



HAL
open science

Approche écologique du comportement motivé et EIAH gamifié. Le cas d'une activité d'apprentissage du calcul littéral en 4ème.

Stéphanie Reyssier

► To cite this version:

Stéphanie Reyssier. Approche écologique du comportement motivé et EIAH gamifié. Le cas d'une activité d'apprentissage du calcul littéral en 4ème.. Education. Université lumière Lyon 2, 2021. Français. NNT : 2021LYSE2001 . tel-04390376

HAL Id: tel-04390376

<https://hal.univ-lyon2.fr/tel-04390376>

Submitted on 15 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Université Lumière Lyon 2

Ecole doctorale EPIC

Laboratoire Education, Cultures et Politiques (EA 4571)

**Approche écologique du comportement motivé
et EIAH gamifié.**

**Le cas d'une activité d'apprentissage du calcul littéral en
4ème.**

Stéphanie DUMAS

Sciences de l'Education et de la Formation

Sous la direction de Stéphane SIMONIAN

Présentée et soutenue publiquement le 14 janvier 2021

Composition du jury :

Jacques AUDRAN, professeur des universités, INSA de Strasbourg (rapporteur)

Jérôme GUÉRIN, professeur des universités, Université de Bretagne Occidentale
(président du jury de thèse)

Annie JÉZÉGOU, professeure des universités, Université de Lille (rapporteur)

Stéphane SIMONIAN, professeur des universités, Université Lyon 2 (directeur de
thèse)

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord les enseignants participants qui m'ont accordé de leur temps et dont les retours m'ont été si précieux pour construire cette réflexion sur ce sujet si vaste qu'est l'approche écologique du comportement motivé. Je remercie également leurs chef.fe.s d'établissements qui ont contribué au bon déroulement des expérimentations, mais aussi les familles des élèves qui ont participé à cette étude. Les réponses de ces derniers aux questionnaires sur la motivation ont été précieuses, notamment pour évaluer la pertinence du dispositif créé.

J'adresse mes remerciements à l'Université de Lyon qui a porté ce projet LudiMoodle, soutenu par l'Etat, dans le cadre du volet e-FRAN du Programme d'Investissement d'Avenir, opéré par la Caisse des Dépôts, mais aussi l'inspection de l'académie de Lyon et la DANE pour leur soutien technique. Je mesure la chance que j'ai eue d'être financée pour un projet de cette envergure.

Je remercie également mes collègues du LIRIS à l'université Lyon 1, de l'INSA Lyon, de l'université de Savoie-Mont blanc, Élise, Stuart, Audrey et Jean-Charles, sans qui ce projet n'aurait pu voir le jour, qui m'ont apporté tout leur soutien et fait partager leurs expériences de la recherche. J'adresse également mes remerciements aux ingénieurs pédagogiques du PAPN à Lyon 3 et à l'entreprise Edunao qui ont permis le développement de l'EIAH LudiMoodle.

J'ai une pensée particulière pour mon directeur de thèse, Monsieur Stéphane Simonian, qui suit mon travail depuis trois ans déjà. Son soutien indéfectible, ses conseils avisés, sa disponibilité sans limite, m'ont permis de me dépasser, de rechercher sans cesse le détail, la perfection. Il a su me guider et me faire acquérir les normes, codes et autres patterns socioculturels si spécifiques au monde de la recherche, me permettant ainsi de prendre confiance en moi et d'entrer dans une démarche de professionnalisation. Je ne le remercierai jamais assez.

Je remercie mes collègues du laboratoire Education, Cultures et Politiques et du laboratoire junior Usages et Critiques de l'Innovation Pédagogique, en particulier Marie et Lila pour leur soutien.

Enfin j'adresse mes remerciements à ceux qui sont au plus près de moi tous les jours, Éric, Amaury et Salomé, qui m'ont encouragée et soutenue dans la voie du doctorat en ayant conscience de toutes les contraintes que cela impose.

Sommaire

Avant-propos	5
Introduction	5
Première partie	12
<i>Etudier le comportement motivé avec un EIAH gamifié dans une approche écologique ...</i>	12
Chapitre 1. Approche écologique et environnement instrumenté	13
1. L'approche écologique : acceptions générales d'un concept	13
2. Le développement humain compris comme le rapport sujet-artefact/environnement	18
3. Un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain gamifié à lecture d'une approche écologique	23
4. Synthèse.....	31
Chapitre 2. L'approche écologique du comportement motivé.....	33
1. Le comportement motivé : entre variations intra et interpersonnelles.....	33
2. La notion de besoins psychologiques pour qualifier les raisons du comportement motivé	36
3. La régulation du comportement motivé ou la prise en compte des contraintes environnementales et des buts intrinsèques.....	39
4. Synthèse.....	42
Chapitre 3. Approche écologique du comportement motivé du point de vue de l'élève..	44
1. Variations interindividuelles de la motivation appliquées aux mathématiques	44
2. Les effets d'une <i>gamification</i> « générique »	48
3. Degré de liberté perçu et comportement motivé	54
4. Synthèse.....	57
Chapitre 4. Favoriser le comportement motivé des élèves du point de vue enseignant... 	59
1. Le rapport de l'enseignant à l'objet de savoir dans une perspective motivationnelle	59
2. Influence du style motivationnel de l'enseignant : entre comportements autonomes et comportements régulés	63
3. Les affordances motivationnelles situées	65
4. De l'affordance aux affordances épistémiques et pragmatiques	69
5. Synthèse.....	73
Chapitre 5. Synthèse et formulation des hypothèses.....	75
1. Problématique	75
2. Hypothèses de recherche	77
Seconde partie.....	80
<i>Conception de l'EIAH gamifié et méthodologie retenue</i>	80
Chapitre 1. Conception de l'EIAH gamifié « LudiMoodle »	81
1. Co-conception d'un prototype avec des enseignants	81
2. Phase de test du prototype en situation réelle	88
3. Amélioration ergonomique et conception finale de l'EAIH gamifié	90
Chapitre 2. Identifier des affordances réelles	96
1. L'entretien d'explicitation : une mise en mots de l'activité du sujet.....	96
2. L'explicitation d'une action pour identifier les affordances	100
Chapitre 3. Mesurer le comportement motivé des élèves en mathématiques.....	107

1.	L'échelle de la motivation à faire des mathématiques	107
2.	Fiabilité de l'échelle et validation du continuum d'autodétermination en mathématiques	110
3.	Mesurer le comportement motivé	113
Chapitre 4. Etude de l'effet enseignant sur le comportement motivé		114
1.	Déterminer le style motivationnel de l'enseignant.....	114
2.	L'observation <i>in situ</i>	116
3.	Triangulation des données	117
Troisième partie		118
Résultats de la phase de test		118
Chapitre 1. Effet du prototype sur la motivation.....		119
1.	Présentation des données	119
2.	Une motivation dépendante des caractéristiques des élèves	120
3.	Un effet différent suivant le niveau de motivation initiale.....	121
Chapitre 2. Effet de la co-conception sur les affordances		124
1.	Analyse de l'entretien de l'enseignant P1	124
1.1.	<i>Description du prescrit de l'enseignant P1</i>	124
1.2.	<i>Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 pendant l'activité</i>	126
1.3.	<i>Evaluation des affordances réelles perçues</i>	127
1.4.	<i>Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité</i>	129
2.	Analyse de l'entretien de l'enseignant P2	132
2.1.	<i>Description du prescrit de P2</i>	132
2.2.	<i>Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 pendant l'activité</i>	133
2.3.	<i>Evaluation des affordances réelles perçues</i>	134
2.4.	<i>Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité</i>	136
3.	Analyse de l'entretien de l'enseignant P3.....	138
3.1.	<i>Description du prescrit de l'enseignant P3</i>	139
3.2.	<i>Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité</i>	140
3.3.	<i>Evaluation des affordances réelles perçues</i>	141
3.4.	<i>Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité</i>	144
4.	Analyse croisée des trois entretiens	147
4.1.	<i>Affordances réelles perçues pendant l'activité par l'ensemble des enseignants</i>	147
4.2.	<i>Evaluation des affordances réelles perçues</i>	148
4.3.	<i>Affordances intentionnelles perçues dans l'activité par l'ensemble des enseignants</i>	148
Chapitre 3. Effet enseignant sur la variation de motivation		150
1.	Style motivationnel des enseignants	150
1.1.	<i>Style motivationnel de l'enseignant P1</i>	150
1.2.	<i>Style motivationnel de l'enseignant P2</i>	153
1.3.	<i>Style motivationnel de l'enseignant P3</i>	155
1.4.	<i>Synthèse des styles motivationnels</i>	159
2.	Effet du style motivationnel sur la variation de motivation des élèves	159
Chapitre 4. Synthèse		163
1.	Discussion.....	163
2.	Conclusion.....	164
Quatrième partie.....		166

Résultats de la phase expérimentale	166
Chapitre 1. Effet d'une gamification « générique » sur le comportement motivé.....	167
1. Présentation des données	167
2. Effet global de la gamification sur le comportement motivé	168
3. Effet de la gamification suivant les caractéristiques des élèves	169
3.1. Résultats au niveau de la zone de collège	170
3.2. Résultats au niveau d'un collège.....	171
3.3. Résultats entre classes d'un même collège.....	174
4. Synthèse.....	179
Chapitre 2. Effet d'une gamification « adaptée » sur le comportement motivé	180
1. Evaluer l'influence de la motivation initiale et du profil de joueur.....	180
2. Influence de la motivation initiale	183
3. Influence du profil de joueur sur l'impact de la gamification	185
4. Profils des élèves pour lesquels une gamification « adaptée » favorise la motivation	188
Chapitre 3. Effet de la co-conception sur la perception d'affordances réelles	191
1. Analyse de l'entretien de l'enseignant P1	191
1.1. Description du prescrit de l'enseignant P1.....	191
1.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 pendant l'activité	193
1.3. Evaluation des affordances réelles perçues	195
1.4. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	197
2. Analyse de l'entretien de l'enseignant P2.....	199
2.1. Description du prescrit de l'enseignant P2.....	200
2.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 pendant l'activité	201
2.3. Evaluation des affordances réelles perçues	203
2.4. Affordances intentionnelles perçues par P2 en amont de l'activité.....	205
3. Analyse de l'entretien no 3	207
3.1. Description du prescrit de l'enseignant P3.....	207
3.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité	209
3.3. Evaluation des affordances réelles perçues	210
3.4. Affordances intentionnelles perçues par P3 en amont de l'activité.....	212
4. Analyse de l'entretien no 4	214
4.1. Description du prescrit de l'enseignante P4.....	215
4.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P4 pendant l'activité	216
4.3. Evaluation des affordances réelles perçues	218
4.4. Affordances intentionnelles perçues par P4 en amont de l'activité.....	221
5. Analyse de l'entretien no 5	223
5.1. Description du prescrit de l'enseignant P5.....	223
5.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P5 pendant l'activité	224
5.3. Evaluation des affordances réelles perçues	225
5.4. Affordances intentionnelles perçues par P5 en amont de l'activité.....	227
6. Analyse croisée des entretiens	229
6.1. Affordances réelles perçues	230
6.2. Evaluation des affordances réelles perçues	231
6.3. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	232

Chapitre 4. Effet de l’enseignant sur les comportements motivés	234
1. Style motivationnel des enseignants	234
1.1. Style motivationnel de l’enseignant P1	234
1.2. Style motivationnel de l’enseignant P2	237
1.3. Style motivationnel de l’enseignant P3	240
1.4. Style motivationnel de l’enseignant P4	242
1.5. Style motivationnel de l’enseignant P5	247
1.6. Synthèse.....	251
2. Effet du style motivationnel sur le comportement motivé	252
3. Triangulation des données	254
Chapitre 5. Synthèse	256
1. <i>Gamification</i> et caractéristiques des élèves (hypothèse 1)	256
2. Une <i>gamification</i> adaptée qui motive davantage qu’une <i>gamification</i> « générique » (hypothèse 2)	257
3. Une co-conception qui favorise la découverte d’affordances (hypothèse3)	260
4. Un style « non contrôlant » qui favorise les comportements motivés (hypothèse 4)	263
Chapitre 6. Discussion générale	266
1. Les conditions d’un comportement motivé avec un EIAH gamifié dans une approche écologique.....	266
2. Pertinence de la co-conception sur la perception d’affordances réelles	269
3. Limites de l’étude	272
4. Perspectives de recherche	274
Conclusion générale	275
Bibliographie.....	279
Liste des figures	300
Liste des tableaux	301

Avant-propos

Ces propos liminaires visent à présenter la façon dont s'est construite cette étude, véritable cheminement intellectuel, scientifique, empreint d'expériences personnelles et professionnelles variées, de questionnements, d'une intériorisation culturelle normative et d'une distanciation critique (Dubet, Martuccelli, 1996).

Suite à l'obtention d'un baccalauréat scientifique en 1995 et d'un BTS en Action Commerciale en 1998, j'exerce le métier de cheffe de secteur en grandes et moyennes surfaces pour deux entreprises multinationales. Ces quatre années d'expérience me familiarisent, inconsciemment avec le concept de *gamification* puisque mes prospects sont récompensés pour leurs commandes passées et par des objets publicitaires.

Deux évènements heureux viendront bouleverser ma carrière professionnelle. La rencontre de mon mari (enseignant) puis la naissance de mes deux enfants, mettent fin à cette expérience de nomade et m'incitent à me focaliser sur un autre « essentiel ». Peu à peu je me familiarise avec l'Education, y compris en tant que parent. Je me souviens des longues heures passées à jouer avec mes enfants, à les éveiller à la vie, leur permettre de découvrir le monde et de se développer. Ce qui me conduira – *in fine* – à essayer de comprendre le rapport enfant-contexte, enfant-environnement, et, plus généralement, à considérer l'approche écologique comme heuristique.

Avec un Brevet d'Aptitude aux Fonctions d'Animatrice en partie obtenu en 1993, je décide de devenir assistante maternelle. Ce seront dix années de bonheur pendant lesquelles j'assure le bien-être et l'épanouissement des enfants qui me sont confiés, notamment en mettant en place des activités d'éveil, manuelles, etc. Au cours de cette période, je prends conscience de l'importance du jeu dans les apprentissages.

