnaire ». *PLASTIR*, 18(1), 1-35.
<https://plasticites-sciences-arts.org/PLASTIR/Penelaud%20P18.pdf>
- Peraya, D. (1995). Nouvelles technologies ou technologies émergentes: vers une réappropriation pédagogique des nouvelles technologies. *La formation à distance*, 17-44.
- Peraya, D., Charlier, B., & Deschryver, N. (2014). Une première approche de l'hybridation. *Education et formation*(e-301), 15-34.
- Peraya, D., & Peltier, C. (2012). Typologie des dispositifs hybrides : configurations et types. *Dispositifs hybrides, nouvelle perspective pour une pédagogie renouvelée de l'enseignement supérieur. Rapport final*, 54-86.
- Perrenoud, P. (1996). L'analyse collective des pratiques pédagogiques peut-elle transformer les praticiens. Dans *Ministère de l'Éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche « L'analyse des pratiques en vue du transfert des réussites »* (pp. 17-34).
- Perrenoud, P. (1998a). *De la réflexion dans le feu de l'action à une pratique réflexive*. Repris dans Perrenoud, Ph. (2001) Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. Professionnalisation et raison pédagogique. Paris: ESF. Consulté le 05/04/2023 sur
https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1998/1998_31.html
- Perrenoud, P. (1998b). *Savoir réfléchir sur sa pratique, objectif central de la formation des enseignants*. Repris dans Perrenoud, Ph. (2001) Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant. Professionnalisation et raison pédagogique, Paris, ESF. Consulté le 05/04/2023 sur
https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1998/1998_29.html
- Perrenoud, P. (2001). Mettre la pratique réflexive au centre du projet de formation. *Cahiers pédagogiques*, 390, 42-45.
https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_2001/2001_02.html

- Perrenoud, P. (2010). *Développer la pratique réflexive dans le métier d'enseignant* (5 ed.). ESF.
- Perry, E., Baraudon, C., & Fleck, S. (2018, 23-26 octobre). Concevoir des IHM pour l'éducation : intérêts d'une sonde culturelle pour mieux connaître l'enseignant-utilisateur. 30ème conférence francophone sur l'interaction homme-machine, Brest, France.
- Piaget, J. (1974). *Réussir et comprendre*. PUF.
- Picard, R., & Bourquard, K. (2018). Chapitre 19. Zoom sur les Test Beds, outil d'évaluation des Living Labs. Dans *L'avenir des Silver Tech* (pp. 369-373). Presses de l'EHESP. <https://doi.org/10.3917/ehesp.miche.2018.01.0369>
- Pinzger, M., Gall, H., Fischer, M., & Lanza, M. (2005, 14-15 may). Visualizing multiple evolution metrics. Proceedings of the 2005 ACM symposium on Software visualization (SoftVis'05), St. Louis, Missouri. <https://doi.org/10.1145/1056018.1056027>
- Proulx, A. G., Ruest-Paquette, A.-S., Simões Forte, L. A., Cotnam-Kappel, M., Fallu, C., & Bartosova, L. (2012). La réflexivité : exercice pédagogique et outil d'accompagnement aux cycles supérieurs. *Revue internationale de pédagogie de l'enseignement supérieur*, 28(2). <https://doi.org/10.4000/ripes.672>
- Quiles, C. (2014). *Comment évaluer la métacognition ? Intérêts et limites de l'évaluation de la conscience métacognitive « on-line »* [Thèse de doctorat, Université de Bordeaux]. tel.archives-ouvertes.fr. <https://core.ac.uk/download/pdf/46816769.pdf>
- Quinche, F., & Didier, J. (2019, 26 Novembre-4 Décembre). Questionner l'apprentissage des technologies dans l'enseignement scolaire : Apports et limites du modèle des Fablabs et Makerspaces dans ce contexte. Communication présentée à la semaine de l'innovation de l'Université de Lyon, « Mieux apprendre à innover ? », Lyon, France.
- Raes, A., & Pieters, M. (2022, 30 May). *Designing and investigating learning spaces from a learning lab perspective* [PowerPoint presentation]. https://www.versnellingsplan.nl/wp-content/uploads/2022/06/EPIC_Designing-and-investigating-learning-spaces-from-a-learning-lab-perspective-Annelies-Raes-and-Marieke-Pieters.pdf
- Raffle, H. S., Parkes, A. J., & Ishii, H. (2004, 24-29 april). Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'04), Vienne, Autriche. <https://doi.org/10.1145/985692.985774>
- Ramirez, E. J., & Labarge, S. (2018). Real moral problems in the use of virtual reality. *Ethics and Information Technology*, 20(4), 249-263. <https://doi.org/10.1007/s10676-018-9473-5>

- Raykov, T., & Shrout, P. E. (2002). Reliability of scales with general structure: Point and interval estimation using a structural equation modeling approach. *Structural equation modeling*, 9(2), 195-212.
https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0902_3
- Read, J., & Fine, K. (2005). Using survey methods for design and evaluation in child computer interaction. Dans J. A. Jacko & A. Sears (Eds.), *Workshop on Child Computer Interaction: Methodological Research at Interact* (pp. 43-48). IOS Press.
- Read, J. C. (2008). Validating the Fun Toolkit: an instrument for measuring children's opinions of technology. *Cognition, Technology & Work*, 10(2), 119-128.
<https://doi.org/10.1007/s10111-007-0069-9>
- Read, J. C. (2015). Children as participants in design and evaluation. *interactions*, 22(2), 64-66. <https://doi.org/10.1145/2735710>
- Read, J. C., Gregory, P., MacFarlane, S., McManus, B., Gray, P., & Patel, R. (2002). An investigation of participatory design with children-informant, balanced and facilitated design. *Interaction design and Children*, Eindhoven, Netherlands.
- Redondo, B., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., & Sánchez Ruiz, R. (2020). Integration of augmented reality in the teaching of English as a foreign language in early childhood education. *Early Childhood Education Journal*, 48(2), 147-155. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-00999-5>
- Remond, G., & Brunet, O. (2021). *Les jeunes, toujours plus accros à leur smartphone ?* Médiamétrie. Consulté le 03/03/2023 sur <https://www.mediametrie.fr/fr/les-jeunes-toujours-plus-accros-leur-smartphone#:~:text=Les%2015%2D24%20ans%20passaient,que%20pendant%20le%20premier%20confinement>.
- Réseau Canopé. (2021). *Rapport annuel d'activité*. Réseau Canopé.
https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/espace_institutionnel/rapportactivite2021.pdf
- Réseau Canopé. (2022). *Fab Lab à l'école - Créer pour apprendre*. consulté le 01/11/2022 sur <https://www.reseau-canope.fr/occitanie/projet/fab-lab-a-lecole>
- Réseau Canopé. (2023). *Qui sommes-nous ?* Consulté le 24/01/2023 sur <https://www.reseau-canope.fr/qui-sommes-nous.html>
- Réseau français des FabLabs. (2022). *Accueil - RFFLabs*. Consulté le 16/11/2022 sur <https://rfflabs.fr/>
- Reuter, Y., Cohen-Azria, C., Daunay, B., Delcambre, I., & Lahanier-Reuter, D. (2013). Forme scolaire. Dans Y. Reuter, C. Cohen-Azria, B. Daunay, I. Delcambre, & D. Lahanier-Reuter (Eds.), *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques* (pp. 107-111). De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.reute.2013.01.0107>

- Ria, L., & Rayou, P. (2020). La forme scolaire en confinement : enseignants et parents à l'épreuve de l'enseignement à distance. *Formation et profession*, 28(4), 1-11. <https://doi.org/10.18162/fp.2020.675CopiedAn> error has occurred
- Rikala, J., Vesisenaho, M., & Mylläri, J. (2013). Actual and potential pedagogical use of tablets in schools. *Human technology*, 9(2), 113-131. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201312042736>
- Rizza, C., & Mahmoud, S. (2010). Les potentialités du Web 2.0 dans le domaine de l'apprentissage : Quels enjeux pour l'éducation ? *Revue ISDMC*, 39, 1-16.
- Rodríguez, I., Karyda, M., Lucero, A., & Herskovic, V. (2019, 2-6 september). Aestimo: A Tangible Kit to Evaluate Older Adults' User Experience. INTERACT 2019, Paphos, Cyprus.
- Rolland, J. (2006). Comment évaluer un test ? Dans C. Lévy-Leboyer, C. Louche, & J.-P. Rolland (Eds.), *Ressources Humaines : Les apports de la psychologie du travail* (Vol. 1, pp. 35-52). Eyrolles.
- Romero, M. (2004). *Métacognition dans les EIAH*. LIUM.
- Romero, M. (2017). Les compétences pour le XXIe siècle. Dans M. Romero, B. Lille, & A. Patiño (Eds.), *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle* (pp. 15-27). Presses de l'Université du Québec.
- Romero, M., & Sanabria, J. (2017). Des projets de robotique pédagogique pour le développement des compétences du XXIe siècle. Dans M. Romero, B. Lille, & A. Patiño (Eds.), *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle* (pp. 107-124). Presses de l'Université du Québec.
- Roo, J. S. (2017). *One reality: augmenting the human experience through the combination of physical and digital worlds* [Doctoral thesis, Bordeaux University]. theses.hal.science. Bordeaux, France. <https://theses.hal.science/tel-01716426/document>
- Ross, J. A. (2006). The reliability, validity, and utility of self-assessment. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 11(1), 10. <https://doi.org/10.7275/9wph-vv65>
- Rukspollmuang, C., Mongkhonvanit, P., Phitthayanon, C., Silalai, N., & Nubsang, H. (2022). University as a living learning lab for sustainable futures. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2(1). <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15467>
- Rust, R. T., & Cooil, B. (1994). Reliability measures for qualitative data: Theory and implications. *Journal of Marketing Research*, 31(1), 1-14. <https://doi.org/10.1177/002224379403100101>
- Saint-Arnaud, Y. (1995). Pratique, formation et recherche : l'espoir d'un dialogue. *Cahiers de la recherche en éducation*, 2(1), 21-38. <https://doi.org/10.7202/1018211ar>