En 2015, je décide de reprendre mes études. Je m'inscris en L3 en Sciences de l'Education et de la Formation (campus FORSE à l'université de Lyon 2). La psychologie de l'enfant m'intéresse particulièrement. Dans le même temps, j'exerce les fonctions de référente du Temps Après l'Ecole dans la ville de Mâcon. A ce titre, je suis responsable dans plusieurs écoles de la ville, de l'animation et de la gestion des animateurs.trices. Je suis également en charge de deux ateliers : « Dire, Lire et Ecrire » et « Informatique », financés par la Caisse d'Allocation Familiale de Saône et Loire. J'interviens aussi en temps qu'animatrice en ALSH

(Accueil de Loisirs Sans Hébergement). Cette période est pour moi décisive. Je prends conscience auprès des enseignants que je côtoie du défi d'enseigner tout en donnant le goût d'apprendre. Je me souviens d'une professeure des écoles qui enseignait en CM2 dans une zone d'éducation prioritaire. Elle me faisait remarquer que « *ça se passait forcément bien avec nous, les animateurs, parce qu'on passait notre temps à jouer* ». Cette remarque m'avait à l'époque beaucoup questionnée. Comme si le fait de jouer ne permettait pas l'acquisition de connaissances et de compétences. Pourtant, la psychologie du développement de l'enfant (Piaget, 1947 ; Vygotsky, 1930 ; Wallon, 1941) nous enseigne que c'est par l'imitation et le jeu que l'enfant développe, une partie de ses capacités et acquiert des connaissances. D'ailleurs il me semblait que les élèves, au-delà du fait d'être intéressés par les activités que nous mettions en place (construction de fusées propulsées par de l'eau comprimée, système planétaire à échelle réduite, les jeux d'opposition et collectifs, etc.) se construisaient des connaissances.

L'été de la même année, alors que j'exerçais mon métier d'animatrice en centre de loisirs, je me souviens de plusieurs réunions d'équipes pendant lesquelles la question du jeu sous une forme numérique avait été abordée par un collègue notamment pour un public de pré-adolescents. J'avais été surprise des réprobations à son encontre. L'idée que le numérique puisse permettre à ces enfants de jouer, c'est-à-dire de partager des règles, de développer des stratégies, de l'entraide, etc. était loin de faire l'unanimité. C'est pourquoi, l'année suivante en Master 1, je décide d'orienter mes recherches sur « *L'impact des TICE sur les pratiques enseignantes* » (Reyssier, 2016) auprès d'enseignants de classes connectées en élémentaire. Je découvre des pratiques variées, largement influencées par les expériences antérieures des enseignants, leurs pratiques personnelles et les formations auxquelles ils ont pu/ou pas assister.

La découverte dans le même temps du concept d'affordance (Gibson, 1979 ; Turvey, 1992 ; Niveleau, 2006 ; Morgagni, 2011) me questionne, m'intrigue, jusqu'à me conduire l'année suivante à l'étudier lors de mon mémoire de Master 2 Expertise et Recherche en sciences de l'Education et de la formation, sous la direction de Stéphane Simonian. Ce mémoire, intitulé « *Rôle des affordances épistémiques et pragmatiques dans l'appropriation d'un artefact numérique* » (Reyssier, 2017), me permet de questionner ce concept d'affordance et de découvrir que l'appropriation d'un artefact numérique est soumise à l'actualisation, plus ou moins efficace, des affordances perçues entre le prescrit et l'intentionnel, entre l'intentionnel et le réel. Finalement, les artefacts numériques seraient soit des substituts, au moins partiels de l'enseignant (comme les tuteurs intelligents ou les didacticiels par exemple), soit des « moyens d'expression et d'exploration » (comme les micro-mondes) à destination des

élèves. Peu d'entre eux sont intégrés dans des tâches éducatives, comme des instruments de travail et de production (Baron & Bruillard, 1996).

L'occasion de poursuivre cette recherche en doctorat se présente en octobre 2017 dans le cadre du projet LudiMoodle, notamment en s'intéressant à l'effet d'un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain gamifié sur le comportement motivé des élèves. Cette thèse est l'occasion d'entamer une démarche spiralaire et récursive, en revenant « aux sources » tout en allant plus loin dans la compréhension d'une approche écologique. L'exigence scientifique demandant de tenir le foisonnement intellectuel au service d'un objet de recherche, de canaliser les résultats au service d'hypothèses. Commence alors un long travail d'intériorisation de normes, d'écriture de la thèse, de publications, de communications, mais aussi d'une acculturation scientifique dans un contexte universitaire lyonnais instable (création d'une université « cible » qui vise à regrouper l'ensemble des universités). La thèse est un passage initiatique faisant du doctorant un acteur communautaire « soumis à la communauté sous le double sceau de l'unité et de la totalité (Dubet, Martuccelli, 1996, p.513). Cet apprentissage des codes et des connaissances est facilité par le laboratoire junior UCIP (« Usages et Critiques du Numérique »), créé au sein du laboratoire Education, Culture et Politiques. Je décide d'enrichir mon parcours en devenant membre actif de ce laboratoire junior. Durant mon parcours doctoral, je participe à l'organisation de séminaires, ce qui permet de prendre la distance avec mon propre champ, de m'acculturer à la sociologie de l'éducation, à l'analyse de l'activité, etc. J'apprends aussi à mieux comprendre le contexte universitaire, les exigences scientifiques (production d'articles et communications), les enjeux sociopolitiques du métier d'enseignant-chercheur, les conflits inhérents entre collègues souvent du fait de macrostructures ne favorisant pas une visée commune.

Ce cheminement intellectuel explique, pour partie, mon ancrage dans l'approche écologique et, plus spécifiquement, dans l'affordance qui tend à montrer que nos perceptions, nos expériences, notre rapport aux choses, ne sont pas le fruit du hasard. Comme pour les monades de Leibnitz (1714), nos actions dépendent des compossibilités¹ de notre environnement. Ces interrelations conditionnent notre rapport au monde dans un esprit de découverte et de liberté, impliquant la perception de nos capacités à reconfigurer le « monde » (Lorenz, 1972). Tout ne peut pas être anticipé puisque c'est au cours même de l'action que nous

¹ La compossibilité d'un objet correspond à sa compatibilité avec l'environnement auquel il appartient et aux autres objets en présence. L'objet peut donc avoir plusieurs compossibles que l'on nomme « écosystème » dans une approche écologique.

hiérarchisons nos actes, nos priorités, au gré des événements et, lorsque cela est possible, au gré de nos envies.

Introduction

En 2016, l'OCDE² publie les résultats de l'enquête PISA³ de 2015 sur l'évaluation du niveau d'excellence et d'équité dans l'éducation qui placent la France à la 26^{ème} position dans les matières scientifiques avec des performances identiques à celles de 2012. Plus spécifiquement, les résultats mettent en exergue une autodétermination (Ryan & Deci, 2009) différente en mathématiques suivant les caractéristiques individuelles des élèves (sexe, appartenance socioéconomique), fortement corrélée à leur sentiment de compétence. Aucune corrélation n'est toutefois attestée entre le fait de faire des mathématiques par plaisir, de persévérer et de performer davantage.

Dès 2014, le gouvernement français modifie l'apprentissage des mathématiques à partir de dix mesures-clés, parmi lesquelles celle de « promouvoir un environnement plus favorable à l'apprentissage »⁴. Des ressources numériques « mathématiques et quotidien », « mathématiques par le jeu », sont ainsi mises à la disposition des enseignants pour les inciter à proposer davantage de situations problèmes issues de la vie quotidienne, de situations d'apprentissage « ludifiées » censées favoriser les comportements motivés des élèves. L'usage de ce type d'Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH) est ainsi mis en avant. Il s'agit de programmes informatiques destinés aux élèves et/ou enseignants qui permettent, dans un environnement d'enseignement-apprentissage, la circulation de savoirs entre élèves-enseignant-EIAH. Un EIAH *gamifié* se caractérise par l'ajout d'éléments issus du jeu (Deterding et al., 2010), comme des points ou un avatar, pour favoriser les comportements motivés.

La relation élève-EIAH-enseignant est comprise comme une unité impliquant une analyse écologique du couplage structurel élève-enseignant-EIAH-objet de savoir (Guérin, 2012). En effet, l'état des lieux effectué montre que tout apprentissage est « situé » dépendant du rapport des sujets à un contexte, appelé « environnement ». C'est pourquoi nous y

² OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

³ L'enquête PISA repose sur la participation des 35 membres de l'OCDE ainsi que de 37 pays et économies partenaires. Les élèves de 15 ans sont évalués en mathématiques, sciences et français (« Résultats du PISA 2015 (Volume I) | OECD READ édition », p.23)

⁴ http://cache.media.education.gouv.fr/file/12_Decembre/30/2/DP-1-ecole-change-avec-vous-strategie-mathematiques_373302.pdf

consacrerons la première partie dont le premier chapitre, intitulé « Approche écologique et environnement instrumenté » (p. 13), effectue une synthèse sur l'approche écologique où l'environnement instrumenté, qu'il soit gamifié ou non, intègre un environnement plus large, rendant peu pertinent toute étude qui vise à isoler le rapport élève-EIAH du reste du monde. Nous verrons aussi que le même constat peut être fait pour la motivation, bien que l'idée de se comporter et d'agir par plaisir, en opposition à un comportement motivé contraint, semble relativement récente. Jusque dans les années 1920, les chercheurs supposent que les individus agissent sous l'effet de *drives* internes (Darwin, 1859 ; Hull, 1953 ; Woodworth, 1918), c'est-à-dire sous l'effet d'énergies permettant de rétablir un déficit physiologique de l'organisme. Le comportement est alors envisagé comme une adaptation biologique du sujet nécessaire à sa survie. Les travaux de la Gestalt vont apporter une orientation différente en considérant, d'une part, le sujet indissociable de l'environnement ; et d'autre part, que la perception des propriétés de l'environnement par le sujet, lui permet d'identifier ses possibilités d'action (Werner, 1935). Köhler (1929) montre notamment que le but poursuivi par le sujet détermine sa perception des objets qui l'entourent, lui permettant de donner une fonction et une signification imprégnées de l'environnement socioculturel dans lequel il se situe. Or, pour Gibson (1979), si des possibilités émergent du couplage sujet-objet-environnement, c'est d'abord parce qu'ils appartiennent à une même niche écologique (environnement où se développe des capacités d'un être vivant). Autrement dit, dans une approche perceptivo-motrice le comportement serait dépendant du contexte de réalisation de l'action, alors que pour l'approche sémiotique il serait le résultat d'un processus d'interprétation du sujet sur les propriétés du contexte sociotechnique et socioculturel dans lequel il se situe. Nous verrons également que l'idée de rendre l'apprentissage plus « ludique »⁵ notamment par l'usage du numérique est relativement récente et cristallise des tensions, même si le numérique fait partie d'un vaste plan d'« innovation » pédagogique, depuis les années 1980, dont un des objectifs est d'améliorer la réussite des élèves, aussi bien dans l'enseignement primaire (Baron & Bruillard, 1996), secondaire que supérieur (Bourdin & Bouillon, 2005; Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013). Cette association numérique-« ludique » coïncide avec la volonté de l'industrie du jeu vidéo de se diversifier, en proposant des produits adaptés à l'enseignement (Brougère 2015). Dans son ouvrage collaboratif intitulé « Le travail de la gamification : enjeux, modalités et rhétoriques de la translation du jeu au travail » (Ibid.), Brougère note que cette extension du domaine du jeu à l'éducation, impulsée par ces industries culturelles, n'est pas sans poser de problèmes.

⁵ Notion polysémique que nous développerons ultérieurement (cf. section 3, p. 23).

Outre les questions éthiques et politiques, les discours promouvant le *serious game* ou la *gamification* (deux procédés distincts permettant de « rendre ludique » une expérience qui ne l'est pas par l'ajout d'éléments de jeu) supposent que le jeu est par nature « ludique ». L'ensemble des individus y serait sensible. Un tel positionnement semble nier la pluralité des cultures « ludiques », encore appelée « habitus (vidéo)ludique » (Berry, 2015, p. 56). De plus, rien ne garantirait qu'un élément issu du jeu, tel qu'un avatar par exemple, conserve son aspect « ludique » (Ammouche, 2015), ce qui pose la question de la transposition de l'univers du jeu à une situation d'apprentissage instrumentée en contexte scolaire. D'ailleurs Seurat (2015) note que les discours en faveur du jeu véhiculent l'idée que l'apprentissage serait une phase « rébarbative » et qu'il « *devrait, pour devenir acceptable, se déguiser, prendre les apparences d'autres choses* » (ibid., p. 152). Elle montre notamment que le jeu serait synonyme de persévérance et de performances et qu'il serait systématiquement « *associé à l'idée de plaisir, plaisir qui susciterait l'implication et la motivation et qui garantirait les conditions d'un apprentissage réussi, d'une efficacité personnelle* » (2017, p.149). Enfin, comme le soulignent Labelle et Seurat (2015, p. 102), ces rhétoriques présupposent des bénéfices potentiels non réellement définis notamment en termes de preuves de l'efficacité des EIAH ludiques sur les performances d'apprentissages (Amadiou et Tricot, 2014). Ce triptyque, en apparence réticulaire, ludification-motivation-réussite interroge...

Le chapitre 2, intitulé « L'approche écologique du comportement motivé » (p. 33), permettra de questionner ce concept de motivation notamment par le prisme de la théorie de l'autodétermination (Deci, Ryan, 2000), qui apporte une dimension psychologique au comportement. En effet, cette théorie postule que le comportement motivé n'est pas seulement lié à la satisfaction de besoins physiologiques, mais qu'il dépend aussi de la satisfaction de besoins psychologiques comme le fait de se sentir compétent, d'être autonome ou d'appartenir à un groupe social. Ainsi, cette théorie distingue les motivations intrinsèques liées au plaisir de réaliser une activité, des motivations extrinsèques liées aux contreparties qui seraient attendues en réponse à un comportement. Les recherches dans ce domaine montrent qu'en fonction du contexte, contrôlant–stimulant–empêchant, ainsi que des possibilités perçues, les efforts consentis seraient régulés par un processus d'internalisation des contraintes externes et d'autorégulation interne. Le comportement est ainsi envisagé dans une approche organismique. En fonction du degré d'internalisation de ces contraintes externes, il serait alors possible de définir un degré d'autodétermination. Pour affiner ce degré d'autodétermination, Vallerand et Blais (1987) identifient trois types de motivations intrinsèques : la motivation intrinsèque à la

connaissance (possibilité d'exploration, à la curiosité, aux buts intrinsèques d'apprendre), la motivation intrinsèque à l'accomplissement (recherche d'effectance⁶, de maîtrise de la tâche et du besoin de sentiment de compétence) et la motivation intrinsèque aux émotions (sensations d'excitation, d'amusement, de plaisir, d'esthétisme ressenties pendant la tâche). Selon ces deux auteurs, ces trois motivations sont fondamentales pour les apprentissages puisqu'elles ont une influence sur la créativité des élèves, leur capacité conceptuelle et leurs performances. Dans cette même perspective, Deci et Ryan (1985) proposent de distinguer quatre types de motivations extrinsèques suivant le degré de régulation du sujet : la régulation externe (comportement régulé par des récompenses ou des contraintes), la régulation introjectée (comportement pour éviter la honte ou la culpabilité), la régulation identifiée (comportement réalisé par choix) et la régulation intégrée (l'élève à ce niveau est tout à fait conscient des outils et des moyens qu'il doit mobiliser pour s'assurer sa réussite). Pour Deci et Ryan (2000), plus le sentiment de compétence d'un individu augmente, plus sa motivation à agir devient intrinsèque. Par ailleurs, la motivation intrinsèque diminuerait lorsqu'il y aurait récompense, au profit de la motivation extrinsèque. Cette question de la motivation semble fondamentale dans le secteur éducatif et formatif puisqu'elle serait directement liée à l'intention d'apprendre et conditionnerait la réussite ou l'échec des apprentissages.

Ainsi considérés, les motivations et, plus largement, le comportement motivé, seraient soumis à des variations. Le chapitre 3, intitulé « Approche écologique du comportement motivé du point de vue de l'élève » (p. 44), montre que tout comportement motivé est « situé » (Boekaerts, 2001 ; Bouffard et al., 2004), puisqu'il est dépendant de l'environnement dans lequel se déroule l'action, d'un espace-temps, d'un objet de savoir (dans notre cas les mathématiques) et des caractéristiques individuelles de l'élève. Le comportement motivé d'un élève pourrait être envisagé comme une adaptation dynamique de l'élève à son environnement organismique et socioculturel. Les études sur les effets d'un EIAH gamifié sur les comportements motivés montrent des résultats fragiles, jusqu'à considérer la *gamification* comme un concept friable. Une des pistes envisagées pour concevoir une *gamification* efficace est de tenir compte du rapport de l'élève à l'objet de savoir (motivation initiale ; Lavoué, 2018 ; Roosta et al., 2016) et de son rapport au jeu (profil de joueur ; Landers, Armstrong, 2017 ; Marczewski, 2015 ; Monerrat, 2015 ; Nacke et al., 2014). Enfin, les rapports de l'élève à l'enseignant, comme celui de l'enseignant à l'EIAH et de l'enseignant à l'élève,

⁶ White (1959) définit l'effectance comme la capacité d'un sujet à interagir de façon efficace avec son environnement.

semblent aussi explicatifs de différences de comportements motivés. Certains auteurs montrent que le degré d'autonomie laissé à l'élève serait un facteur explicatif de comportements motivés différents (Careau, Fournier, 2002 ; Viau, 2009). Les environnements contrôlés soumis à des évaluations systématiques (Harackiewicz et al., 1984), ainsi que ceux avec obligation de finir une tâche (Ryan, Grolnick, 1986), nuiraient à des comportements autodéterminés.

C'est pourquoi nous nous sommes intéressés au style motivationnel enseignant dans le chapitre 4 intitulé « Favoriser le comportement motivé des élèves du point de vue enseignant » (p. 59). Il semble qu'un style motivationnel « non contrôlant » permettrait de favoriser davantage les comportements motivés qu'un style « contrôlant » (Sarrazin et al., 2006 ; Reeve, 2009). Certains chercheurs notent aussi que la façon dont l'enseignant se saisit de l'EIAH et l'intègre à sa pratique, sont déterminants pour favoriser (ou pas) le comportement motivé des élèves (Karsenti, Fievez, 2014 ; Puentedura, 2014 ; Supper et al., 2019). Or, pour qu'un enseignant s'approprié un EIAH dans un processus de genèse instrumentale (Rabardel, 1995), il semble nécessaire qu'il ait une maîtrise technique et cognitive de celui-ci, qu'il l'intègre de façon significative et signifiante à ses pratiques, pour percevoir de nouvelles potentialités d'actions (Akrich, 2006; Depover & Strebelle, 1997; Lameul et al., 2011; Paquelin, 2007). Ces potentialités d'action, seront étudiées en termes d'affordances en référence à Gibson (1979) sachant que ce concept a évolué pour intégrer les dimensions socioculturelles. L'affordance permet d'analyser les processus de « découvrabilité » et « compréhensibilité » lorsqu'un sujet entre en relation avec un artefact puisque l'affordance caractérise l'information fournie par l'artefact sur une des propriétés de l'environnement permettant au sujet de percevoir sa capacité à agir. Les orientations actuelles de l'affordance concernent également l'ergonomie dans la (co)conception d'environnements et interfaces numériques où il est essentiel de tenir compte des caractéristiques socioculturelles des futurs utilisateurs, de la spécificité de leur contexte, voire de les intégrer à la conception de tels environnements pour qu'ils soient de véritables prescripteurs de leur activité (Norman, 1988, 2013).

L'ensemble de orientations précitées a été synthétisé lors de la réponse à l'appel à projets « E-fran », soutenu par la Caisse des Dépôts, Programme d'Investissement d'Avenir (PIA2). L'ambition de cette action e-fran, qui soutient 22 projets, est de : créer une communauté scientifique de niveau international en matière de « numérique », développer une plateforme collaborative mutualisant des savoirs, des savoir-faire, pour développer la formation professionnelle initiale et continue des enseignants (Mission Monteil sur le numérique éducatif, 2018). C'est dans cette réponse à cet appel d'offre que cette recherche s'est effectuée et, plus

spécifiquement, au développement du projet « LudiMoodle » remporté par l'Université de Lyon dont les objectifs sont double : améliorer le comportement motivé des élèves de 4^{ème} en classe de mathématiques, ; produire des ressources en mathématiques gamifiées sur la plateforme Moodle mobilisables et généralisables à tous les enseignants. Quatre types de structures participent à ce projet : le laboratoire ECP⁷ (Université Lyon 2), le laboratoire LIRIS⁸ (Université Lyon 1), le service d'accompagnement pédagogique numérique universitaire (PAPN⁹, Université Lyon 3) et l'entreprise Edunao spécialisée dans la plateforme Moodle¹⁰. Pour ce faire, quatre hypothèses seront développées et mises à l'épreuve du terrain : 1) la co-conception avec des enseignants de ressources gamifiées rend l'environnement numérique « affordant » ; 2) la motivation des élèves dépend de caractéristiques individuelles des élèves ; 3) le comportement motivé des élèves en calcul littéral est favorisé par un EIAH gamifié adapté au profil des élèves ; 4) le style motivationnel des enseignants influence le comportement motivé des élèves.

La partie méthodologique, deuxième partie de cette recherche (p. 80), explicite les outils de recueil des données, la manière de traiter les données. Cette méthodologie concerne, d'abord, la manière dont l'EIAH a été co-conçu (cf. chapitre 1, p. 81). Ensuite, il s'agira de détailler la méthode développée pour analyser les affordances perçues par les enseignants (cf. chapitre 2, p. 96), l'échelle de la motivation à faire des mathématiques (cf. chapitre 3, p. 107), le style motivationnel de l'enseignant (cf. chapitre 4, p. 114).

Puis les résultats des deux temps de cette recherche seront présentés et discutés : la phase de test (3^{ème} partie, p. 118) et la phase expérimentale (4^{ème} partie, p. 166). La phase de test s'est réalisée au printemps 2018 auprès de 163 élèves de 4^{ème}, répartis dans 4 collèges différents (1 en zone d'éducation prioritaire, 3 de type ordinaire ; 2 en zone rurale, 2 en zone urbaine), 7 classes différentes, avec 5 enseignants. Cette phase a permis d'améliorer l'ergonomie de l'EIAH mais aussi d'étudier les différences interindividuelles entre élèves et observer des effets différents suivant le style de l'enseignant. La phase expérimentale s'est déroulée au printemps 2019 auprès de 258 élèves de 4^{ème}, répartis dans 12 classes, de 4 collèges différents (1 en zone rurale, 3 en zone urbaine ; tous de type ordinaire), avec 5 enseignants. Cette phase expérimentale consistait à confirmer l'existence de différences interindividuelles

⁷ ECP : Education Cultures et Politique

⁸ LIRIS : Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information

⁹ PAPN : Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie Numérique

¹⁰ MOODLE : Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment : « Environnement orienté objet d'apprentissage dynamique modulaire »

entre élèves à faire des mathématiques. Cette phase visait notamment à savoir si : la motivation dépend des caractéristiques des élèves (cf. chapitre 1, p. 167) ; une *gamification* adaptée favorise davantage le comportement motivé des élèves qu'une *gamification* générique (cf. chapitre 2, p. 180) ; la co-conception avec des enseignants favorise la découverte d'affordances (cf. chapitre 3, p. 191) ; un style motivationnel « non contrôlant » favorise davantage les comportements motivés des élèves qu'un style « contrôlant » (cf. chapitre 4, p. 234).

Une troisième phase était prévue au printemps 2020 dans l'objectif de montrer qu'une adaptation dynamique de l'EIAH, réalisée pendant l'activité par l'enseignant, offre de meilleurs résultats qu'une adaptation statistique (réalisée en amont de l'activité par implémentation de profils de joueurs). Ces deux types de *gamification* devaient permettre aux élèves d'être davantage motivés qu'une *gamification* générique. Cependant, du fait de la crise sanitaire « COVID-19 », nous n'avons pas pu réaliser cette expérimentation, ni la reporter à l'année suivante.

Première partie

Etudier le comportement motivé avec un EIAH gamifié dans une approche écologique

L'étude du comportement motivé d'élèves dans un environnement instrumenté suggère, comme nous le verrons dans cette partie, de prendre en compte l'élève dans son rapport triadique à l'enseignant – l'objet de savoir étudié – l'Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (EIAH) mobilisé. Cependant, dans une situation d'apprentissage, où la relation utilisateur-EIAH est médiée par l'enseignant, cela implique aussi de s'intéresser au rapport qu'entretient l'enseignant avec l'EIAH – l'objet de savoir concerné – la classe en général, et donc de privilégier une approche écologique du comportement motivé. D'ailleurs, les recherches dans le champ de la théorie de l'autodétermination, comme celles liées à la *gamification* des apprentissages, montrent que la motivation est située, c'est-à-dire qu'elle dépend de certaines spécificités des utilisateurs dans leur rapport à l'activité¹¹ artificiellement construite par les humains, comprenant les conditions dans lesquelles s'exercent cette activité (appelée « contexte ») et ce qui se produit au cours même de l'activité (appelée « environnement »).

Théoriquement, plus les conditions externes satisferaient les besoins psychologiques fondamentaux de l'élève (besoin de compétence, d'autonomie et d'appartenance à un groupe), plus il s'engagerait de manière autodéterminée dans l'activité proposée. Du point de vue de l'élève, les conditions externes sont multiples : spécificités de l'EIAH gamifié, manière dont l'enseignant intègre cet EIAH dans l'activité d'apprentissage, style motivationnel de l'enseignant. Ces facteurs semblent déterminants puisqu'ils peuvent être sources de tensions chez les élèves, affectant potentiellement leur motivation intrinsèque, voire même les amotivant. Dans cette perspective, il semble nécessaire d'implémenter dans tout EIAH et « *gamification* », des caractéristiques de l'activité d'apprentissage, comprenant la spécificité de l'objet de savoir enseigné et la culture des acteurs.

¹¹ Selon Audran (2010, p. 19), une situation désigne les moments collectifs au cours desquels se produisent des interactions. Elle donc sociale et liée à l'intentionnalité et au vécu des sujets en présence. Elle est par nature imprévisible.

Chapitre 1. Approche écologique et environnement instrumenté

L'approche écologique considère le développement humain comme des processus relationnels entre le sujet et l'environnement. Actuellement, l'écologie ne s'inscrit plus dans une approche déterministe, voire darwiniste, d'un sujet qui devrait s'adapter à un « contexte », considéré comme extérieur au sujet, mais dans une approche dynamique où le sujet participe au développement de son contexte, appelé « environnement » (Ramade, 2005 ; Latour, 2015). Les processus relationnels ne sont donc ni « statiques », ni récurifs, mais spirales et dynamiques, puisque l'environnement est précisément un contexte qui se transforme au contact de l'humain, impliquant une co-adaptation. Du point de vue de la conception des objets, tout processus « adaptatif » vise la dynamique du sujet pour qu'il puisse co-agir avec cet objet sur l'environnement dans lequel il se développe. C'est bien dans cette acception que l'approche écologique sera mobilisée, en considérant que tout environnement est une niche écologique du moment qu'il permet à un humain de se développer (cf. section 1, ci-dessous). Lorsque l'approche écologique concerne un environnement d'apprentissage médié et médiatisé par un EIAH gamifié, il convient alors d'identifier, mais aussi de caractériser à un instant t (ou pour une période p), les relations entre un ensemble de composants biotiques (êtres vivants) et non biotiques (êtres non vivants) favorisant ou empêchant le développement humain. Développement humain qui sera ici étudié à partir du comportement motivé de l'élève (cf. section 2, p. 18) puisque le comportement est une manière de comprendre les raisons qui poussent un humain à agir (processus d'autodétermination). Plus généralement, étudier l'ensemble des interrelations qui lie un sujet à son contexte permet de mieux saisir : a) ce qui caractérise un environnement en fonction de ce qui se produit en situation et b) la reproductibilité des conditions environnementales pour le développement humain.