- Saint-Arnaud, Y. (2003). Devenir efficace. Dans *L'interaction professionnelle : Efficacité et coopération*. Presses de l'Université de Montréal.
<https://doi.org/10.4000/books.pum.10801>
- Sanchez, E., Paukovics, E., Cheniti-Belcadhi, L., El Khayat, G., Said, B., & Korbaa, O. (2022). What do you mean by learning lab? *Education and Information Technologies*, 27(4), 4501-4520. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10783-x>
- Sanders, E. B.-N. (2002). From user-centered to participatory design approaches. Dans J. Frascara (Ed.), *Design and the social sciences* (pp. 18-25). Taylor & Francis.
- Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *Co-design*, 4(1), 5-18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Sapounidis, T., Demetriadis, S., Papadopoulos, P. M., & Stamovlasis, D. (2019). Tangible and graphical programming with experienced children: A mixed methods analysis. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.12.001>
- Saussez, F., & Allal, L. (2007). Réfléchir sur sa pratique: le rôle de l'autoévaluation ? *Mesure et évaluation en éducation*, 30(1), 97-124.
<https://doi.org/10.7202/1086174ar>
- Scaillerez, A., & Tremblay, D.-G. (2017). Coworking, fab labs et living labs : État des connaissances sur les tiers lieux. *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement*(34). <https://doi.org/10.4000/tem.4200>
- Scariot, C. A., Heemann, A., & Padovani, S. (2012). Understanding the collaborative-participatory design. *Work*, 41, 2701-2705. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0656-2701>
- Scheer, A., Noweski, C., & Meinel, C. (2012). Transforming constructivist learning into action: Design thinking in education. *Design and Technology Education*, 17(3), 8-19.
- Schuurman, D., De Moor, K., De Marez, L., & Evens, T. (2011, 3-5 june). A Living Lab research approach for mobile TV. Proceedings of the 7th European Conference on Interactive TV and Video (EuroITV '09), Leuven, Belgium.
<https://doi.org/10.1145/1542084.1542122>
- Scott, J. (1997). Children as respondents: Methods for improving data quality. Dans L. Lyberg, P. Biemer, M. Collins, E. De Leeuw, C. Dippo, N. Schwarz, & D. Trewin (Eds.), *Survey measurement and process quality* (pp. 331-350). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118490013.ch14>
- Shabudin, A. F. A., Azhar, S. N. F. S., & Ng, T. F. (2017). Learning lab on disaster risk management for sustainable development (DRM-SD): An evaluation. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 9(5), 600-625. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-08-2016-0114>

- Shaer, O., & Hornecker, E. (2010). *Tangible user interfaces: past, present, and future directions* (Vol. 3). Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction. <https://doi.org/10.1561/1100000026>
- Sharfina, Z., & Santoso, H. B. (2016, 15-16 october). An Indonesian adaptation of the System Usability Scale (SUS). International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), Malang, Indonesia. <https://doi.org/10.1109/ICACSIS.2016.7872776>
- Simms, L. J., Zelazny, K., Williams, T. F., & Bernstein, L. (2019). Does the number of response options matter? Psychometric perspectives using personality questionnaire data. *Psychological assessment*, 31(4), 557. <https://doi.org/10.1037/pas0000648>
- Snibbe, S. (1995). *Motion phone* [YouTube]. <https://www.youtube.com/watch?v=6AMeZaNou6w>
- Soomro, S. A., Casakin, H., & Georgiev, G. V. (2022). A Systematic Review on FabLab Environments and Creativity: Implications for Design. *Buildings*, 12(6), 804. <https://doi.org/10.3390/buildings12060804>
- Spach, M. (2019). Activités robotiques à l'école : approches de pratiques d'enseignement et effets sur les apprentissages. *Recherches en didactiques*, 28(2), 68-87. <https://doi.org/10.3917/rdid.028.0068>
- Spinuzzi, C. (2005). The methodology of participatory design. *Technical communication*, 52(2), 163-174.
- Stacey, E., & Visser, L. (2005). The history of distance education in Australia. *Quarterly Review of Distance Education*, 6(3), 253.
- Ståhlbröst, A. (2008). *Forming future IT: the living lab way of user involvement* [Doctoral thesis, Lulea University of Technology].
- Stanford University. (2022). *Social Learning Lab*. Viewed on 21/11/2022 at <http://sll.stanford.edu/>
- Steen, K., & Van Bueren, E. (2017). The defining characteristics of urban living labs. *Technology Innovation Management Review*, 7(7), 21-33. <https://doi.org/10.22215/timreview/1088>
- Stefanovic, M. (2013). The objectives, architectures and effects of distance learning laboratories for industrial engineering education. *Computers & Education*, 69, 250-262. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.011>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory* (Vol. 1). Springer Science & Business Media.
- Synlab. (2017). *Innover à plusieurs : manuel pour les acteurs de l'éducation*. <http://cardie.ac-besancon.fr/wp-content/uploads/sites/19/2019/03/Innover-a-plusieurs-version-longue.pdf>
- Takouachet, N., Legardeur, J., & Lizarralde, I. (2014, 15-17 october). The role of the facilitator during digital creative sessions. Proceedings of the 2014

- Ergonomie et Informatique Avancée Conference - Design, Ergonomie et IHM: quelle articulation pour la co-conception de l'interaction (Ergo'IA'14), Bidart-Biarritz, France. <https://doi.org/10.1145/2671470.2671473>
- Thibault, F., Albero, B., Kess, P., Tolonen, P., Salovaara, H., Alfonsi, C. R., Carfagna, M., & Marsiglia, D. (2006). *Les universités européennes à l'heure du e-learning : regard sur la Finlande, l'Italie et la France*. Universités & e-learning. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00194332/>
- Thibaut, H., & Éric, D. (2022). Penser l'espace classe pour un climat d'apprentissage optimal : enquête auprès d'étudiants et d'enseignants débutants français de l'école primaire. *Didactique*, 3(1), 94-120. <https://doi.org/10.37571/2022.0105>
- Thüring, M., & Mahlke, S. (2007). Usability, aesthetics and emotions in human–technology interaction. *International journal of psychology*, 42(4), 253-264. <https://doi.org/10.1080/00207590701396674>
- Tiers Lieux Edu. (2022). *Accueil - Tiers Lieux Edu*. Consulté le 24/08/2022 sur <https://www.tierslieuxedu.org/>
- Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P.-W., Chen, I.-M., & Yeo, S. H. (2016). A review on the use of robots in education and young children. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(2), 148-163.
- Tricot, A. (2017). *L'innovation pédagogique*. Retz.
- Tricot, A., & Rafenomanjato, J. (2017). Le numérique modifie-t-il le métier d'élève ? *Hermès, La Revue-Cognition, communication, politique*. <https://hal.science/hal-01628841/document>
- Trinquier, M.-P. (2013). Pratiques professionnelles. Dans A. Jorro (Ed.), *Dictionnaire des concepts de la professionnalisation* (pp. 221-224). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.devel.2013.02.0221>
- Trouillot, E. (2016). *Mathador*. <https://www.mathador.fr/numerique.html>
- Tukiainen, T., Leminen, S., & Westerlund, M. (2015). Cities as collaborative innovation platforms. *Technology Innovation Management Review*, 5(10), 16-23. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201802092217>
- Universcience. (2022). *Fab lab à l'école. L'équipement et la méthodologie d'un fab lab dans l'école*. Consulté le 25/08/2022 sur <https://www.cite-sciences.fr/fr/vous-etes/enseignants/formations-et-projets/fab-lab-a-lecole>
- Urrutia, F. Z., Loyola, C. C., & Marín, M. H. (2019). A tangible user interface to facilitate learning of trigonometry. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 14(23), 152-164. <https://www.learntechlib.org/p/217244/>
- Vallerand, R. J. (1989). Vers une méthodologie de validation trans-culturelle de questionnaires psychologiques : Implications pour la recherche en langue

- française. *Psychologie canadienne*, 30(4), 662-680.
<https://doi.org/10.1037/h0079856>
- Van der Linden, M., Wijns, C., von Frenckell, R., Coyette, F., & Seron, X. (1989). *Un questionnaire d'auto-évaluation de la mémoire (QAM)*. Editest.
- Verillon, P., & Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrumented activity. *European journal of psychology of education*, 10(1), 77-101. <http://www.jstor.org/stable/23420087>
- Vermersch, P. (1994). *L'Entretien d'explicitation*. ESF.
- Veytizou, J., Bertolo, D., Baraudon, C., Olry, A., & Fleck, S. (2018, 23-26 october). Could a Tangible Interface help a child to weigh his/her opinion on usability? Proceedings of the 30th Conference on l'Interaction Homme-Machine (IHM'18), Brest, France. <https://doi.org/10.1145/3286689.3286702>
- Villemonteix, F., & Khaneboubi, M. (2013). Étude exploratoire sur l'utilisation d'iPads en milieu scolaire: entre séduction ergonomique et nécessités pédagogiques. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 445-464. https://www.persee.fr/doc/stice_1952-8302_2013_num_20_1_1078
- Villemonteix, F., & Nogry, S. (2016). Usages de tablettes à l'école primaire : quelles contraintes sur l'activité pédagogique ? *Recherche et Formation*, 1(81), 79-92. <https://doi.org/10.4000/rechercheformation.2628>
- Vincent, G., Lahire, B., & Thin, D. (1994). Sur l'histoire et la théorie de la forme scolaire. Dans G. Vincent (Ed.), *L'Éducation prisonnière de la forme scolaire ? Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*. (pp. 11-48). Presses universitaires de Lyon. <https://doi.org/10.4000/books.pul.9522>
- Voogt, J., & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of curriculum studies*, 44(3), 299-321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>
- Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/115376>
- Wang, D., Qi, Y., Zhang, Y., & Wang, T. (2013, 24-27 june). TanPro-kit: a tangible programming tool for children. IDC '13: Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'13), New-York, USA. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485841>
- Wang, M., Callaghan, V., Bernhardt, J., White, K., & Peña-Rios, A. (2018). Augmented reality in education and training: pedagogical approaches and illustrative case studies. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(5), 1391-1402. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0547-8>

- Wang, R., Edgar, T. F., Baldea, M., Nixon, M., Wojsznis, W., & Dunia, R. (2018). A geometric method for batch data visualization, process monitoring and fault detection. *Journal of Process Control*, 67, 197-205.
- Watkins, M. W. (2000). *Monte Carlo PCA for parallel analysis*. [computer software]. Ed & Psych Associates.
- Weng, L.-J. (2004). Impact of the number of response categories and anchor labels on coefficient alpha and test-retest reliability. *Educational and psychological measurement*, 64(6), 956-972. <https://doi.org/10.1177/0013164404268674>
- Westerlund, M., & Leminen, S. (2011). Managing the challenges of becoming an open innovation company: experiences from Living Labs. *Technology Innovation Management Review*, 1(1), 19-25. <https://doi.org/10.22215/timreview/489>
- Xu, M. L., & Leung, S. O. (2018). Effects of varying numbers of Likert scale points on factor structure of the Rosenberg Self-Esteem Scale. *Asian Journal of Social Psychology*, 21(3), 119-128. <https://doi.org/10.1111/ajsp.12214>
- Yang, T., Linder, J., & Bolchini, D. (2012). DEEP: design-oriented evaluation of perceived usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 28(5), 308-346. <https://doi.org/10.1080/10447318.2011.586320>
- Yarosh, S., & Schueller, S. M. (2017). "Happiness inventors": Informing positive computing technologies through participatory design with children. *Journal of medical Internet research*, 19(1), e14. <https://doi.org/10.2196/jmir.6822>
- Yusoff, Y. M., Ruthven, I., & Landoni, M. (2011, 20-23 june). The fun semantic differential scales. Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'11), Ann Arbor, Michigan. <https://doi.org/10.1145/1999030.1999066>
- Zaman, B. (2009, 20-23 june). Introducing a pairwise comparison scale for UX evaluations with preschoolers. 12th IFIP TC 13 International Conference, Ann Arbor, Michigan. <https://doi.org/10.1145/1999030.1999066>
- Zaman, B., & Abeelee, V. V. (2010, 9-12 june). Laddering with young children in User eXperience evaluations: theoretical groundings and a practical case. Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'10), Barcelona, Spain. <https://doi.org/10.1145/1810543.1810561>
- Zarour, M., & Alharbi, M. (2017). User experience framework that combines aspects, dimensions, and measurement methods. *Cogent Engineering*, 4(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1421006>
- Zinger, D., Naranjo, A., Amador, I., Gilbertson, N., & Warschauer, M. (2017). A design-based research approach to improving professional development and teacher knowledge: The case of the Smithsonian Learning Lab. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 17(3), 388-410.

ANNEXES

Annexe A : Tableau synthétique des activités spécifiques du Li'L@b

Activités	Commanditaires	Rôle des utilisateurs	Espace	Matériel	Rôle du facilitateur	Projets
Orientées Fablab <i>fabrication de matériel pédagogique</i> Auto-conception	Enseignant, Etudiant	Concepteur, informateur et testeur	Espace de fabrication	Machines pour la fabrication et outils de bricolage, ordinateur, Do.doc	Aide technique pour la fabrication (convertir l'idée papier en fichier numérique, puis en fichier pour la découpe et paramétrage de découpe)	Tangram, Apprendre à lacer ses chaussures, boîte de matériels pour les mathématiques
Orientées Fablab <i>fabrication de matériel pédagogique</i> Co-conception	Enseignant, Etudiant	co-concepteur, testeur et informateur	Espace de fabrication	Machines pour la fabrication et outils de bricolage, ordinateur, Do.doc	Aide à la conception (conseils, idées) + aide technique pour la fabrication (pour convertir l'idée papier en fichier numérique, puis en fichier pour la découpe et paramétrage de découpe)	Scratch en version tangible et en braille
Orientées learninglab <i>co-crédation de scénarios pédagogiques innovants / Améliorer l'enseignement</i>	Chercheur	Contributeur, informateur	Li'L@b (salle du fond)	Mobilier (tables et chaises) tableau blanc, ordinateur et grand écran	Anime la session et guide les utilisateurs vers l'objectif, gardien du temps et du climat, organisateur	Hyschools
Orientées Living Lab <i>co-crédation de solutions innovantes</i> Exploration	Chercheur	Informateur	Li'L@b (salle du fond)	Mobilier (table et chaises), matériel de créativité (post-its, crayons, feuilles, etc.), imprimante, ordinateur, grand écran	Anime la session et guide les utilisateurs vers l'objectif, gardien du temps et du climat, interviewer, organisateur	METAL
Orientées Living Lab <i>co-crédation de solutions innovantes</i> Idéation	Chercheur	Informateur	L'Atelier Canopé	Mobilier (table et chaises), matériel de créativité (post-its, crayons), ordinateur, grand écran	Anime la session et guide les utilisateurs vers l'objectif, gardien du temps et du climat, organisateur	e-TAC
Orientées Living Lab <i>co-crédation de solutions innovantes</i> Évaluation	Chercheur	Testeur	L'Atelier Canopé	Mobilier (table et chaises, séparateurs), ordinateurs, matériel de captation (go pro), matériel d'analyse (The Observer XT, lunettes eyes tracking)	Expérimentateur, neutre, à l'écoute, empathique, organisateur	Teegi, POP-IT, e-TAC

Annexe B : Feuille de route pour la conduite d'entretiens avec le personnel Canopé impliqué dans le projet Li'L@b

Tout d'abord merci de m'accorder ce temps pour échanger sur le Li'L@b. Cet entretien devrait prendre plus ou moins 30 minutes en fonction de la durée de tes réponses. Cet entretien va tourner autour de la mise en œuvre du Li'L@b. Un des objectifs fixés au début de ma thèse était de construire un modèle qui puisse être transférable dans les autres Ateliers Canopé. Afin de comprendre quels sont les facteurs qui ont donné une certaine direction au Li'L@b au cours de sa mise en œuvre, c'est-à-dire durant ces 4 années, je souhaiterais recueillir ton point de vue en tant qu'hôte et actrice impliquée dans le changement de la forme scolaire. Sens-toi libre de parler. Les entretiens seront anonymisés. L'objectif est pour moi de bien comprendre quels les points bloquants et les points catalysant dans la mise en œuvre d'un tel dispositif dans une structure et une organisation telle que la vôtre, mais également ce qui a pu manquer.

Dans un premier temps, je vais te poser quelques questions sur toi pour identifier les personnes que j'interroge, et dans un deuxième temps, je te poserai davantage des questions autour du Li'L@b de son fonctionnement, de sa mise en œuvre et du rôle que tu as eu en son sein. Je te rappelle que cet entretien va être enregistré et que si ça pose un problème, il faut me le dire maintenant. Donc je vais démarrer l'enregistrement sur teams.

Année de naissance :

Genre :

Année d'entrée dans la fonction publique en tant qu'enseignant(e) :

Niveau ou discipline enseignée :

Année d'entrée au sein de Réseau Canopé :

Fonction au sein de l'Atelier Canopé :

1. Qu'est-ce que le Li'L@b ?
 - a. Quels sont ses objectifs ?
 - b. Quels sont les éléments qui le compose ?
 - c. Quels sont ses principes (règle de conduite) ?

2. Comment fonctionne le Li'L@b ?
 - a. Quelle gouvernance ?
 - b. Quelles sont les activités ?

- c. Quels sont ses services ?
 - d. Qui l'utilisent ? Comment ? Quand ? Où ? Combien de temps ?
 - e. Quelles compétences sont requises ?
3. Peux-tu me décrire le cheminement de la mise en œuvre du Li'L@b durant les 4 ans ?
 - a. Au cours de son évolution, quels sont les facteurs qui ont donné une direction au Li'L@b ?
 - b. Quelles sont les limites, les problèmes et les interrogations rencontrées au cours de sa mise en œuvre ?
 - c. Quels sont les points qui ont accéléré sa mise en route ?
4. Qu'est-ce qui pourrait être amélioré dans le fonctionnement du Li'L@b ?
 - a. De quoi auriez-vous eu besoin ? (Humains, matériels, compétences)
5. Quels conseils donneriez-vous à un collègue d'un autre Atelier Canopé qui voudrait mettre en place un Li'L@b dans sa structure ?
 - a. Sur quoi le mettriez-vous en garde ?
 - b. Comment le convaincriez-vous de s'investir dans un tel projet ?
6. Quelle place avez-vous au sein du Li'L@b ?
 - a. Comment êtes-vous impliqués ?
 - b. Quel est votre rôle, votre fonction ?
 - c. Qu'est-ce que vous y faites concrètement ?
7. Quels sont les changements, les transformations apportés par la mise en place de ce projet au sein de votre organisation ?
 - a. Au niveau de votre activité professionnelle ?
 - b. Au niveau de votre développement professionnel ?
 - c. Au niveau de l'organisation de l'Atelier ?
8. Quelle suite envisagez-vous de donner au Li'L@b ?
 - a. Quels seraient vos besoins pour continuer à le faire fonctionner ?