1. L'approche écologique : acceptions générales d'un concept

Bateson (1936) est un des premiers auteurs qui positionne sa théorie sur « l'écologie de l'esprit ». Son approche holistique se veut à la fois biologique et sociale. En effet, pour lui, l'organisme vivant se développe sous l'effet de relations internes qui le structurent, mais aussi des relations sociales qui le façonnent. Son approche, s'apparente en quelque sorte à celle de Wittgenstein (1922), dans son *Tractatus Logico-Philosophicus*, qui s'intéressait déjà aux

mécanismes circulaires en jeu dans les processus biologiques et cognitifs, auxquels fait référence Bateson (Ibid.). Il montrait notamment l'importance d'étudier les interrelations dynamiques entre le sujet et les propriétés d'une situation contextualisée pour dépasser le simple fait « d'agir sur » et de « percevoir en retour ». En effet, comme le souligne Lévy (1987), pour Wittgenstein, l'être vivant : « *Calcule une réalité à l'intérieur des contraintes fixées par son système nerveux, la disposition de ses capteurs sensoriels, son expérience passée, etc. Son action, au sens fort, sur son environnement est à la fois perception, organisation et élaboration de ce qui est, pour lui, la réalité ; et c'est en fonction de cette réalité calculée par lui qu'il va repercevoir, réorganiser, réélaborer ce que sera son monde propre, et ainsi indéfiniment* » (Lévy, 1987, p. 126).

Bateson (Ibid.), dans la continuité de Wittgenstein, envisage notamment que chaque comportement puisse être déterminé par une interprétation de la réponse d'un sujet, une « vision intrapsychique », menant à une interaction un autre sujet ou/et un artefact (Wittezaele, 2006). C'est d'ailleurs un tournant opéré par la sociologie de l'innovation sous l'impulsion de Callon (1986), Latour (2010), Akrich (1989), dont la lecture du monde n'est plus dichotomique et déterministe entre « acteur » et « actant » mais comprise comme dynamique et transformative entre « acteurs » et « actants ».

Bateson (Ibid.) observe que certains comportements, sous l'effet de normes socioculturelles, favorisent davantage le maintien de différences entre le milieu d'appartenance du sujet et les autres milieux, alors que d'autres, au contraire, entraînent de profonds changements qu'il nomme « schismogénèse » (Bateson, 1936, p. 220-221). Dans les environnements instrumentés cybernétiques, par exemple, il note que les feedbacks négatifs permettent d'expliquer l'autorégulation du sujet, c'est-à-dire sa dynamique « adaptative » au milieu de réalisation de l'action, et propose d'envisager le comportement dans des boucles d'interaction où le sujet évalue sans cesse sa stabilité interne de manière plus ou moins consciente. En percevant des signaux notamment, l'informant de régularités ou – au contraire – de variations, il saurait la réponse à apporter et comment se réguler. Dans cette perspective, Bateson (1972) propose d'envisager l'apprentissage humain à la fois comme une évaluation des redondances, c'est-à-dire des *invariants* déjà connus et intériorisés sous la forme de modèles de pensée, et comme une évaluation des variations remettant en question ces modèles et nécessitant une réponse adaptée en situation. Ainsi, il s'inscrit dans une approche holistique du comportement qu'il définit par « écologie de l'esprit », considérant l'ensemble des processus mentaux influant sur l'interaction avec l'environnement. Lorsque le message est « brouillé »,

les variations perçues peuvent être contradictoires ne permettant pas au sujet de savoir comment s'adapter en agissant tant sur la situation que sur ces processus cognitifs¹².

L'approche de Bateson met en avant la nécessité de percevoir des régularités ou, au contraire, des variations en situation, pour pouvoir agir. Ce glissement, vers une approche écologique de la perception, renvoi aux travaux de Gibson (1979) qui étudie les potentialités perçues par un être vivant en fonction des signaux qu'il perçoit pour savoir s'il sera en mesure de satisfaire (ou pas) ses besoins fondamentaux. Il propose de nommer « affordances », les possibilités qui émergent du couplage sujet-propriétés de l'environnement, en considérant que ces propriétés peuvent être celles d'un autre sujet (composant biotique) ou/et un composant non biotique. Cependant, contrairement à Bateson (1972), « l'écologie de la perception » de Gibson (1979) n'est focalisée que sur une étude organismique du comportement et des conditions de satisfaction de besoins physiologiques, et ne tient pas compte des interrelations du sujet avec son environnement socioculturel. Or, le développement humain est façonné par ces interrelations entre sujets, et par le partage de normes, d'une culture commune, créant un modèle de pensée redondant, et permettant à chaque sujet de s'identifier comme faisant partie d'un tout socialisant. L'affordance s'inscrit dans une rupture avec une approche « déterministe » du rapport être vivant-contexte puisqu'il est considéré que la qualité de la perception varie en fonction de la spécificité des êtres vivants concernés. L'approche phénoméno-écologique de l'affordance a fait l'objet de travaux récents pour montrer notamment l'importance de la dimension sémiotique dans la perception des propriétés qui caractérise un environnement (Reed, 1988 ; Norman, 1988 ; Turvey, 1992 ; Stoffregen, 2003 ; Simonian, 2019a, 2019b, 2020). Cette orientation de l'affordance met en avant l'importance de l'activité humaine caractérisée par ses dimensions socioculturelles (Albero et Brassac, 2013 ; Guérin, 2012 ; Pogent et al., 2019), dont les propriétés perçues permettent à l'individu d'agir (ou non).

L'approche écologique de la perception a fourni de nombreux cadres d'analyse assez heuristiques pour comprendre les raisons pour lesquelles des êtres peuvent (ou non) agir en situation. Bronfenbrenner (1979) développe une « taxonomie des environnements emboîtés »¹³ pour mieux décrire et comprendre les interrelations entre chacun d'entre eux. Il nomme ainsi :

¹² Il s'agit de la théorie de la « double contrainte » que Bateson va mobiliser pour expliciter le cas de patients schizophrènes. Il envisage ainsi la psychose, non pas comme une pathologie individuelle, mais davantage comme l'absence de perception de redondances au sein de l'écosystème familial, entraînant une rupture entre ce qui est attendu et qui est réellement vécu.

¹³ Des environnements emboîtés sont des environnements en interrelation les uns avec les autres.

« microsysteme » tout environnement immédiat du sujet qui lui permet de se développer en fonction de ses interrelations personnelles avec un « cadre » (ex. école), des « acteurs » (ex. enseignant, élèves) et une « activité » (ex. activité d'apprentissage) ; « mésosystème », tout groupe de microsystemes en interrelation et participant au développement de l'individu (ex. école/famille) ; « exosystème », les environnements influant indirectement sur le développement au sein de chaque microsysteme le constituant (ex. institution scolaire) ; et « macrosystème » l'ensemble des patterns socioculturels influençant chacun des autres « systemes ». Pour Bronfenbrenner (Ibid.), les individus pourraient évoluer dans ces différents environnements et « transiter » d'un environnement par un processus de « recontextualisation ». Dans cette théorie, l'environnement est à la fois un « ontosystème » c'est-à-dire un ensemble d'interrelations internes au sujet lui permettant de définir ses caractéristiques et compétences, qu'elles soient innées ou acquises ; et un « chronosystème » lié à l'ensemble des temporalités rythmant la vie du sujet et qui peuvent être en interrelations les unes avec les autres (ex. temps familial et temps scolaire). Nous avons schématisé ces différents environnements emboîtés pour permettre au lecteur de comprendre comment s'organisent ces interrelations :

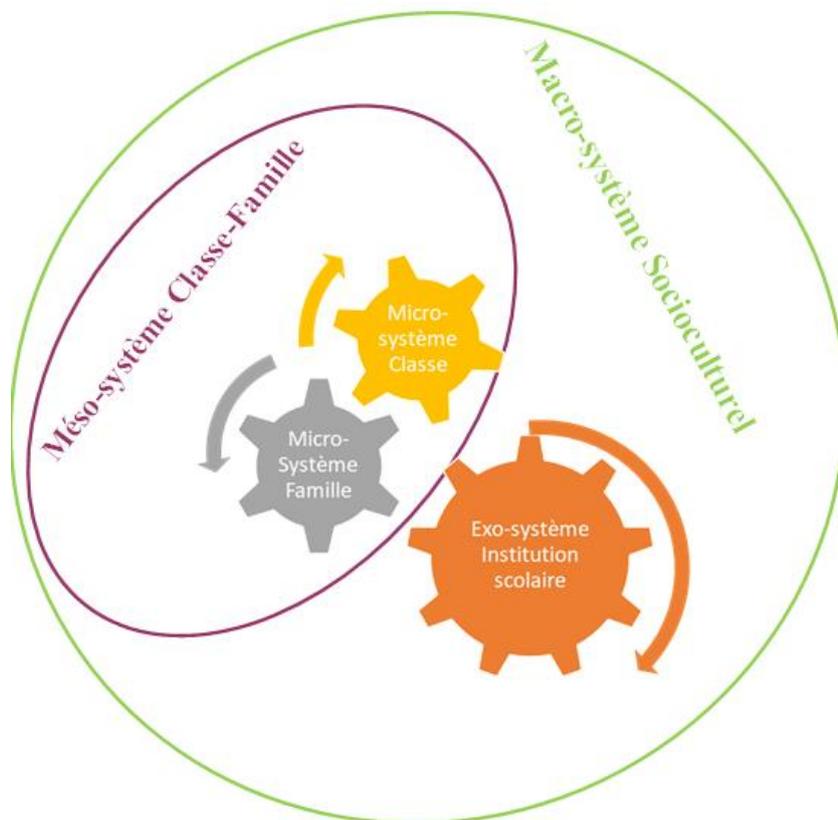


Figure 1: Interprétation libre du modèle des environnements emboîtés de Bronfenbrenner (1979)

En se référant à cette approche, l'étude du comportement motivé d'un élève serait, comme dans toute approche écologique, « située », comprenant un ensemble de déterminants conditionnant l'action à un instant t, tout en s'inscrivant dans une dynamique temporelle. En effet, comme l'élève est en interrelation continue avec son microsystème, mais aussi potentiellement avec d'autres microsystèmes au sein d'un même mésosystème, etc., son comportement est susceptible d'évoluer pour s'adapter aux nouvelles contraintes ou possibilités offertes par son environnement. C'est la position que défend aussi Doyle (1986), qui s'est particulièrement intéressé à « l'écologie de la classe ». Il montre notamment que l'approche comportementaliste, qui consiste à étudier l'effet du conditionnement opérant sur le comportement de l'élève, est trop réductrice car d'autres facteurs peuvent interagir et modifier les comportements attendus (les interactions de l'enseignant avec l'élève, ou les interactions de l'élève avec ses pairs, etc.). Il envisage ainsi la classe comme « *une unité écomportementale composée de séquences qui entourent et régulent le comportement* » (Doyle, 1986, p. 397).

Dans cette perspective, l'approche écologique apparaît comme précieuse pour comprendre ce qui se joue dans l'apprentissage humain, les manières dont les relations s'établissent entre l'élève et son enseignant, entre pairs mais aussi à partir des instruments qu'il mobilise, lui permettant d'agir en percevant une propriété de la situation à laquelle il est confronté, de se comporter d'une façon plutôt que d'une autre, et de développer des processus cognitifs et sociocognitifs. L'approche écologique au sens holistique permet aussi de saisir tout ce qui ne caractérise pas « l'écologie de la classe » mais peut l'influencer. Il conviendrait, dès lors, d'adopter une analyse multidimensionnelle de l'apprentissage, nécessitant de décrire chaque environnement pouvant potentiellement impacter une situation d'apprentissage.

Lorsque l'apprentissage est instrumenté, c'est-à-dire lorsqu'il mobilise à la fois des artefacts techniques, conceptuels et pragmatiques, comme des connaissances et compétences formelles (savoirs « savants ») et informelles (savoirs « socioculturels »), alors l'approche écologique permet d'envisager l'environnement d'apprentissage instrumenté comme l'ensemble des interrelations qui se jouent dans le couplage structurel sujet–environnement socioculturel–environnement sociotechnique. Cet environnement est « énéacté » (Varela, 1989), c'est-à-dire qu'il se modifie sous l'évolution constante de certains de ses « composants », à partir du processus d'autopoïèse¹⁴ (Maturana et al., 1994; Varela, 1993). Cette reconfiguration ferait de cet environnement d'apprentissage instrumenté, un couplage structurel

¹⁴ L'autopoïèse représente la propriété d'un système à se produire lui-même au contact de l'environnement dans lequel il évolue.

« *asymétrique* » (Guérin, 2012, p. 48), dans lequel l'individu n'interagirait pas nécessairement avec l'ensemble de ses composants (Simonian, 2014).

Un des principaux enjeux de l'approche écologique en sciences de l'éducation et de la formation est donc d'étudier les raisons pour lesquelles ces interrelations ont lieu ou pas, et conduisent parfois à l'inaction ou à un non usage (Simonian & Audran, 2012; Simonian, 2019a; Simonian, 2020), et ainsi de circonscrire les conditions favorisant la transformation d'une propriété d'un composant de l'environnement. Dans notre cas cette propriété serait le comportement motivé des élèves et les conditions pouvant être perçues par les élèves seraient tant liées à l'organisation de la classe qu'à la manière d'interagir entre l'enseignant et les élèves, le scénario mis en œuvre par l'enseignant, la spécificité de l'environnement informatique utilisé. Mais, dans une approche écologique, ce qui nous intéresse n'est pas uniquement la pertinence des conditions permettant au sujet d'agir pour se développer mais certains processus dynamiques permettant d'identifier et de comprendre la transformation de propriétés de l'environnement, sans « détacher » le sujet de l'environnement puisqu'il en fait partie intégrante. Ainsi pensée, la modification d'au moins une propriété de l'environnement peut avoir une incidence sur d'autres propriétés, comme une « renormalisation » de l'environnement par exemple (Lantheaume & Simonian, 2012). C'est dans cette acception que l'approche écologique attire notre attention en se focalisant sur le comportement motivé des élèves.