On a fini. Merci pour tes réponses apportées !

Annexe C : Tableau des échelles d'utilisabilité existantes avec leurs critères

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

Nom de l'échelle	Nombres d'items	Systèmes évalués	Format d'échelle	Population cible	Références
USE	30	Tout type de produits électroniques	Likert en 7 pts (Pas du tout d'accord - tout à fait d'accord) + Non applicable	Adultes	Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE Questionnaire. STC Usability SIG Newsletter, 8(2).
User-perceived web quality instrument	25	Site web	Likert à 7 pts Désaccord-Accord	101 étudiants de 18 à 21 ans	Aladwani, A. M., & Palvia, P. C. (2002). Developing and validating an instrument for measuring user-perceived web quality. Information & management, 39(6), 467-476.
Perceived website usability measurement scale	8	Site web	Likert à 7 pts Désaccord-Accord	350 étudiants	Wang, J., & Senecal, S. (2008). Measuring perceived website usability. Journal of Internet Commerce, 6, 97-112.
UMUX	4	Tout type de produits électroniques	Likert à 7 pts Désaccord-Accord	42 employés d'Intel	Finstad, K. (2010). The usability metric for user experience. Interacting with Computers, 22, 323-327.
DEEP	19	Site web	Likert à 5 pts Désaccord-Accord +NA	12 étudiants 196 étudiants pour test1 et 362 test2	Yang, T., Linder, J., & Bolchini, D. (2012). DEEP: design-oriented evaluation of perceived usability. International Journal of Human-Computer Interaction, 28(5), 308-346.
UMUX-LITE	2	Tout type de produits électroniques	Likert à 7 pts Désaccord-Accord	Employés d'IBM	Lewis, J., Utesch, B., & Maher, D. (2013). UMUX-LITE: when there's no time for the SUS. Proc. Of CHI 2013, 2099-2102.
ICF-US	10	Site web	-3 à 3 barrière et facilitateur gros moyen petit	Plus de 18 ans	Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A., & Rocha, N. P. (2015). Definition and Validation of the ICF-Usability Scale. Procedia Computer Science, 67, 132-139.
WAMMI	20	Site web	Likert à 5 pts Désaccord-Accord	Adultes	Kirakowski, J., Claridge, N., & Whitehand, R. (1998). Human centered measures of success in web site design. Paper presented at the Human Factors and the web. Workshop. Retrieved from http://research.microsoft.com/enus/um/people/marycz/hfweb98/kirakowski/

Annexe D : Version francophone de K-Uses

Prénom :

Groupe :

Sexe :

Âge :

Classe :

Kids, Utilisabilité des systèmes et des environnements scolaires

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

1. Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes.

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

2. Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes.

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

3. Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes.

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

4. La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail.

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

5. Je me souviens facilement de la manière de se servir de ces systèmes.

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

6. Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes.

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

7. Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail.

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

8. J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes.

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

9. Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes, aimerait s'en servir.

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

10. Ces systèmes sont difficiles à utiliser.

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

11. J'ai détesté utiliser ces systèmes.

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

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

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

13. L'utilisation de ces systèmes m'a énervé.

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

Annexe E : Notice d'utilisation de l'échelle K-Uses

K-Uses

Kids et Utilisabilité des systèmes et environnements numériques

Présentation

L'échelle du K-Uses comporte 13 questions qui permettent de recueillir rapidement le point de vue subjectif de l'utilisateur sur un système interactif. Le K-Uses se base sur une échelle de Likert qui permet à l'utilisateur de répondre sur une échelle en 5 points allant de « *Pas du tout d'accord* » à « *Tout à fait d'accord* ». Cette échelle évalue les dimensions de l'utilisabilité : la performance, l'insatisfaction et la difficulté d'apprentissage/ de prise en main du système. Elle permet de compléter les tests utilisateurs.

Tableau – Nombre d'items par dimension de l'échelle K-Uses

Dimensions	Nombre d'items
Performance du système	6
Insatisfaction	3
Difficulté d'apprentissage, de prise en main	4

Passation

L'échelle du K-Uses a été conçue pour les enfants de 9 à 11 ans, sur le principe qu'à cet âge, les enfants savent lire. Il convient toutefois de le vérifier auprès de l'enseignant ou des enfants eux-mêmes. Le K-Uses est un outil auto-administré qui nécessite que les enfants remplissent l'échelle seuls.

Pour s'assurer que les élèves aient bien compris ce qu'ils devaient faire, l'administrateur peut éventuellement lire la consigne générale à voix haute. En général, la passation dure environ 5 minutes. Il est conseillé d'administrer l'échelle aussitôt après l'interaction avec le système, afin que l'évaluation de l'utilisabilité soit la plus réaliste possible.

Figure - Contenu de la consigne générale.

Consigne générale	<p>Ce questionnaire sert à évaluer votre avis concernant l'utilisabilité du système (nommé le système).</p> <p>Il est composé de 13 phrases à utiliser pour évaluer votre expérience. Merci d'exprimer votre niveau d'accord pour chaque phrase en cochant la case correspondante. Les 5 possibilités de réponse sont : « <i>Pas du tout d'accord</i> », « <i>plutôt pas d'accord</i> », « <i>je ne sais pas</i> », « <i>plutôt d'accord</i> » et « <i>Tout à fait d'accord</i> ».</p>
--------------------------	--

Votre réponse doit refléter votre première impression. Soyez sincères. Il n'y a ni bonne, ni mauvaise réponse. C'est le système qui est évalué, pas vous.

Dans notre contexte, les phrases sont formulées au pluriel et de manière générique pour évaluer plusieurs systèmes. Pour adapter l'échelle au contexte de votre projet, remplacez "les systèmes" par une description plus précise. Par exemple « *Scratch est difficile à utiliser.* ».

Figure – Les items du K-Uses avec son échelle de Likert

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

11. J'ai détesté utiliser ces systèmes.

Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Je ne sais pas Plutôt d'accord Tout à fait d'accord

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

Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Je ne sais pas Plutôt d'accord Tout à fait d'accord

13. L'utilisation de ces systèmes m'a énervé.

Pas du tout d'accord Plutôt pas d'accord Je ne sais pas Plutôt d'accord Tout à fait d'accord

Calcul des scores

L'échelle du K-Uses permet d'obtenir des scores pour la performance du système, l'insatisfaction et la difficulté d'apprentissage. Notez que les scores pour chaque item et le score global ne sont pas significatifs par eux même. De plus, il serait nécessaire de faire un étalonnage afin de rendre les données plus clairement interprétables. Pour l'heure, nous proposons de se baser sur les moyennes et les écarts-types pour interpréter les résultats.

Le tableau présente la répartition des items pour chaque dimension et leur position dans l'échelle K-Uses. Il indique pour chaque item, les scores qui devront subir une inversion ou non pour le calcul d'une bonne utilisabilité.

Tableau - Répartition des items par dimension et indication des scores devant être inversés ou non.

Tourne	N° Item	Items
Performance du système		
Simple	1	Je peux réaliser ce que je dois faire efficacement avec ces systèmes.
Simple	7	Grâce à ces systèmes, je vais pouvoir réussir mon travail.
Simple	5	Je me souviens facilement de la manière de se servir des systèmes.
Simple	9	Toute personne ayant besoin d'utiliser ces systèmes, aimerait s'en servir.
Simple	3	Je pense avoir été capable de réussir assez rapidement ce que je devais faire avec ces systèmes.
Simple	6	Je suis certain(e) de pouvoir réussir ce que je dois faire en utilisant ces systèmes.
Insatisfaction		
Inversé	11	J'ai détesté utiliser ces systèmes.
Inversé	13	L'utilisation de ces systèmes m'a énervé.
Inversé	12	L'utilisation de ces systèmes me fait perdre du temps.
Difficulté d'apprentissage, de prise en main		
Inversé	4	La manière dont les systèmes fonctionnent rend difficile mon travail.
Inversé	10	Ces systèmes sont difficiles à utiliser.
Inversé	2	Je pense que j'aurai besoin d'un mode d'emploi ou d'aide pour pouvoir utiliser ces systèmes.
Inversé	8	J'ai eu besoin d'apprendre beaucoup de choses avant de pouvoir me servir de ces systèmes.

Pour calculer les scores au K-Uses :

- Pour les items 1, 3, 5, 6, 7 et 9, correspondant à la dimension « *Performance des systèmes* », le score est le résultat sur l'échelle compris entre 1 et 5, où « pas du tout d'accord » = 1, « plutôt pas d'accord » = 2, « je ne sais pas » = 3, « plutôt d'accord » = 4 et « tout à fait d'accord » = 5.
- Pour les items 2, 4, 8, 10, 11, 12 et 13, correspondant aux dimensions « *insatisfaction* » et « *difficulté d'apprentissage* », il convient d'inverser les scores pour mesurer la « *satisfaction* » et la « *facilité de prise en main* ». Les scores pour ces items sont donc transformés par la formule suivante : (6 - score).
- Calculer les moyennes et écarts-types pour chacune des trois dimensions

Interprétation des résultats

Si la moyenne de la dimension concernée est <3, alors il y a des problèmes au niveau de la performance du système / de l'insatisfaction / des difficultés d'apprentissage, de prise en main.

Si la moyenne de la dimension concernée est égale à 3, alors soit les utilisateurs n'ont pas compris les énoncés, soit le produit remplit son objectif sans avoir d'impact négatif. Toutefois des améliorations sont possibles sur les aspects concernés pour améliorer la satisfaction avec le système interactif.

Si la moyenne de la dimension concernée est supérieure à 3, alors la performance du système est bonne / les utilisateurs sont satisfaits / les systèmes sont faciles à prendre en main.

Note

Pour utiliser cette version française du questionnaire K-Uses, merci de citer la référence suivante :

Baraudon, C., Lanfranchi, J-B., Bastien, C. J. M., et Fleck, S. (2021). Conception d'une échelle française d'évaluation de l'utilisabilité des nouvelles technologies éducatives par l'enfant. *Médiations et médiatisations - Revue internationale sur le numérique en éducation et communication*, (5), 44-67.

Annexe F : Tableau 6 (Rust & Cooil, 1994) : Fiabilité du PRL (X 100) pour 5 catégories en fonction du nombre de juges et la proportion d'accords inter-juges

Table 6
PRL RELIABILITY (X 100) FOR FIVE CATEGORIES GIVEN NUMBER OF
JUDGES AND PROPORTION OF INTERJUDGE AGREEMENT

Proportion of Interjudge Agreement A	Number of Judges																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
≤.20	0	→																		
.21	11	14	17	19	21	23	24	26	27	29	30	32	33	34	35	37	38	39	40	
.22	16	20	25	27	30	32	35	37	39	41	43	45	47	49	50	52	53	55	56	
.23	19	25	30	34	37	40	43	46	48	50	53	55	57	59	60	62	64	65	67	
.24	22	29	35	39	42	46	49	52	55	58	60	62	64	66	68	70	72	73	75	
.25	25	33	39	44	47	51	55	58	61	64	66	68	70	72	74	76	78	79	80	
.26	27	36	43	48	52	56	60	63	66	68	71	73	75	77	79	81	82	84	85	
.27	30	39	46	51	55	60	64	67	70	73	75	77	79	81	83	84	86	87	88	
.28	32	41	49	55	59	63	67	71	74	76	79	81	83	84	86	87	89	90	91	
.29	34	44	52	58	62	67	71	74	77	79	82	84	85	87	88	90	91	92	93	
.30	35	46	55	60	65	69	73	77	79	82	84	86	88	89	91	92	93	94	94	
.31	37	49	57	63	68	72	76	79	82	84	86	88	90	91	92	93	94	95	96	
.32	39	51	60	65	70	75	78	81	84	86	88	90	91	93	94	95	95	96	97	
.33	40	53	62	67	72	77	80	83	86	88	90	91	93	94	95	96	96	97	97	
.34	42	55	64	70	74	79	82	85	88	90	91	93	94	95	96	96	97	97	98	
.35	43	57	66	71	76	81	84	87	89	91	92	94	95	96	96	97	98	98	98	
.36	45	59	68	73	78	82	86	88	90	92	94	95	96	96	97	98	98	98	99	
.37	46	60	69	75	80	84	87	89	91	93	94	95	96	97	98	98	98	99	99	
.38	47	62	71	77	81	85	88	91	92	94	95	96	97	98	98	98	99	99	99	
.39	49	63	73	78	82	86	89	92	93	95	96	97	97	98	98	99	99	99	99	
.40	50	65	74	79	84	88	90	93	94	95	96	97	98	98	99	99	99	99	100	
.41	51	66	75	81	85	89	91	93	95	96	97	98	98	99	99	99	99	100	100	
.42	52	68	77	82	86	90	92	94	95	97	97	98	99	99	99	99	99	100	100	
.43	54	69	78	83	87	91	93	95	96	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	
.44	55	71	79	84	88	91	94	95	97	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	
.45	56	72	80	85	89	92	94	96	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	
.46	57	73	81	86	90	93	95	96	97	98	99	99	99	99	100	100	100	100	100	
.47	58	74	82	87	91	94	95	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	
.48	59	75	83	88	92	94	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	
.49	60	77	84	89	92	95	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	
.50	61	78	85	90	93	95	97	98	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	
.51	62	79	86	90	93	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	
.52	63	80	87	91	94	96	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.53	64	81	88	92	95	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.54	65	82	88	92	95	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.55	66	82	89	93	95	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.56	67	83	90	93	96	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.57	68	84	90	94	96	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.58	69	85	91	94	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.59	70	86	92	95	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.60	71	87	92	95	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.61	72	87	93	96	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.62	72	88	93	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.63	73	89	94	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.64	74	89	94	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.65	75	90	94	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.66	76	91	95	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.67	77	91	95	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.68	77	92	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.69	78	92	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.70	79	93	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.71	80	93	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.72	81	94	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.73	81	94	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.74	82	95	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.75	83	95	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.76	84	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.77	84	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.78	85	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.79	86	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
.80	87	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

Annexe G : Tableau 5 (Rust & Cooil, 1994) : Fiabilité du PRL (X 100) pour 4 catégories en fonction du nombre de juges et la proportion d'accords inter-juges

Table 5
PRL RELIABILITY (X 100) FOR FOUR CATEGORIES GIVEN NUMBER OF JUDGES AND PROPORTION OF INTERJUDGE AGREEMENT

Proportion of Interjudge Agreement A	Number of Judges																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
≤.25	0	→																	
.26	12	15	18	20	21	24	25	27	28	30	31	32	34	35	36	37	38	40	41
.27	16	21	26	28	31	34	36	38	40	42	44	46	48	49	51	52	54	55	56
.28	20	26	32	35	38	41	44	46	49	51	53	55	57	59	61	63	64	66	67
.29	23	31	36	40	43	47	50	53	56	58	61	63	65	67	69	70	72	73	75
.30	26	34	41	44	48	53	56	59	62	64	67	69	71	73	75	76	78	79	80
.31	28	38	44	49	53	57	61	64	66	69	72	74	76	78	79	81	82	84	85
.32	31	41	48	52	57	61	65	68	71	73	76	78	80	81	83	84	86	87	88
.33	33	44	51	55	60	65	68	71	74	77	79	81	83	85	86	87	89	90	91
.34	35	46	54	58	63	68	71	74	77	80	82	84	86	87	89	90	91	92	93
.35	37	49	56	61	66	71	74	77	80	82	85	86	88	89	91	92	93	94	94
.36	38	51	59	64	69	73	77	80	82	85	87	88	90	91	92	93	94	95	96
.37	40	53	61	66	71	76	79	82	85	87	89	90	91	93	94	95	96	96	96
.38	42	55	63	68	73	78	81	84	86	88	90	92	93	94	95	96	96	97	97
.39	43	57	65	70	75	80	83	86	88	90	92	93	94	95	96	96	97	97	98
.40	45	59	67	72	77	82	85	87	89	91	93	94	95	96	96	97	98	98	98
.41	46	61	69	74	79	83	86	89	91	92	94	95	96	97	97	98	98	98	99
.42	48	63	71	76	81	85	88	90	92	93	95	96	96	97	97	98	98	98	99
.43	49	64	72	77	82	86	89	91	93	94	95	96	97	98	98	98	98	99	99
.44	50	66	74	79	83	87	90	92	94	95	96	97	98	98	98	99	99	99	99
.45	52	68	75	80	85	88	91	93	94	96	97	97	98	98	99	99	99	99	100
.46	53	69	77	82	86	89	92	94	95	96	97	98	98	99	99	99	99	100	100
.47	54	70	78	83	87	90	93	94	96	97	98	98	99	99	99	99	100	100	100
.48	55	72	79	84	88	91	93	95	96	97	98	98	99	99	99	99	100	100	100
.49	57	73	80	85	89	92	94	96	97	98	98	99	99	99	99	100	100	100	100
.50	58	74	81	86	90	93	95	96	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100
.51	59	76	83	87	91	94	95	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100
.52	60	77	84	88	92	94	96	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100
.53	61	78	84	89	92	95	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100
.54	62	79	85	90	93	95	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100
.55	63	80	86	90	94	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
.56	64	81	87	91	94	96	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
.57	65	82	88	92	95	97	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100
.58	66	83	89	93	95	97	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.59	67	84	89	93	96	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.60	68	85	90	94	96	98	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.61	69	86	91	94	96	98	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.62	70	86	91	95	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.63	71	87	92	95	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.64	72	88	92	96	97	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.65	73	89	93	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.66	74	89	93	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.67	75	90	94	97	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.68	76	91	94	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.69	77	91	95	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.70	77	92	95	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.71	78	93	96	98	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.72	79	93	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.73	80	94	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.74	81	94	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.75	82	95	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.76	82	95	97	99	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.77	83	95	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.78	84	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.79	85	96	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.80	86	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.81	86	97	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.82	87	97	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.83	88	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.84	89	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
.85	89	98	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Annexe H : User Experience Questionnaire (UEQ)

	1	2	3	4	5	6	7		
Agaçant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agréable	1
Incompréhensible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Compréhensible	2
Moderne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Sans fantaisie	3
Appropriation simple	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Appropriation compliquée	4
Apporte de la valeur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Peu de valeur ajoutée	5
Ennuyeux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Captivant	6
Inintéressant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Intéressant	7
Imprévisible	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Prévisible	8
Rapide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Lent	9
Original	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Conventionnel	10
Rigide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Facilitant	11
Bien	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Médiocre	12
Complicé	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Simple	13
Repoussant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Attractif	14
Habituel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Avant-gardiste	15
Désagréable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Agréable	16
Sécurisant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Insécurisant	17
Stimulant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Soporifique	18
Répond aux attentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ne répond pas aux attentes	19
Inefficace	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Efficace	20
Clair	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Déroutant	21
Non pragmatique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Pragmatique	22
Sobre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Surchargé	23
Attrayant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Rébarbatif	24
Sympathique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Inamical	25
Conservateur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Innovant	26

Annexe I : Nouvelle consigne suite au pré-test

Consigne

Vous disposez d'un plateau de réponses et d'un jeu de cartes avec 22 affirmations regroupant 5 compétences transversales : *la collaboration, la pensée informatique, la pensée critique, la créativité et la résolution de problème*. Selon Margarida Romero, chercheuse en technologie éducative, ce sont les compétences clés à développer pour le XXI^{ème} siècle. Vous trouverez également des cartes dans un plus grand format qui définissent ces compétences.