2. Le développement humain compris comme le rapport sujet-artefact/environnement

Pour Vygotsky (1930), le développement d'un humain repose sur deux processus de développement psychique : un processus de développement biologique inhérent à l'espèce humaine et un processus de développement historico-socioculturel caractéristique de l'humain. Selon lui, l'intelligence se développerait par des activités de médiation telles que le langage et/ou l'instrument. Il suppose qu'il est dans la nature de l'humain d'agir sur son environnement en créant et en détournant des artefacts conçus par d'autres. Tout artefact, qu'il soit symbolique ou matériel, est issu de l'activité humaine. Anthropologiquement, l'artefact correspond à une manière d'organiser le monde, les relations sociales et les modes productifs. C'est une des raisons pour lesquelles tout rapport à un artefact nécessite un apprentissage socioculturel, qui permet de donner un sens particulier dans un contexte spécifique. Dans cette perspective, l'artefact n'est qu'un médiateur de l'activité humaine et, plus largement, des propriétés de cette

activité qu'elles soient organisationnelles, relationnelles, productives, paradigmatiques. Le développement humain est ici intimement lié à l'activité comprise comme un processus de transformation sous-tendu par des dynamiques de médiation résultant de l'association sujet-artefact-but, où le registre de l'action est indissociable de celui du motif (cf. figure 2 ci-dessous) :

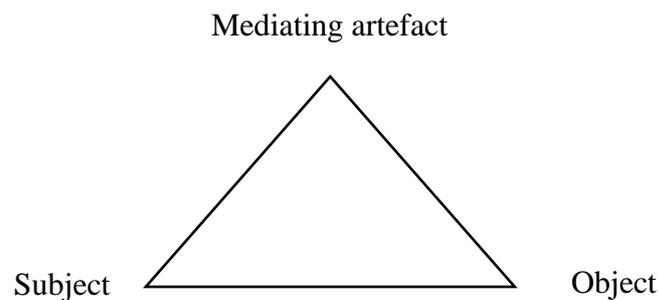


Figure 2: Vygotsky's model of mediated act (1978)

Dans la théorie vygotkienne, la médiation est primordiale. En effet, sans médiateurs il n'y a pas de développement possible des fonctions psychiques supérieures. De plus, c'est par les interactions sociales que le sujet intériorise ces médiateurs et devient à son tour un médiateur de la culture. Nous comprenons ici les raisons pour lesquelles un artefact technique est avant tout un artefact socioculturel imprégné de ce qui en est fait et pensé, permettant de spécifier une activité humaine. Cette orientation rejoint, en partie, celle de Simondon (1958) et, plus précisément, le concept de « mécanologie » où l'« objet¹⁵ technique » a une individualité qui se modifie sans cesse, gardant en lui le passé de son évolution et une partie de cette culture (« transduction »). Il rapproche cette évolution de l'ontogenèse, puisqu'il y aurait conservation et unification des formes antérieures selon un principe de résonance interne. L'« objet » serait donc pensable en termes d'humanité. Simondon (Ibid.) fait l'hypothèse d'un état préindividuel¹⁶ de l'objet technique au même titre que celui de l'être vivant, état correspondant au potentiel de ce qui existe en lui et au potentiel réel de ce qui est possible. L'objet technique pour devenir concret passerait donc par une série de transformations à la fois de ses structures et de ses fonctions par concrétisation, sa fonction induisant sa propre transformation. Il serait

¹⁵ Ici nous utilisons le terme « objet » tel que le propose Simondon.

¹⁶ Cette préindividualisation peut s'apparenter à la zone proximale de développement (Vygotsky, 1930) dans laquelle tout apprentissage est rendue possible si elle comprise comme un potentiel pour une période donnée.

en ce sens proche de l'objet « naturel ». Simondon (Ibid.) note qu'un objet technique se spécialiserait par son co-développement avec le milieu dans lequel il évolue, l'un et l'autre interagissant dans ce qu'il nomme un « milieu associé ». Cette régulation objet-activité-environnement et/ou sujet-objet-activité-environnement s'inscrit, pour partie, dans une approche écologique. L'objet technique n'a d'existence que parce qu'il se situe dans un milieu associé et par ses formes qui représentent les schèmes de l'objet technique. Simondon (Ibid.) affirme qu'il en est de même pour la pensée, le fond psychique rendant possible l'émergence de formes. Selon lui, un objet seulement associé à une pensée, ne serait pas technique, il s'agirait d'un « ustensile » (Heidegger, 1927). Pour qu'il soit technique, il doit être constitué d'éléments techniques ou rouages, d'un individu technique c'est-à-dire d'une machine et d'un ensemble technique dans lequel évoluent les deux précédents. Chaque évolution technique partirait des éléments, se propagerait à l'individu puis à l'ensemble du système pour finalement refaire le chemin en sens inverse, pour retourner à un état d'équilibre précaire, comme une pendule de Newton. Cette évolution ou technicité serait susceptible d'être déplacée sur de nouveaux individus techniques. Pour Simondon (Ibid.), comme chez Leroi-Gourhan (2012), l'objet prolonge le geste humain qui prolonge les possibilités du corps. Le rôle de l'humain dans la technique serait d'entretenir les rouages, de les coordonner et non pas d'exécuter les tâches de la machine.¹⁷

Pour Rabardel (1995), il serait plus judicieux de parler d'artefacts en les considérant comme des environnements anthropotechniques puisqu'ils sont façonnés par un environnement humain, où deux approches sont possibles : l'une technocentrique où l'humain a une place résiduelle et l'autre anthropocentrique où l'humain a cette fois une position centrale. Dans l'approche technocentrique, l'intervention humaine est très limitée et se résume à des activités n'étant pas prises en charge par la machine, ne pouvant être automatisées. Par conséquent, l'humain a peu de marges de manœuvre et de degré de liberté. L'approche technocentrique se caractérise par l'idée de pouvoir remplacer les humains par des machines en automatisant, par exemple, entièrement les chaînes de production dans les entreprises, dont le but principal est d'augmenter la productivité, mais elle caractérise aussi tous les travaux sur l'intelligence artificielle ou les systèmes informatiques complexes. Les principaux problèmes de ce type

¹⁷ Pour Simondon (1989), artefact et sujet auraient le même statut, chacun ayant sa propre individualité. En effet, l'objet continue d'exister lorsque le sujet n'est plus là. Il s'agit du principe d'individuation lié à la part irréductible d'un être vivant ou d'un être technique. De plus, il considère que les possibilités d'action sont nombreuses et fonctions du sujet avec lequel l'artefact technique interagit et de l'environnement auquel ils appartiennent.

d'approche sont idéologiques puisque l'activité humaine est trop réduite à l'activité technique faisant des humains des « individus techniques ». Cette activité résiduelle de l'humain est très critiquée par les théoriciens et sociologues comme Habermas (1968), Latour (2010) ou Rabardel (Ibid.) qui considèrent que pour que les systèmes techniques soient fiables, l'humain doit être acteur de son travail et maîtriser la fiabilité du système. Pour Rabardel (Ibid.), cette approche technocentrique serait très répandue, y compris dans la conception informatique, où l'humain est considéré comme un composant du système informatique, ce qui d'après lui, en fait une approche leibnizienne. En effet, Leibnitz crée en 1714 le terme « monadologie », théorie phénoménologique selon laquelle le monde serait composé d'entités individuelles qu'il nomme « monades », chacune d'entre elles étant en interaction avec celle directement à sa portée, comme les rouages ou engrenages d'un moulin. Ces monades auraient un fonctionnement linéaire, en séries qu'il nomme « compossibles ». La compossibilité d'un objet correspond selon Simondon (1958) à sa compatibilité avec l'environnement auquel il appartient et aux autres objets en présence. L'objet peut donc avoir plusieurs compossibles que l'on nomme « écosystème » dans une approche écologique du moment que l'humain reste le pilote du système ou, du moins, qu'il peut agir sur le système (Simonian, 2019a).

Dans l'approche anthropocentrique, l'humain occupe une place centrale et les environnements techniques sont pensés et conçus en fonction de ses besoins. Pour Corbett (1988), cette approche tient compte des compétences initiales de l'utilisateur et tente de les développer du moment qu'un certain degré de liberté lui est conféré pour définir ses propres objectifs et activités de travail. Dans cette approche, tout est fait pour faciliter la communication sociale et limiter la division du travail. Il s'agit donc d'une approche qui prend en compte l'être humain dans sa globalité, c'est-à-dire dans ses relations à l'autre, dans ses spécificités anthropologiques individuelles et groupales, considérant qu'un environnement technique entre en relation avec un environnement socioculturel (Simonian, 2020). Deforge (1991) quant à lui, remarque que l'approche anthropocentrée est également visible au sein de la formation professionnelle, lorsque les apprenants ne sont plus formés uniquement à une technique mais aussi à un savoir-faire qui remet l'humain au centre de ce processus.

Dans le cas d'une situation d'apprentissage instrumentée, l'étude de l'activité de l'élève se complexifie puisqu'un grand nombre d'acteurs et d'artefacts peuvent potentiellement interagir et se modifier au contact des uns avec les autres : enseignant-élève, élève-pairs, élève-parents, élève-objet de savoir, élève-environnement numérique, etc. Or, comme le constate

Guérin (2012), la plupart des approches mobilisées dans le cadre de l'analyse de l'activité, « considère l'apprentissage comme l'adaptation individuelle à un milieu, en minorant la dimension sociale [...] Or l'observation de l'activité en classe montre que pour répondre aux tâches individuelles les élèves ont tendance à se tourner vers l'enseignant ou leurs pairs plutôt que de chercher seuls la solution » (p. 97-98).

C'est la raison pour laquelle, l'approche d'Engeström (1987) semble pertinente, puisque son premier modèle propose d'intégrer la dimension collective de l'activité, afin de matérialiser les interrelations possibles du sujet au sein de sa niche écologique (cf. figure 3 ci-dessous).

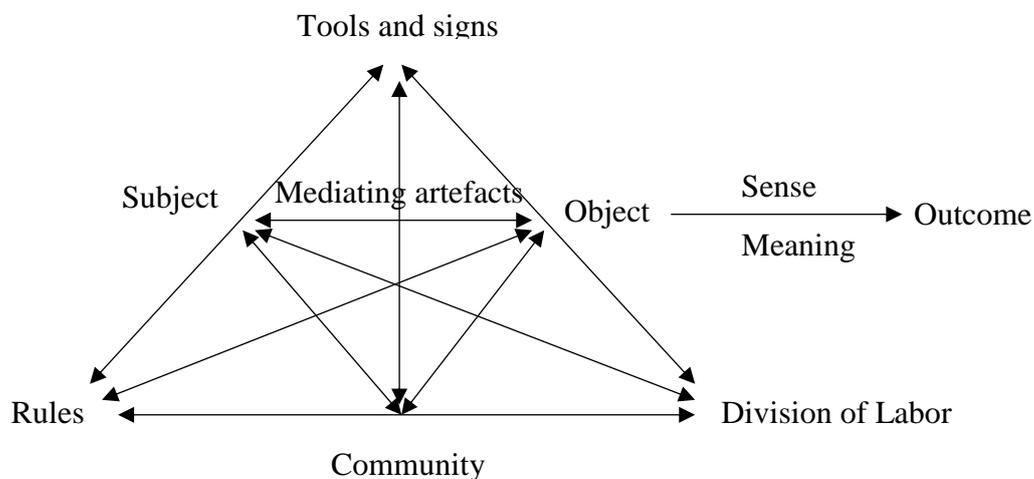


Figure 3 : The structure of the human activity (Engeström, 1987, p78)

Dans ce modèle, les possibilités d'actions, sont le produit d'interrelations entre le sujet, sa communauté, l'organisation du travail, les lois qui régissent l'ensemble, l'artefact lui-même ainsi que les buts des uns et des autres. Il replace le sujet dans une dynamique socioculturelle et sociotechnique, qui conditionne en quelque sorte les possibilités d'actions avec un artefact. Ce système est basé sur un groupe de personnes ayant la même culture mais qui nécessite de partager une signification commune avec d'autres groupes d'acteurs pour que l'activité puisse se réaliser (« Outcome »). Il s'agit donc, dans cette approche écologique, de prendre en compte tous les acteurs de ces microsystèmes (Bronfenbrenner, 1979) et d'observer l'influence de l'un sur l'autre afin de comprendre si des tensions concernent des « buts » non partagées entre des systèmes d'acteurs différents.

Une des particularités du modèle d'Engeström (1987) est de prendre en compte la diversité des traditions lorsque cette activité devient internationale. C'est pourquoi Engeström propose une troisième génération de théorie de l'activité prenant en compte la multiplicité des

points de vue, des traditions, des histoires des institutions et des intérêts des acteurs. Selon lui, cette prise en compte globale est source de tensions, mais ce sont les manières de dépasser ces tensions et les négociations qu'elles engendrent qui permettraient de modifier le système d'activité, de le réguler (cf. figure 4 ci-dessous). Ces modifications interviendraient dans ce qu'il nomme la « zone proximale de développement de l'activité » en référence à Vygotsky¹⁸, ce qui représente l'ensemble des potentialités d'actions, et qu'il définit comme: « *It is the distance between the present everyday actions of the individuals and the historically new form of the societal activity that can be collectively generated as a solution to the double bind potentially embedded in the everyday actions* » (Engeström, 1987, p. 174).

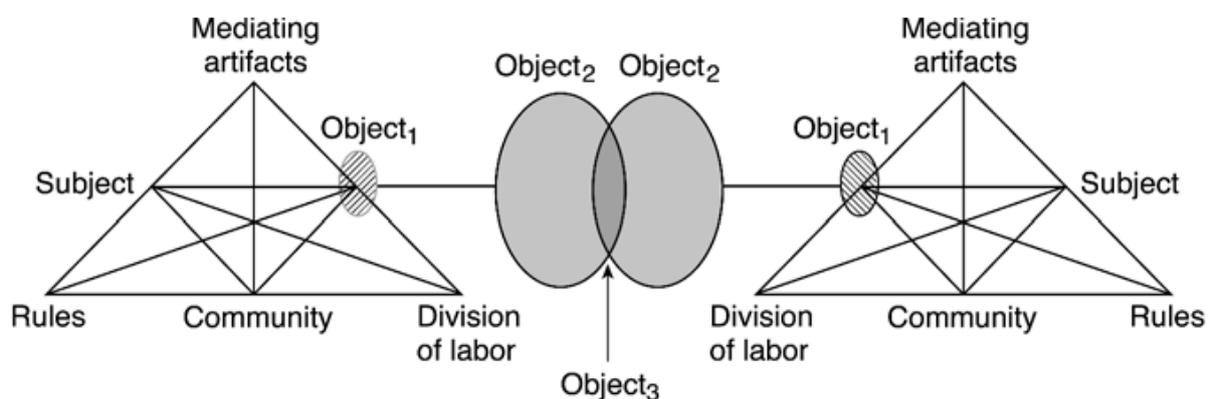


Figure 4 : Two interacting activity systems as minimal model for the third generation of activity theory (Engeström, 2001)

Ainsi, l'activité humaine instrumentée est ici holistique. Elle se définit par l'ensemble des relations qu'entretient collectivement le couplage structurel sujet-artefact technique-but-règle-culture-organisation du travail.