Les numéros colorés sur le plateau correspondent à ceux en haut à droite de chaque carte item.

- Tout d'abord, veuillez renseigner vos informations personnelles dans le cercle prévu à cet effet.
- Puis, pour chaque affirmation inscrite sur les cartes, indiquez individuellement sur le plateau de réponses, à l'aide des pions, le degré avec lequel vous avez eu le sentiment de mobiliser chaque compétence à travers l'activité que vous venez de vivre. L'échelle de réponse est en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » à « Systématiquement mobilisée à travers l'activité ».
- Enfin, après avoir donné votre opinion sur toutes les affirmations, utilisez la ficelle pour encercler les pions (vos réponses) sur le plateau, de sorte à former un diagramme araignée. Quel constat faites-vous ?

Lors de la passation, explicitez à voix haute ce que vous êtes en train de faire et de penser.

Vous pourrez avoir l'impression que certaines compétences n'ont pas eu rapport avec l'activité. Dans ce cas, n'ayez pas peur de répondre « pas du tout mobilisée à travers l'activité ». Gardez à l'esprit qu'il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Seule votre opinion compte !

Annexe J : Fiche de consentement

NOTICE D'INFORMATION (A CONSERVER)

Le projet e-TAC a pour objectifs la conception et l'évaluation de dispositifs pédagogiques innovants pour améliorer l'apprentissage des élèves et faire évoluer les pratiques enseignantes. Pour cela, Réseau Canopé en collaboration avec l'Université de Lorraine ont lancé le projet Li'L@b au sein de l'Atelier Canopé 57 de Montigny-Lès-Metz, un environnement dédié à la créativité et à la collaboration pour la recherche de solutions autour des problématiques en Éducation. En tant qu'hôte de la structure et acteur (rice) impliqué(e) dans le changement de la forme scolaire, vous allez être interrogé(e) sur la mise en œuvre et l'évolution de ce projet, depuis son lancement il y a 4 ans jusqu'à maintenant.

Pour permettre aux chercheurs en charge de l'étude e-TAC de comprendre les différents aspects de mise en oeuvre du Li'L@b afin de transférer ce modèle dans les autres Ateliers, les données suivantes seront collectées : nom, prénom, genre, année de naissance, année d'entrée dans la profession, discipline ou niveau enseigné, résultats d'entretiens, année d'entrée au sein du réseau Canopé et fonction au sein de l'Atelier. Cette session d'entretien liée au projet fera l'objet d'enregistrements, audios et vidéos.

Les données à caractère personnel traitées dans le cadre de ce projet seront conservées pendant une période de cinq années suite à la fin du projet, soit jusqu'au 1er janvier 2026.

Nous tenons à vous assurer que l'ensemble des données vous concernant sera anonymisé. Celles-ci ne seront en aucun cas utilisées pour toute autre raison que la recherche, la formation ou la communication liées au projet e-TAC. A cet effet, nous vous rappelons que, conformément au Règlement général sur la protection des données 2016/679 et à la loi sur la protection des données personnelles 2018-493, vous disposerez d'un droit d'accès, de rectification, d'opposition, de limitation et de portabilité concernant vos données, en vous adressant au Délégué à la protection des données de l'Université de Lorraine à l'adresse : dpo-contact@univ-lorraine.fr

Parmi les partenaires du projet e-TAC, seuls les chercheurs concernés de l'Université de Lorraine, Réseau Canopé, Inria-Bordeaux et l'Académie de Nancy-Metz auront accès aux données. Ces derniers s'interdisent de procéder à toute exploitation des images et des données collectées susceptible de porter atteinte à l'honneur,

l'intégrité, la vie privée ou à la réputation des personnes observées, ou de les utiliser dans toute autre exploitation préjudiciable.

Si vous souhaitez avoir de plus amples renseignements ou poser les questions nécessaires à la bonne compréhension de ces informations, vous avez la possibilité de contacter Stéphanie FLECK à l'adresse : stephanie.fleck@univ-lorraine.fr

Sachez que vous êtes libre de vous retirer de cette étude à tout moment et sans justification.

AUTORISATION (à remplir et à signer obligatoirement)

Je, soussigné(e) M. / Mme,

Établissement scolaire :

1- Accepte que les membres du projet e-TAC enregistrent dans le cadre de ce projet : mon image et ma voix

2- Accepte que mes données (nom, prénom, genre, date de naissance, année d'entrée dans la profession, discipline ou niveau enseigné, résultats d'entretiens) puissent être utilisées par les membres du projet e-TAC dans le cadre de leurs recherches : Oui Non

3- Autorise les membres du projet de recherche e-TAC à utiliser mes productions, les enregistrements photographique, audio et vidéo sur lesquels j'apparais, pour des actions de communication et/ou de formation :

- dans un cadre scientifique, illustrations d'articles de recherche ou lors de colloques ou de séminaires : Oui Non

- sur les sites web ou réseaux sociaux officiels et dans les productions écrites du projet, de l'Université de Lorraine, de Réseau Canopé, d'Inria-Bordeaux, de l'Académie de Nancy-Metz, du réseau national des INSPÉ, du ministère de l'Éducation nationale, du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, et des établissements placés sous leur tutelle Oui Non

- dans un cadre pédagogique, lors de sessions de formation d'étudiants et/ou d'enseignants, Oui Non

- en cas de présence des médias, dans des reportages ou des articles de presse. Oui Non

Annexe K : Feuille de route

Feuille de route pour la passation d'ECO-21 et entretien

A préparer avant le que le participant arrive

- Placer avec un picot, le cercle de rappel des compétences qui se trouve dans la boîte, de sorte qu'il ne tourne pas, au centre du plateau, dans son emplacement.
- Préparer le cercle à remplir par le participant sur ses informations personnelles. Repérer l'ID (la lettre) qu'il est important de retenir pour les notes pour l'interview que vous ferez par la suite avec le participant.

Une fois le participant devant vous

- Signaler et Allumer Q2n,
- Lire à voix haute la consigne d'ECO-21

Il se pourrait que le participant te sollicite après la consigne pour vérifier qu'il a bien compris, mais n'interviens pas, laisse-le tâtonner, relire la consigne et/ou se corriger par lui-même. N'interviens seulement si vraiment c'est nécessaire, c'est-à-dire seulement s'il bloque depuis un temps que tu juges trop long.

Une fois la passation du questionnaire ECO-21 réalisée

- Prendre une photo du plateau de réponse avec le cercle des informations personnelles au centre de sorte qu'on puisse les lire.
- **A dire :** *Merci d'avoir répondu au questionnaire sur les compétences du XXIème siècle, mobilisées ou non à travers l'activité de ce jour. Je vais à présent vous poser quelques questions sur **l'utilisation de ce questionnaire**. Sentez-vous libre de répondre, notre intérêt porte sur l'amélioration de l'outil.*
- Préparer une feuille pour noter les réponses du participant. Indiquer l'ID (la lettre) du participant, l'heure et ajouter votre prénom pour que je sache à qui m'adresser si j'ai des questions sur cet entretien.