3. Un Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain gamifié à lecture d'une approche écologique

Lorsque la situation d'apprentissage est médiée et médiatisée par un EIAH, Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain (Rabardel, 1995; Tchounickine, 2009; Tricot, 2011), c'est-à-dire par un programme informatique destiné à être utilisé par des apprenants et/ou des enseignants impliqués dans une situation d'enseignement-apprentissage et

¹⁸ Selon Vygotsky, la zone proximale de développement correspond à l'espace conceptuel entre ce qu'un individu peut apprendre de lui-même et ce qu'il peut apprendre avec l'aide d'un autre (Vygotsky, 1978).

accompagnés dans cet apprentissage, alors l'environnement peut être défini comme l'ensemble des spécificités de cet EIAH, son contexte d'application et le comportement des acteurs (enseignants et élèves). L'environnement est compris au sens large comme un environnement socioculturel où le savoir circule et se construit entre – et par – des acteurs médiés par un EIAH mais aussi entre les acteurs et l'EIAH.

Un EIAH peut jouer plusieurs rôles, non mutuellement exclusifs : présenter et structurer l'information, favoriser la communication, traiter de l'information, mais la façon de présenter l'information et de la traiter, peut potentiellement influencer de manière différente sur la perception qu'en a l'élève, et déclencher une interaction, un comportement plus ou moins différent. Pour Tchounickine : « *L'approche naïve et techno-centrée consistant à penser que l'II (logiciel I) va avoir l'effet attendu en ce qui concerne l'activité de ses utilisateurs-apprenants parce que ceux-ci vont s'en servir comme l'avait prévu le concepteur de l'II tend à régresser. Il est maintenant bien compris qu'il faut considérer non pas l'usage prévu mais l'usage effectif du logiciel, que cet usage effectif peut largement différer de ce qui avait été anticipé, et que les propriétés du logiciel ne sont que l'un des multiples éléments qui influent sur l'activité que va développer l'apprenant* » (2009, p. 15). Autrement dit, les intentions et finalités pédagogiques visées avec ce type d'artefact, peuvent potentiellement influencer de manière différente sur l'activité et donc le comportement motivé des élèves.

Dans le cas d'un EIAH gamifié, l'intention de départ est de « rendre ludique » une activité d'apprentissage pour favoriser les comportements motivés. Les débats qui vont être énoncés ci-après notamment sur la différence pertinente (ou non) entre « *game* » et « *play* », « ludification » et « *gamification* », etc., montrent qu'il s'agit bien d'un artefact c'est-à-dire d'un construit matériel (environnement informatique) qui porte en lui des construits symboliques (motiver les élèves dans leur apprentissage, profils de joueurs, etc.). Dans notre cas, un EIAH est créé, manipulé, façonné, utilisé, par les humains pour atteindre un but (dans le cas de la *gamification* : la motivation). Cependant un EIAH, comme tout artefact peut être considéré comme *artificiel* parce qu'il n'existe pas en tant que tel dans la nature, en étant le fruit de l'imagination humaine et d'un consensus paradigmatique dans la manière de penser le rapport aux autres, et plus généralement, d'une activité humaine (dans notre cas d'apprentissage) en le positionnant dans un environnement socioculturel, plus large, spécifique.

Pour Silva (2013), la *gamification* s'inscrit dans une dynamique scientifique élargissant le paradigme ludique à des domaines dont il est habituellement exclu comme l'éducation, la

santé ou le monde de l'entreprise. Les termes qui lui sont associés, pointification, funification, ludicisation sont tous construits autour du suffixe « fication » du latin *facere*, qui signifie « faire ». Cette technique aurait dès lors pour mission de « faire comme un jeu, faire des points, faire *fun*, faire ludique », autrement dit, imiter, ressembler à un jeu par sa forme mais aussi par sa fonction qui déclenche chez le joueur une attitude « ludique ».

Raessens (2006) constate un essor des études s'intéressant aux jeux, les *Game Studies*, depuis les années 2000, qu'il attribue à l'essor grandissant des jeux vidéo dans notre société au même titre que la télévision et la musique. Pour lui, quiconque s'intéresse à notre culture, doit s'intéresser à ces nouveaux « mediums » qui participent largement à la « ludification de notre culture ». S'il semble être le premier à parler de ludification, sans pour autant en donner une définition, c'est Deterding qui explicite et illustre ce concept (cf. figure 5, p. 26) : « *Within the socio-cultural trend of ludification, there are at least three trajectories relating to video games and HCI: the extension of games (pervasive games), the use of games in non-game contexts, and playful interaction. The use of games in non-game contexts falls into full-fledged games (serious games) and game elements, which can be further differentiated into game technology, game practices, and game design. The latter refers to "Gamification" »*. (2011, p. 5).

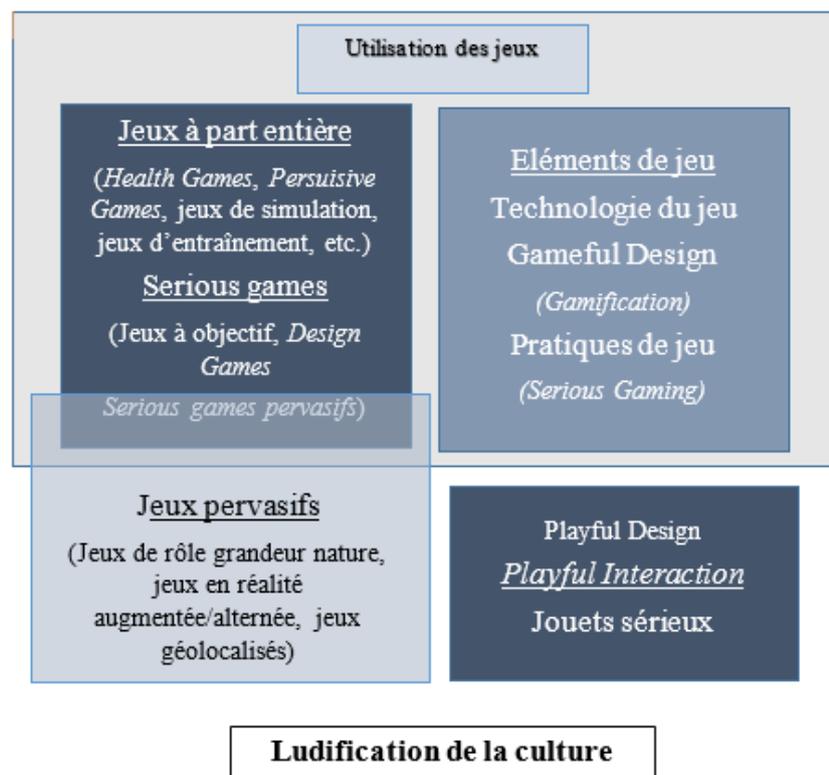


Figure 5 : Ludification de la culture d'après Deterding et al. (Deterding, Dixon, Khaled, Nacke, 2014)

Cette première approche permet de comprendre que la ludification aurait pour but de rendre ludique une expérience qui ne l'est pas. Cette idée n'est pas nouvelle selon Koivisto (2017) ou encore Marache-Francisco et ses collaborateurs (2015). Dès les années 1950, les domaines du management et du marketing tentaient déjà de fidéliser leurs clients en les faisant participer à des expériences ludifiées par des programmes de cumul de points, par exemple, leur permettant d'obtenir réductions et autres récompenses. Puis dans les années 1980, ce concept fut étendu au monde du travail afin de rendre les tâches ingrates plus motivantes pour les ouvriers, l'objectif à terme étant d'augmenter les rendements (Koivisto, 2017; Marache-Francisco & Brangier, 2015). C'est d'ailleurs une des critiques qui est faite à la ludification, à savoir l'approche behavioriste du concept focalisée sur les renforcements, dans des domaines d'activités variés y compris dans le milieu éducatif (Bonenfant, Genvo, 2014). Pour Triclot (2011, p. 234), ce concept de *gamification* reposerait sur « *un mépris total du médium, réduit à des mécaniques pavloviennes* », fondé selon Silva (2013, p. 16) sur la « *croyance en la capacité d'un dispositif (matériel + règles) à induire un comportement et des états psychologiques donnés* ». Pour Silva (Ibid.), il s'agirait en fait d'une « *vision réductrice du jeu focalisée sur le « game/gaming » et non le « play/playing »* », c'est-à-dire reposant finalement sur l'acception que l'ajout d'éléments de jeux à des ressources pédagogiques, permettrait à l'apprenant d'adopter une attitude ludique au contact de ces ressources ludifiées. Or, comme le souligne Brougère et al. (2015), chaque individu peut avoir une expérience différente du jeu. Par exemple, les échecs peuvent être une source de plaisir pour certains et être considérés comme *ludiques*, ou au contraire être une source d'ennui voire d'énervement pour d'autres et n'avoir par conséquent rien de *ludique*. L'autre critique qui est faite de la *gamification*, c'est le fait qu'elle présuppose que l'acte d'apprendre puisse être rébarbatif, voire ennuyeux (Savignac et al., 2017; Silva, 2013).

Bonenfant et Genvo (2014) constatent que la plupart des études sur ce sujet utilisent de façon équivalente ludification et *gamification* alors même que dans la littérature anglophone une distinction est faite. La *gamification*, selon les explications de Deterding et al. (2011), n'est qu'une composante du concept beaucoup plus global de ludification. La figure 5 (cf. page précédente), illustre la distinction implicite qui est faite entre ce qui se rapporte au *game* d'un côté et ce qui se réfère au *play* de l'autre. La distinction de ces deux termes anglophones, qui

n'existe pas en français, mérite que nous nous y attardions et que nous précisions, autant que possible, ce qu'est un jeu et ce qui ne l'est pas.

Pour McGonigal (2011), un jeu serait constitué des quatre composantes suivantes : un but, des règles, un système de feedback et une participation volontaire. Le but représente l'objectif que les joueurs poursuivent, il oriente leur participation tout au long de l'activité et leur donne « *a sense of purpose* » ; les règles permettent de cadrer l'activité des joueurs de façon à ce qu'ils puissent atteindre leur but, « *They unleash creativity and foster strategic thinking* » ; le système de feedback a pour but d'informer les joueurs sur le chemin qu'il leur reste à parcourir pour atteindre l'objectif initial. Il peut prendre différentes formes (points, niveaux, barres de progression). Il rassure le joueur en lui montrant que l'objectif est atteignable et le motive, l'encourage à poursuivre sa tâche. Quiconque participerait à un jeu, en accepterait le but, les règles et connaîtrait la signification du système de feedback choisi (Ibid.).

Pour Kapp (2012, 2013), la *gamification* emprunte au jeu différents éléments tels que les badges ou les points, par exemple, mais en diffère dans la mesure où elle vise à engager l'élève dans l'acte d'apprendre, alors que le jeu sert surtout à le divertir. Par ailleurs, selon la définition du jeu de McGonigall (Ibid.), les élèves, contrairement aux joueurs ne sont pas systématiquement volontaires, ce qui conduit à se demander s'ils partagent les mêmes buts, les mêmes problèmes (problématique didactique de la problématique¹⁹) et acceptent les mêmes règles. Ce projet de thèse s'inscrit dans cette acception de *gamification* et non celle de ludification.

Selon Koivisto (2017), deux acceptions ont été largement adoptées dans la littérature académique pour définir la *gamification*, celle de Deterding et al. (2011) pour lesquels il s'agit de l'utilisation d'éléments de jeu dans un contexte non-jeu, et celle de Huotari et Hamari (2012, 2017) qui l'envisagent comme un procédé permettant aux individus de percevoir de nouvelles potentialités ou « affordances » de satisfaire un besoin. Pour Koivisto (2017) et Philipette (2014), cette distinction faite par Deterding et al. (2011), entre ce qui relève du jeu et ce qui relève du non-jeu, est problématique. Deterding et al. (Ibid.) fondent leur définition sur le concept de jeu développé par Caillois (1958), pour lequel il existerait une distinction entre le *paidia* (ou *playing*) qui correspondrait au jeu libre non structuré et le *ludus* (ou *gaming*) qui correspondrait quant à lui au jeu régi par des règles. Philipette (2014) préfère se référer à Henriot

¹⁹ Comment faire pour que le problème posé par l'enseignant soit aussi celui de l'élève ?

(1990) pour lequel cette distinction faite par Caillois (Ibid.), dans le but de catégoriser les différents types de jeu, ne nous permet pas d'accéder à l'esprit du jeu « *The Play Thinking* ». Cet esprit du jeu dont parle Henriot (1989) correspondrait à ce qu'il nomme « *The Game Illusion* », c'est-à-dire l'idée selon laquelle lorsqu'un individu commence un jeu il sait d'avance qu'il ne s'agit que d'un jeu, mais pour autant il en accepte les règles et adapte ses comportements en fonction de ces dernières. Cette « *Game Illusion* » lierait en quelque sorte les concepteurs du jeu aux joueurs. C'est pourquoi, selon cet auteur, les concepts de *game* et de *play* ne peuvent être séparés puisqu'ils sont complémentaires dans l'acte de jouer. Ils inscrivent donc les comportements motivés dans une dimension écologique du jeu, prenant en compte à la fois les règles imposées par ses concepteurs, les objectifs que se fixent les joueurs, mais aussi les interactions entre joueurs qui peuvent réguler les comportements au cours de la partie.

Selon l'approche d'Huotari et Hamari (2012, 2017), la *gamification* correspondrait à l'implémentation d'affordances motivationnelles, c'est-à-dire à l'implémentation d'éléments de *design* permettant aux joueurs de découvrir comment satisfaire leurs besoins psychologiques dans le but de déclencher leurs comportements motivés. Ainsi dans cette approche, points, tableaux de bord, badges, niveaux, buts, récompenses, barres de progression et challenges, agiraient comme des patterns informant l'individu sur les possibilités qui s'offrent à lui de se sentir compétent et/ou autonome et/ou d'appartenir à un groupe, et déclencheraient son comportement motivé (Deterding et al., 2011; Nicholson, 2012; Zhang, 2008).

Un EIAH gamifié viserait ainsi plusieurs objectifs (Kapp, 2012, 2013) : rendre l'apprentissage plus facile d'un point de vue cognitif et émotionnel, permettre des feedbacks automatiques, personnaliser et individualiser l'apprentissage, favoriser les comportements motivés pour réaliser les tâches demandées et ainsi rendre l'élève actif de son apprentissage pour favoriser l'acquisition de notions ou acquérir des automatismes, séquencer les étapes importantes d'une tâche complexe pour en faciliter sa compréhension. Selon Kapp (2012, 2013), il existerait deux types de *gamification* : la *gamification* structurelle qui consiste en l'ajout d'éléments de jeu à une situation d'apprentissage, permettant une structuration du jeu en lui donnant des règles (obtenir des points à chaque activité proposée, valider un niveau à partir d'un certain nombre de points, obtenir un badge attestant de notre maîtrise d'un concept et correspondant à l'atteinte d'un certain nombre de niveaux), mais sans modification du contenu d'apprentissage ; la *gamification* de contenu qui consiste à modifier un contenu d'apprentissage dans le but de le rendre comparable à un jeu (ex. *serious game*).

La *gamification* structurelle peut revêtir différentes formes du fait du nombre important d'outils, d'éléments disponibles, ce qui nécessite de la définir en amont dans les objectifs visés. Kapp (Ibid.) en identifie cinq :

- « *The Game-based Gamification* » qui consiste à engager les apprenants dans de petits jeux sans lien avec le contenu dans le but de saisir leur attention, provoquer chez eux un sentiment de *flow* (Csikszentmihalyi, 1990),
- « *The Competition-based Gamification* » qui crée de la compétition entre individus dans le but de les motiver à se surpasser. Cette forme de *gamification* peut avoir un effet négatif sur ceux qui sont en échec et les démotiver, effet pouvant être déjoué par la constitution d'équipes,
- « *The Progression-based Gamification* » qui montre aux élèves leurs progrès en fonction des objectifs qu'ils s'étaient fixés, ou leur progression par rapport à celle des autres,
- « *The Badge-based Gamification* », utile pour les élèves motivés à satisfaire leur besoin de compétence,
- « *The Performance-based Gamification* » qui mesure concrètement ce que fait l'élève et le récompense en fonction. Ce type de *gamification* vise la performance et la productivité.

Les auteurs précités font tous référence à la notion d'élément de jeu qu'il convient à ce stade de définir. Plusieurs tentatives de classifications ont été envisagées dont celle de Sailer et al. (2014) qui tient compte de leur aspect motivationnel :

- Les points, dans une approche behavioriste, sont des moyens efficaces et immédiats de renforcer un comportement. Ils représentent des récompenses virtuelles aux actions réalisées et donc participeraient au sentiment de compétence.
- Les badges, seraient des représentations virtuelles de réussite. Ils auraient une fonction de but dans une approche cognitive et permettrait la satisfaction du besoin de compétence. Visibles par tous et reconnus de tous, ils permettraient une forme d'identification au groupe et participeraient de fait à la satisfaction du besoin d'appartenance.
- Les tableaux de bord, informeraient les apprenants de leurs succès. Selon Sailer et al. (Ibid.), le fait de ne jamais être à l'honneur dans ces tableaux pourrait démotiver les élèves mais augmentait le sentiment de compétence de ceux qui sont dans le top du

classement. Quant aux tableaux, qui donnent un résultat par équipe, ils favoriseraient le sentiment d'appartenance.

- Les barres de progression ou graphiques de performance, focalisés sur les performances individuelles par rapport aux objectifs fixés en amont, permettraient de donner un feedback à l'apprenant. La barre de progression permettrait de visualiser de façon claire le but à atteindre et le graphique comparerait performance réelle et performance prévue, ce qui donnerait à la fois une idée de progrès et favoriserait les buts de maîtrise. Ils influeraient sur le sentiment de compétence.
- Les quêtes représenteraient de petites tâches permettant d'obtenir des récompenses additionnelles. Leurs buts sont clairs et leurs conséquences directement perceptibles. Elles agiraient donc sur le sentiment de compétence.
- Des histoires ayant du sens pour l'apprenant, qui puissent s'adapter aux intérêts de chacun, du contexte et participer ainsi au développement du sentiment d'autonomie (choix possible) et des sentiments positifs.
- L'avatar serait une représentation virtuelle de l'apprenant. En le choisissant, ce dernier pourrait faire preuve d'autonomie. Le fait de le faire progresser développerait chez l'apprenant des sentiments positifs.

Comme le constatent Marache-Francisco et Brangier (2015), les procédés de *gamification* ne sont pas que de simples éléments graphiques : ils permettent de satisfaire des besoins psychologiques différents et donc des motivations et comportements différents (Hamari et al., 2014). A chaque élément graphique de jeu correspondraient ainsi des mécaniques et dynamiques de jeu différentes. Ces auteurs identifient ainsi 8 éléments favorisant les comportements motivés :

- Les objectifs : permettraient à l'élève de se fixer des buts, et d'adopter un comportement motivé lui permettant de les atteindre
- Les points : agiraient comme des indicateurs de réussite et de progression
- Les rangs : permettraient à l'élève de se positionner par rapport aux autres
- Les badges : récompenseraient un niveau de score et donc la maîtrise d'une notion
- Les récompenses : agiraient comme des symboles de réussite visibles de tous
- Les résultats : affichés aux yeux de tous permettraient à l'élève de se positionner par rapport aux autres
- Le storytelling : interagirait entre le script et le design pour motiver l'élève

- Les challenges : permettraient à l'élève de se mesurer aux autres

Pour Hamari et al. (2014), les éléments de jeux les plus souvent utilisés sont les points, les tableaux de progression, les badges, les niveaux, les histoires ou thèmes, les buts clairs, les feedbacks, les récompenses, les barres ou graphiques de progression et les challenges. Ces différentes classifications permettent de comprendre que les éléments issus des jeux, et implémentés dans des contextes non-jeu comme une activité d'apprentissage par exemple, ne peuvent être dissociés des effets qu'ils produisent sur leurs utilisateurs. C'est une des raisons pour lesquelles l'« écologie du jeu » (Henriot, 1989) semble fondamentale, en considérant la *gamification*, non pas comme un simple ajout d'éléments de jeu, mais comme un médium permettant le déclenchement d'une dynamique interrelationnelle sujet-environnement. D'ailleurs, comme nous le verrons dans le chapitre 3 (p. 44), des effets contrastés sont constatés entre élèves suivant l'élément de jeu reçu (Hamari et al., 2014), du fait de besoins psychologiques et de motivations à agir différents, mais aussi suivant le contexte étudié, la durée de l'expérimentation (Koivisto & Hamari, 2014), etc. C'est la raison pour laquelle les études actuelles préconisent à la fois une adaptation statique de la *gamification* (Kickmeier-Rust et al., 2014; Roosta et al., 2016), c'est-à-dire la prise en compte en amont de l'activité, des motivations à agir et du profil de joueur de l'élève ; mais aussi une adaptation dynamique (Morie & Goore, 2018) pour compte des fluctuations possibles de la motivation et plus largement du comportement motivé des élèves (Lazzaro, 2004; Whitton, 2011) et de les réengager dans l'activité.

4. Synthèse

S'inscrire dans une approche écologique implique la prise en compte des interrelations entre un sujet et les propriétés perçues au sein du contexte pour agir. L'environnement se caractérise alors par les relations dynamiques entre sujet et un des composants présents dans cet environnement qu'il soit biotique (un autre être vivant) ou/et abiotique (un être non vivant). Ainsi considéré, l'environnement ne se limite pas au contexte, ou dans notre cas, à une « écologie de la classe » (Doyle, 1986), puisqu'il n'y a pas d'extériorité. Cet environnement ne se limite pas à une « écologie de la classe » (Doyle, 1986), puisque l'élève peut aussi être influencé par d'autres microsystèmes tels que la famille ou la société dans laquelle il vit (Bronfenbrenner, 1979). Lorsque l'étude concerne un EIAH gamifié, l'environnement informatique est aussi un environnement tel que décrit précédemment. Il porte en lui un

potentiel d'interrelations au sein d'une situation spécifique (le microsystème « classe » par exemple) et ne caractérise donc pas uniquement par son projet de conception mais aussi par ce que le sujet perçoit, en situation, comme répondant à ses besoins et à ses propres capacités d'agir. C'est pourquoi l'étude d'un EIAH gamifié, positionnée dans une approche écologique, ne peut se limiter à une prise en compte du contexte qui serait extérieur au sujet et se réduire au strict impact des éléments de jeu comme s'ils étaient isolés du monde (cf. chapitre 3, section 2, p. 48). Il semble possible de situer les interrelations d'un sujet (pour nous l'élève) dans un ontosystème et un chronosystème prenant en compte les caractéristiques de l'élève à un instant t (Bronfenbrenner, 1979), son rapport à l'EAIH mais aussi son rapport à l'enseignant, etc. Ce « focus », d'un élève compris au sein d'une activité au sens holistique (Engeström, 1987), permettrait ainsi d'identifier les conditions favorables au développement de la motivation des élèves et, plus spécifiquement, au comportement motivé d'un élève (cf. chapitre 2 ci-après). En effet, l'écologie des perceptions (Gibson, 1979 ; Koffka, 1935 ; Köhler, 1964 ; Lewin, 1936), tout comme l'approche instrumentée (Rabardel, 1995), ou l'approche écologique du jeu (Henriot, 1990), suggèrent que tout comportement est issu de la perception d'une possibilité d'agir en situation et d'une nécessité de satisfaire un besoin. Si cette perception peut être étudiée du point de vue comportemental (perceptivo-moteur) ou cognitif (perceptivo-sémiotique), elle permet d'identifier une situation de déséquilibre (plus ou moins consciente) entre l'action humaine et ce qui lui offre un contexte. Ce déséquilibre est clairement mentionné lors de la conception d'un EIAH gamifié puisqu'il s'agirait de motiver l'individu à agir, un des processus fondamentaux du développement humain (cf. chapitre 2 ci-après).

Chapitre 2. L'approche écologique du comportement motivé

Comme nous le verrons dans ce chapitre, les travaux sur le comportement motivé positionnent la motivation comme située et adaptative tant du point de vue intrapersonnel qu'interpersonnel de l'élève à son environnement (cf. section 1, ci-dessous). Plus spécifiquement, la théorie de l'autodétermination s'appuie sur l'idée que tout être humain cherche à satisfaire des besoins psychologiques (cf. section 2, p. 36), et qu'en fonction des possibilités qu'il perçoit dans son environnement de les satisfaire, il adapte son comportement, de façon plus ou moins autonome ou régulée (cf. section 3, p. 39).

1. Le comportement motivé : entre variations intra et interpersonnelles

Les premières études sur le comportement considèrent que les variations de comportements observées chez l'animal, puis chez l'humain, s'expliqueraient, en partie, sous l'effet de « *drives* » internes au sujet (Woodworth, 1918), c'est-à-dire d'énergies plus ou moins dynamisantes, modulant le comportement. Dans cette première approche, le sujet est « passif », puisqu'il subit les effets de ces énergies internes (Darwin, 1859) dont la libération s'expliquerait, selon Hull (1943), par des déficits – ou besoins – physiologiques, que l'organisme tenterait de rétablir. Ce type d'études est donc davantage centré sur une compréhension des mécanismes internes au sujet, étudiés de façon décontextualisée, c'est-à-dire sans prendre en compte les effets potentiels de l'environnement, ni les raisons qui poussent les individus à agir.

Les recherches actuelles sur la motivation sont orientées sur la réponse à des besoins ; besoin compris comme « *processus psychologique responsable du déclenchement, du maintien, de l'entretien ou de la cessation d'une conduite* »²⁰. Ainsi, dans le domaine de la psychologie cognitive, et plus spécifiquement de celui de la théorie de l'autodétermination (Deci & Ryan, 2000), distinction est faite entre les motivations dites « intrinsèques », motivant l'individu à agir par plaisir, de celles dites « extrinsèques », qui le motivent davantage à agir dans l'espoir d'en tirer un quelconque bénéfice.

²⁰ <https://www.universalis.fr/encyclopedie/motivation-psychologie/>

Les travaux sur la motivation intrinsèque débutent dans les années 1970 (Deci, 1971, 1972 ; Kruglanski, Friedman, Zeevi, 1971; Lepper, Greene, Nisbett, 1973). Ils s'inscrivent, d'une part, dans la continuité de ceux de White (1959) qui constate que si les individus s'engagent dans une activité c'est avant tout pour se sentir compétents ; et, d'autre part, dans ceux de De Charms (1968) sur l'« agentivité » qui caractérise la faculté des individus à agir sur leur environnement et à le modifier. L'agentivité suppose, selon cet auteur, que les individus sont libres d'agir à leur guise, selon leur propre volonté. Or pour Bandura (2001), l'agentivité d'un « agent », c'est-à-dire de celui qui agit, ne peut être décontextualisée : l'agent ne peut en effet agir sans tenir compte de contraintes personnelles – comportementales – environnementales. Nous retrouvons ici, pour partie, des similitudes avec le courant phénoménologique de la Gestalt qui suggère que les comportements des individus, mais aussi la façon dont ils manipulent les artefacts qui les entourent, seraient conditionnés par les caractéristiques propres de ces derniers, qui agiraient comme de véritables « signaux », informant l'individu sur les propriétés proprioceptives de son environnement lui permettant d'éventuelles possibilités d'action (Werner, 1935). Cependant, le fait que l'environnement et les artefacts qui le composent aient des propriétés spécifiques, ne suffirait pas à expliquer le déclenchement du comportement (Köhler, 1964). La perception humaine des possibilités permettant le déclenchement d'un comportement serait davantage dépendante d'un « vecteur intérêt », lié à la capacité d'un individu de se fixer un but, ce que Leontiev (1978) analyse comme sa capacité à satisfaire un motif. D'autres chercheurs pensent que c'est la volonté même de l'individu qui serait à l'origine de tout comportement et préfèrent parler de volition (Bergson, 1888; Kuhl, 1987). Dans le courant de la Gestalt, la perception ne peut être séparée de l'expérience (Koffka, 1935). Elle est par conséquent « située » par un sujet doté d'une culture spécifique, ce que Lewin (1936) nomme « *Lebensraum* », puisque l'individu et les artefacts qui l'entourent font partie d'une même niche écologique²¹. Dans cette approche, les variations de comportements s'expliqueraient davantage par une variation des besoins des individus et de la perception des potentialités offertes par l'environnement pour répondre à ces besoins, appelés « affordances » (Gibson, 1979). L'affordance, littéralement « permettre » ou « offrir », vise à théoriser l'écologie comme la relation sujet/objet ou sujet/sujet ou sujet/objet/sujet à partir d'un être vivant qui perçoit sa propre capacité à agir. Si un ensemble de possibilités lui sont offertes dans une situation donnée (invariants environnementaux), sa perception dépend de sa capacité à se projeter dans l'action, où tous composants perçus peuvent l'informer sur une des propriétés

²¹ Une niche écologique caractérise un environnement dans lequel des sujets biotiques et non biotiques cohabitent en percevant des possibilités d'interagir et d'exercer leurs propres capacités.

de l'environnement (pattern d'information). Ainsi percevoir une possibilité n'est pas forcément actualiser cette possibilité notamment du fait des propriétés des conditions socioculturelles (Morgagni, 2011; Niveleau, 2006). De manière plus générale, les premières recherches sur la motivation, qu'elles soient comportementales ou/et perceptives, montrent que les variations motivationnelles entre individus peuvent se traduire en termes de motifs, besoins individuels les orientant, perceptions des potentialités offertes, volition assurant leur persistance, et *drives* modulant leur intensité.