Note d'information pour mener l'entretien :

*L'objectif de ces interviews est de vérifier l'utilisabilité d'ECO-21 et de savoir s'il contribue à la métacognition. **Objectif : (réussir à faire dire au participant à quoi il a pensé exactement, dans le but de savoir s'il a réfléchi sur son positionnement face à l'activité qui s'est déroulée, sur les caractéristiques de la tâche réalisée et enfin sur la mobilisation des stratégies pour accomplir cette tâche).** Laisser le participant s'exprimer, ne pas l'interrompre. Laisser un temps de silence avant de passer à la question suivante. Au cours de l'entretien, le participant peut répondre à une ou d'autre(s) question(s), dans ce cas, ne pas la(es) poser par la suite.*

Questions :

1. Tout d'abord, spontanément comment pourriez-vous décrire l'expérience que vous avez eu avec ce questionnaire ?
2. En revenant sur les étapes (*reprendre les plateaux où sont réponses du sujet*) que vous avez effectuées, pouvez-vous me décrire ce que vous avez fait ?
 - a) Choisissez un item où il a été facile pour vous de répondre (laisser la personne dire l'item qu'elle a choisi), quel a été le cheminement de votre réflexion ?
 - b) Maintenant, choisissez un item qui vous a demandé plus d'effort cognitif (laisser la personne dire l'item qu'elle a choisi), quel a été votre processus de réflexion ?
 - c) En quoi l'instrument vous a-t-il aidé ou limité pour évaluer vos compétences ?
 - d) (Prendre le questionnaire en version papier) Voici la version papier du même questionnaire, selon vous qu'est-ce que l'outil change par rapport à un questionnaire papier ?
 - *Au-delà de la manière de remplir, est-ce que vous répondriez de la même façon, est-ce que vous réfléchiriez de la même façon ?*
 - e) Quels arguments pourriez-vous donner pour dire que l'outil aide à être méta réflexif ?
 - De quelle manière le caractère tangible influence votre processus de réflexion par rapport à un questionnaire sur papier ?
 - Dans quelle mesure le fait que vous soyez obligé de faire des manipulations (via les petits pions) a une influence sur votre réflexion ?
 - f) Dans quelle mesure l'outil vous semble utile à votre développement professionnel ?
 - g) Quelles seraient les limites de l'outil pour soutenir votre métaréflexion ?
3. Comment avez-vous trouvé l'utilisabilité, (c'est-à-dire le fait que l'outil soit utilisable facilement) de ce nouveau type de questionnaire ?
 - Quelles sont les difficultés que vous avez pu rencontrer en utilisant l'outil ?
 - La correspondance entre les cartes et vos réponses sur le plateau s'est-elle faite facilement ? Pourquoi ?
 - Les affirmations présentées sur les cartes étaient-elles explicites ? Si non, pouvez-vous me préciser quelles sont les cartes qui ont posées problème et plus particulièrement les termes.
 - Que pensez-vous du système d'échelle de réponse ?

- Quels éléments de l'outil vous ont aidé à vous représenter vos compétences mobilisées et celles non mobilisées ? Si vous deviez améliorer quelque chose, ce serait quoi ?
- Si tel est le cas, à quel moment avez-vous ressenti le besoin d'utiliser les cartes de définition des compétences ?
- Avez-vous autre chose à nous faire part pour améliorer l'instrument ?

Remercier le participant et éteindre Q2N

Annexe L : Scénario

Scénario

Au cours de cette journée, vous venez de vivre une expérience en conception participative. Vous avez dû co-concevoir un scénario pédagogique en inter-langues en intégrant un outil numérique nommé CARDS. Désormais, vous voulez revenir sur ce que vous avez réalisé et vous auto-évaluer sur des compétences transversales mobilisées ou non à travers ces activités que vous venez de vivre. Pour évaluer votre sentiment d'avoir mobilisé ou non les compétences transversales jugées pour le XXIème siècle clefs par certains chercheurs, vous choisissez d'utiliser ECo-21.

Ainsi,

1. Pour chaque affirmation inscrite sur les cartes, indiquez individuellement sur le plateau de réponses, à l'aide des pions, le degré avec lequel vous avez eu le sentiment de mobiliser chaque compétence à travers l'activité que vous venez de vivre. L'échelle de réponse est en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » à « Systématiquement mobilisée à travers l'activité ».
2. Après avoir donné votre opinion sur toutes les affirmations, vous voulez vous représenter les compétences mobilisées. Vous utilisez alors la ficelle pour encercler les pions (vos réponses) sur le plateau, de sorte à former un diagramme araignée. Quel constat faites-vous ?

Lors de la passation, explicitez à voix haute ce que vous êtes en train de faire et de penser.

Vous pourrez avoir l'impression que certaines compétences n'ont pas eu rapport avec l'activité. Dans ce cas, n'ayez pas peur de répondre « pas du tout mobilisée à travers l'activité ». Gardez à l'esprit qu'il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Seule votre opinion compte !

Annexe M : Réponses fournies par la participante J à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées.



« Alors j'ai l'impression que c'est un peu tout l'un ou tout l'autre chez moi rire, mais globalement je trouve qu'on est quand même dans du positif, euh même très positif finalement et là où c'est en bas c'est soit j'ai pas compris vraiment la question ou j'ai pas pu la mettre en rapport surtout avec la situation soit parce que les compétences n'étaient pas n'avaient pas lieu là quand on parle d'algorithme ou de choses comme ça pour l'instant » Participante J.

Annexe N : Réponses fournies par la participante E à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées



« bah je suis très contente parce que tout ce qui est collaboration et attends il faut que je trouve les autres trucs et pensée critique c'est je veux dire cette journée m'a permis euh de collaborer avec mes collègues et d'avoir un recul critique et réflexif sur nos pratiques et c'est très important dans une journée de formation je dirais même que c'est essentiel euh elle ne m'a en revanche pas permis de comment dire de travailler ma pensée informatique, mais à la fois ce n'était pas le lieu ni l'objet de la journée donc je pense que c'est bien surtout que bon c'est toujours utile bien évidemment surtout quand on aime travailler avec le numérique, mais ici voilà c'était pas l'objet euh à la fois la résolution de pro enfin je vais peut-être aller par étapes au niveau de la créativité alors attendez je vais regarder juste où ça a péché ah oui au niveau de la créativité il y a toute la partie conception en revanche euh il n'y a pas la partie test euh enfin moi c'est comme ça que j'ai compris les questions 13 14 par rapport aux 11 12 c'est tout ce qui était 11 12 c'était plutôt conception travail ensemble pour trouver la cl ou enfin travail personnel pour être créatif par rapport à cet outil, mais la méconnaissance de celui-ci m'a pas permis d'être aussi créatif que si j'avais déjà commencé à l'utiliser et pour la résolution

de problèmes euh la mise en situation de ce matin où on a eu les 3 cartes imposées avec bien évidemment toutes les contraintes et les problèmes que ça a pu poser euh a été je pense quand même plutôt réussi grâce au travail en équipe à la réflexion commune enfin pour moi tout le côté collaboration donc c'est un joli constat c'est une jolie araignée euh dans les points que je trouve les plus importants et primordiaux dans le cadre d'une formation comme celle-ci » Participante E.

Annexe O : Réponses fournies par la participante H à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées



« bah que ce que il y a des domaines où les où les réponses sont identiques et des plutôt dans le haut du classement et donc soit identiques en ce qui concerne la collaboration soit à peu près identiques dans d'autres domaines et puis le vert tout ce qui concerne la pensée informatique les résultats sont plutôt dans le bas que dans le haut. »

Participante H.

Annexe P : Réponses fournies par la participante G à ECo-21 et un extrait de son discours faisant le constat des compétences mobilisées



« J'en ai très peu au milieu en fait j'ai l'impression j'en ai très peu sur deux et trois et la plupart se situe entre 4 et 6 quoi j'ai l'impression il y en a que certains sur pas du tout »
Participante G.

« Expérimentateur (E) : Et est ce qu'il y a des compétences qui se dégagent de ce diagramme ?

G : euh alors donc la verte euh très peu

E : donc la pensée infor ce qui

G : ouais c'est ça parce que bon voilà ensuite euh la violette à part ce dernier point-là elle est quand même fortement mobilisée et la orange je dirais aussi ah mince j'en loupé un ici (un pion avec la ficelle) je pense

E : ok

G : la rouge aussi pas mal on a fait beaucoup de choses finalement (rires)

E : au final (rires) on a mobilisé sur une activité pas mal de compétences mobilisées
G : on a bien bossé » Echanges entre l'expérimentateur et la participante G.

Annexe Q : Recommandations pour les cartes items

<p>5 Pensée critique</p> <p>Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction).</p>	<p>Précision</p> <p>Faire des choix pour interpréter la situation, par exemple en accordant de l'importance à des éléments et moins à d'autres.</p> <p>L'itération désigne l'action de répéter.</p>
<p>22 Pensée informatique</p> <p>Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/modélisation).</p>	<p>Précision</p> <p>Produire un plan de la solution à développer en identifiant les acteurs, objets, processus.</p>
<p>1 Pensée critique</p> <p>Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre.</p>	<p>Précision</p> <p>Capacité à repérer les éléments d'une pensée.</p>
<p>2 Pensée critique</p> <p>Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.</p>	<p>Précision</p> <p>Il s'agit de réfléchir aux répercussions de l'application d'une idée et de la place prise par cette idée ou œuvre aux yeux des autres acteurs par rapport aux autres idées.</p>

<p>4 Pensée critique</p> <p>Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique).</p>	<p>Précision</p> <p>Il faut tenir compte des systèmes informatiques et technologiques qui vont soutenir notre programme informatique. A-t-on besoin d'un réseau? d'un serveur? d'une trousse robotique?</p>
<p>14 Créativité</p> <p>Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation informatique (techno créativité).</p>	<p>Précision</p> <p>La programmation est une liste d'instructions dans un ordre précis pour que le logiciel remplisse sa tâche.</p>
<p>15 Résolution de problème</p> <p>Analyser les éléments de la situation.</p>	<p>Précision</p> <p>La situation renvoie au problème de départ.</p> <p>Il s'agit de faire une étude approfondie d'un ensemble abstrait pour en dégager les éléments principaux.</p>
<p>20 Pensée informatique</p> <p>Comprendre la logique d'un algorithme (littérature numérique).</p>	<p>Précision</p> <p>Un algorithme est une suite finie et non ambiguë d'opérations ou d'instructions permettant de résoudre une classe de problèmes.</p>

Annexe R : Nouvelle consigne proposée suite aux tests utilisateurs

Consigne

Vous venez de vivre une expérience en conception participative. Désormais, vous voulez revenir sur ce que vous avez réalisé et vous auto-évaluer sur des compétences ciblées, mobilisées ou non à travers ces activités. Afin d'évaluer votre sentiment d'avoir ou non mobilisé les compétences ciblées, vous choisissez d'utiliser l'outil mis à votre disposition : ECo-2I.

Ainsi,

1. Pour chaque affirmation inscrite sur les cartes, indiquez individuellement sur le plateau de réponses, à l'aide des pions, le degré avec lequel vous avez eu le sentiment de mobiliser chaque compétence à travers l'activité que vous venez de vivre. L'échelle de réponse est en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » à « Systématiquement mobilisée à travers l'activité ».

En parallèle, utilisez l'enregistreur audio pour :

- Si la compétence a été mobilisée
 - Expliquer quelles ont été les stratégies utilisées pour atteindre l'objectif transversal ?
 - Comment ces stratégies ont-elles été efficaces ?
 - Quelles stratégies envisageriez vous d'entreprendre la prochaine fois que vous serez dans une même situation ?
 - Si la compétence n'a pas été mobilisée :
 - Expliquer pourquoi elle n'a pas été mobilisée.
2. Après avoir donné votre opinion sur toutes les affirmations, quel constat faites-vous ? Utilisez l'enregistreur audio pour faire un diagnostic sur les compétences qui ont et n'ont pas été mobilisées.

NOTE : Il est possible que certaines compétences n'ont pas été travaillées durant l'activité. Dans ce cas, n'ayez pas peur de répondre « pas du tout mobilisée à travers l'activité ». Gardez à l'esprit qu'il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Seule votre opinion compte !

Annexe S : Notice d'utilisation d'ECO-21

ECO-21

Présentation

ECO-21 est un outil d'auto-évaluation tangible qui aide les personnes à se confronter à leur propre activité. ECO-21 a été conçu dans le cadre du Li'L@b, un tiers-lieu éducatif, où se déroulent des activités de conception participative. Son but est d'aider les enseignants à prendre conscience des compétences transversales mobilisées à travers ce genre d'activités, compétences qui leurs sont désormais demandées d'acquérir et de développer par les politiques éducatives pour exercer leur profession et pour transmettre, ensuite, leurs savoirs et leurs savoir-faire aux élèves.

Un Kit ECO-21 de base comprend :

- un plateau de réponses segmenté par des rayons,
- un boîtier contenant de la ficelle, une roue rappelant les compétences évaluées, des pions, des cartes items et des cartes définition qui déterminent les compétences évaluées,
- une échelle graduée en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » à « Systématiquement mobilisée à travers l'activité »,
- des pièces numérotées de couleur,
- une consigne.

Le Kit ECO-21 est associé à des compétences transversales ciblées, basées sur le modèle #5C21 (Romero, 2017). Ce kit comprend 22 items et 5 compétences. Il se compose :

- d'un plateau avec 22 rayons de réponses, 22 pièces numérotées, 22 cartes items et 23 pions (dont un pion pour la roue centrale de rappel des compétences),
- 5 couleurs différentes pour les pièces numérotées, les cartes items, les cartes définition et la roue de rappel des compétences. Chaque compétence est représentée par une couleur.

Le tableau 1, ci-dessous, référence les items, représentant les composantes, et sont classés en fonction des compétences transversales.

Tableau 1 – les 22 composantes disposées en fonction des 5 compétences transversales.

Compétences transversales	N°	Composantes
La pensée critique	1	Cerner les composantes d'une idée ou d'une œuvre.
	2	Explorer les différentes perspectives et positionnements en lien à une idée ou une œuvre.
	3	Me positionner par rapport à une idée ou à une œuvre.
La collaboration	4	Définir en équipe un objectif commun.
	5	Identifier la situation-problème en équipe.
	6	Établir et maintenir une organisation partagée.
	7	Établir et maintenir une compréhension partagée.
	8	Développer une compréhension des savoirs, compétences, forces et limitations des autres membres de l'équipe pour organiser les tâches envers l'objectif commun.
	9	Savoir gérer les difficultés du travail en équipe dans le respect et la recherche de solutions.
La créativité	10	Explorer une variété de solutions nouvelles.
	11	Utiliser des sources d'inspiration pour orienter la recherche créative.
	12	Sélectionner une solution en tenant compte du contexte de la situation problème.
La résolution de problème	13	Analyser les éléments de la situation.
	14	Explorer une variété de solutions.
	15	M'engager dans une solution efficace en tenant compte du contexte de la situation problème.
	16	Mettre à l'essai des pistes de solution ; évaluer ma démarche et adopter un fonctionnement souple.
La pensée informatique	17	Capacité à identifier des objets et des itérations (analyse/abstraction)
	18	Capacité à organiser et modéliser des données de manière efficace (organisation/ modélisation)
	19	Comprendre la logique d'un algorithme (littératie numérique)
	20	Capacité à créer un programme informatique (programmation)
	21	Compréhension, analyse critique et vision technologique (vision critique)
	22	Capacité à développer des projets créatifs à travers la programmation (techno créativité)

Passation

L'outil ECo-21 s'utilise aussitôt après avoir réalisé une ou plusieurs activités de conception participative, lorsque les détails de l'activité sont encore fraîchement disponibles en mémoire pour l'utilisateur.

Pour préparer correctement le plateau, le facilitateur doit prendre un pion et la roue de rappel des compétences et venir la fixer au centre du plateau. Une fois le participant installé, le facilitateur peut lui fournir la consigne écrite, illustrée en figure 1 et lui lire à voix haute.

Figure 1- contenu de la consigne générale.

Consigne

Vous venez de vivre une expérience en conception participative. Désormais, vous voulez revenir sur ce que vous avez réalisé et vous auto-évaluer sur des compétences ciblées, mobilisées ou non à travers ces activités. Afin d'évaluer votre sentiment d'avoir ou non mobilisé les compétences ciblées, vous choisissez d'utiliser l'outil mis à votre disposition : ECo-21.

Ainsi,

1. Pour chaque affirmation inscrite sur les cartes, indiquez individuellement sur le plateau de réponses, à l'aide des pions, le degré avec lequel vous avez eu le sentiment de mobiliser chaque compétence à travers l'activité que vous venez de vivre. L'échelle de réponse est en 6 points allant de « Pas du tout mobilisée à travers l'activité » à « Systématiquement mobilisée à travers l'activité ».
2. Après avoir donné votre opinion sur toutes les affirmations, vous voulez vous représenter les compétences mobilisées. Vous utilisez alors la ficelle pour encercler les pions (vos réponses) sur le plateau, de sorte à former un diagramme araignée. Quel constat faites-vous ?

Il est possible que certaines compétences n'ont pas été travaillées durant l'activité. Dans ce cas, n'ayez pas peur de répondre « pas du tout mobilisée à travers l'activité ». Gardez à l'esprit qu'il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse. Seule votre opinion compte !

L'utilisateur est libre de répondre aux affirmations dans l'ordre qu'il le souhaite. De plus, l'activité avec l'outil se fait individuellement. Pour compléter ECo-21, l'utilisateur doit lire l'affirmation inscrite sur les cartes, se remémorer son activité et répondre sur le plateau de réponses.

Pour répondre à une affirmation, il suffit de prendre un pion et de l'insérer dans un des six trous du rayon de réponse correspondant au numéro de l'item. L'utilisateur pourra indiquer son choix à partir de l'échelle graduée en 6 points. Celle-ci comprend les degrés suivants : pas du tout mobilisée, faiblement, plutôt faiblement, plutôt fortement, fortement et systématiquement mobilisée à travers l'activité.

Chaque carte item contient une couleur et un numéro qui est repris sur le plateau de réponse par les pièces numérotées. La couleur renvoie à la compétence à laquelle appartient la composante. Le numéro de l'item permet à l'utilisateur de se repérer sur le plateau de réponse et de savoir sur quel rayon il doit indiquer son opinion.

La carte item, illustrée en figure 2, contient également l'affirmation auquel il faut répondre et la compétence à laquelle la composante appartient.

Figure 2 - Illustration d'une carte item avec sur la gauche au recto de la carte, un item et le numéro correspondant à l'échelle de réponse sur le plateau et sur la droite, au verso, la compétence correspondante à l'item.



L'utilisateur dispose de cartes qui définissent les compétences pour l'aider à mieux comprendre les items s'il en ressent le besoin. La roue de rappel des compétences permet à l'utilisateur de lui rappeler à quelle compétence appartiennent les affirmations.

Après avoir placé tous les pions sur chaque rayon du plateau, l'utilisateur doit les entourer avec sa ficelle. Pour faciliter l'entourage, il peut faire un nœud autour du premier pion. Ainsi, la ficelle et le rappel des couleurs par les pièces numérotées et la roue centrale lui permettent de mieux visualiser les compétences qui ont été mobilisées. Le facilitateur peut demander à l'utilisateur de dire par écrit ou par oral le constat qu'il fait, ce qu'il observe.

Enfin, un atelier de médiation peut suivre pouvant prendre la forme de réflexions entre les enseignants et le facilitateur/formateur pour établir une définition commune des compétences transversales, échanger sur la manière dont les compétences ont été mobilisées durant l'activité pour chacun, c'est-à-dire les actions qui ont été mis en œuvre pour atteindre tel but, compétence. Le facilitateur doit s'assurer qu'à la fin de l'activité, l'enseignant a tiré un apprentissage sur son activité et sur les compétences ciblées.