Selon la théorie de l'autodétermination (Deci, 1975), les comportements intrinsèquement motivés seraient des comportements basés sur le sentiment de compétence et l'autodétermination de l'acteur. Ce début de définition sous-entend que les comportements intrinsèquement motivés ne dépendraient pas de renforcements comme le suggérait Skinner (1953) dans son approche comportementaliste, puisque le fait de réaliser une activité par plaisir constituerait en soi une forme de récompense (Deci & Ryan, 2000). Par ailleurs, Deci et Ryan (Ibid.) font le constat suivant: « *Intrinsically motivated activities are not necessarily directed at satisfaction of these needs per se, and behaviors that are directed at satisfaction of these needs are not necessarily intrinsically motivated* » (p.7). En d'autres termes, un individu intrinsèquement motivé s'engagerait dans une activité par choix, librement, et la persistance de son comportement nécessiterait qu'il se sente compétent et autonome.

Vallerand et Blais (1987), pour répondre aux suggestions de Deci (Ibid.) de différencier différents types de motivation intrinsèque, et de ne plus la considérer comme un construit global, vont proposer une taxonomie tripartite de la motivation intrinsèque. Ils distinguent notamment trois dimensions intrinsèques de la motivation :

- a) La Motivation Intrinsèque à la Connaissance caractérise une personne réalisant une activité pour le plaisir et la satisfaction qu'elle a de réaliser quelque chose de nouveau, reprenant des concepts du milieu scolaire comme l'exploration (Berlyne, 1971), la curiosité (Condry, 1987; Harter, 1981), les buts intrinsèques à apprendre (Dweck, 1985), la motivation intrinsèque intellectuelle (Lloyd, Barenblatt, 1984), la motivation intrinsèque à apprendre (Brophy, 1987), le désir de connaître (Kagan, 1972) ou la recherche de sens (Maddi, 1970; Suchman, 1971; Taylor, 1983) ;
- b) La Motivation Intrinsèque à l'Accomplissement anime une personne qui réalise une activité pour le plaisir qu'elle ressent à relever un défi, et qui repose sur l'effectance (White, 1959), la motivation intrinsèque à maîtriser une tâche (Harter, 1981; Kagan,

1972), la recherche de compétence associée à une tâche (Nicholls, Maehr, 1980; Nicholls, 1984), se sentir compétent (Deci, 1975; Deci, Ryan, 1985) ou créer des réalisations uniques (Amabile, 1985; Amabile, 1983) ;

- c) La Motivation Intrinsèque aux Sensations ou à la Stimulation, plus particulièrement orientée vers les sensations spéciales telles que l’amusement, l’excitation (Reeve, Cole, Olson, 1986), l’esthétisme (Berlyne, 1971) ou le sentiment de *flow* (Csikszentmihalyi, 1990; Heutte, 2017), particulièrement étudié dans les études portant sur la *gamification*. Le *flow* peut se définir par l’état émotionnel dans lequel se trouve un individu qui ressent que les objectifs qu’il s’est fixés sont atteignables. Dans le domaine des EIAH, il serait corrélé positivement au sentiment d’efficacité qui peut être défini comme la croyance qu’a un individu en sa capacité à se motiver, puiser en lui les ressources nécessaires pour contrôler les événements et agir ; ce qui rejoint le concept d’agentivité vu précédemment (Déro & Heutte, 2008, p. 4).

La motivation agirait donc comme une force, orientant par son « vecteur intérêt », le comportement de l’individu. La perception d’un sujet sur ce que lui offre les composants d’une situation permettrait d’expliciter ce qui le pousse à agir, faisant de la situation un environnement dans lequel il persisterait sous l’effet de sa volition. L’intensité du comportement dépendrait, quant à lui, de la satisfaction de ses besoins psychologiques, comme nous le verrons dans la section suivante (cf. section 2, ci-dessous).

2. La notion de besoins psychologiques pour qualifier les raisons du comportement motivé

Parmi les premières théories s’intéressant aux besoins des individus, Deci et Ryan (2000) identifient la psychologie expérimentale hullienne (Hull, 1943) et les travaux de Murray (1938). La première considère que les besoins sont physiologiques et innés, et que tout déficit du système non nerveux permet à l’organisme d’agir. L’individu qui serait par exemple assoiffé, chercherait un moyen de satisfaire cette soif et agirait en fonction. Ce comportement pourrait donc être prédit par le stimulus-réponse associé. Or, pour la théorie de l’autodétermination actuelle, cela n’explique pas les comportements spontanés tels que l’exploration par curiosité ou l’investigation par manipulation (Ryan & Deci, 2000). Murray (1938) quant à lui, a une approche psychogénique du besoin, proche du socioconstructivisme de Vygotsky (1930). Il considère que le développement humain repose sur deux processus de développement

psychique : un processus de développement biologique, inhérent à l'espèce humaine, et un processus de développement sociohistorique, caractéristique de l'humain culturellement évolué²². Selon Murray (1938), il s'agirait d'une force organisant la perception, l'aperception, la conation et l'action dans une certaine direction. Autrement dit, le déséquilibre conscientisé de ces besoins, déclencherait la recherche dans l'environnement proche de l'individu, des possibilités de les satisfaire, pour finalement rétablir un certain équilibre.

La théorie de l'autodétermination s'intéresse, tout particulièrement, aux besoins psychologiques fondamentaux des individus qui permettent d'expliquer le « pourquoi » des comportements motivés. Deci et Ryan (2000) les définissent comme, « *Innate psychological nutrients that are essential for ongoing psychological growth, integrity and well-being* » (p. 3). Chacun de ces besoins jouerait un rôle dans le développement optimal de l'individu. La négligence de l'un d'entre eux aurait des répercussions négatives, notamment en termes de croissance psychologique et de bien-être. Les comportements motivés dépendraient de la satisfaction de trois besoins psychologiques : a) les besoins d'autonomie, b) de compétence et c) d'appartenance (Ryan & Deci, 2000).

a) Le besoin de compétence concerne la propension à la compétence ou d'effectance (White, 1959). Il correspond au sentiment d'interagir avec son environnement pour y exercer ses propres capacités (Deci, 1975), d'atteindre un résultat avec le sentiment d'avoir été efficace (Bandura, 2001; Bandura et al., 1977; Deci et al., 1991; White, 1959). Pour Bandura (2001, 1977), le sentiment d'efficacité personnelle d'un individu se développerait à partir de ses expériences, de la perception de réussite qu'il aurait des autres individus lui laissant le sentiment que lui aussi peut réussir, de la persuasion sociale c'est-à-dire des encouragements ou au contraire des découragements de son entourage. Ce sentiment serait soumis à des facteurs physiologiques et émotifs. Ce sentiment d'efficacité s'inscrit dans une théorie sociale cognitive qui s'appuie sur les concepts de soi, d'estime de soi et d'identité de soi, développés par Rosenberg (1965). Autrement dit, les interactions de l'individu avec son environnement, ses réussites et échecs, façonneraient son sentiment d'efficacité personnelle et son sentiment de compétence.

²² D'ailleurs Nagels (2008, p. 7) note que les individus sont à la fois des producteurs et des produits sociaux. Ils « influent sur leur qualité de vie et sur leur environnement » par « procuration, c'est-à-dire dans l'attente que les actions des autres aient des répercussions sur les buts que l'on poursuit, et de manière collective, lorsque les actions de chacun sont coordonnées dans un groupe.

b) Le besoin d'autonomie représente le sentiment que l'individu a d'être à l'origine des intentions et des actes qu'il exécute (Angyal, 1965; De Charms, 1968; Deci, Ryan, 1985; Deci & al., 1991; Ryan, Connell, 1989) et fait référence au concept de volition (Kuhl, 1987). Pour James (1890), la volition serait un processus qui traduit le passage de l'intention à l'acte. Il se décomposerait en quatre temps : l'appréhension, la délibération, la décision et l'exécution de l'action. Ach (1910) l'envisage davantage comme un processus permettant le maintien des décisions. Autrement dit, pour se sentir autonome, l'individu devrait pouvoir exercer son libre-arbitre et s'engager librement dans une activité. La perception de ce sentiment lui permettrait d'être motivé à agir et de persister dans l'adoption d'un comportement autonome.

c) Le besoin d'appartenance, ou de filiation, correspond au besoin d'appartenir à un groupe permettant de développer des liens sécurisants, comme les sentiment d'aimer et de prendre soin de quelqu'un d'autre que soi (Baumeister, Leary, 1995; Harlow, 1958; Bowlby, 1958; Ryan, 1983). La théorie de l'autodétermination considère, en effet, que les humains, en tant qu'individus sociaux, ont besoin de se sentir soutenus, ne serait-ce que pour ressentir qu'ils font partie d'une même niche écologique sécurisante, dans laquelle ils peuvent s'épanouir librement.

Ainsi une des thèses centrales de la théorie de l'autodétermination est qu'une fluctuation d'un des trois besoins psychologiques fondamentaux peut avoir des répercussions sur la santé, c'est-à-dire sur l'affect, l'absence ou présence de vitalité, la flexibilité psychologique et le sentiment de bien-être (Deci, Ryan, 2000). Ceci a été corroboré par plusieurs autres études (Reis, Sheldon, Gable, Roscoe, Ryan, 2000; Sheldon, Ryan, Reis, 1996). Cette approche du besoin s'inscrit donc dans une perspective organismique qui suppose que les êtres humains sont enclins naturellement à s'engager dans des activités qu'ils jugent intéressantes dans le but d'exercer leurs compétences, de rester « connectés » avec les autres membres du groupe, de vivre et partager des expériences. Cette approche se différencie ainsi des théories sur le *drive* (Hull, 1943) qui n'envisagent que l'aspect inné du comportement. Dans cette perspective, les variations de motivations et de comportements motivés entre individus s'expliqueraient par des variations des besoins psychologiques, des buts qu'ils se fixent pour les satisfaire, mais aussi par une régulation du comportement différente selon l'environnement considéré, comme nous le verrons dans la section suivante (cf. section 3, ci-après).

3. La régulation du comportement motivé ou la prise en compte des contraintes environnementales et des buts intrinsèques

Contrairement aux théories de la personnalité (McClelland, 1985; Murray, 1938), la théorie de l'autodétermination ne cherche pas à identifier les différences innées de régulation du comportement, mais elle s'intéresse aux répercussions en termes de régulation du comportement et de motivations intrinsèques. Elle s'inscrit dans une évaluation cognitive du comportement. Elle montre notamment qu'en fonction du contexte (contrôlant, stimulant, empêchant), mais aussi des buts que se fixe l'individu, l'effort pour satisfaire les besoins psychologiques individuels serait graduel et des processus défensifs ou auto-protectifs seraient engagés. Pour Deci et Ryan (2000), ces régulations du comportement engendreraient une compartimentation cognitive chez l'individu avec des conséquences directes sur la psyché humaine, pouvant laisser des traces par la suite. En d'autres termes, ces régulations répétitives auraient des conséquences sur les manifestations conscientes et inconscientes de l'individu, façonnant peu à peu sa personnalité (Guay, Mageau, Vallerand, 2003). Elles participeraient également à la transmission de patterns culturels (Inghilleri, 1999), c'est-à-dire à la transmission de régularités caractéristiques de l'environnement dans lequel s'inscrit l'individu.

Les premières expériences vont s'intéresser au rapport qui existe entre autonomie, compétence et motivation intrinsèque. Deci (1972, 1971) va notamment constater que les récompenses ont un impact négatif sur la motivation intrinsèque puisqu'elles agissent comme des facteurs contrôlants. Les feedbacks positifs augmenteraient la motivation intrinsèque (Boggiano, Ruble, 1979; Deci, 1971) alors que ceux négatifs la dégraderaient (Deci, Cascio, 1972; Vallerand, Reid, 1984). Selon Deci et Ryan (2000), la motivation intrinsèque serait optimale lorsque les besoins d'autonomie et de compétence seraient satisfaits. La théorie de l'autodétermination postule que la compétence perçue serait nécessaire à tous types de motivation alors que l'autonomie perçue serait propre à la motivation intrinsèque.

Deci (1972, 1971) suppose aussi que la motivation intrinsèque pourrait être influencée par la perception du locus de causalité (De Charms, 1968; Heider, 2013) et par la perception de compétence. La perception de locus de causalité correspond à la perception qu'un individu a du degré d'intentionnalité de ses actes, intentionnalité pouvant être intrapersonnelle (faisant référence à « l'auto »), et/ou interpersonnelle (Ryan, Connell, 1989; Vallerand, Reid, 1984). Pour la théorie de l'autodétermination, plus les causes interpersonnelles externes seraient internalisées, plus l'autorégulation interne serait importante. En d'autres termes, plus l'individu percevrait que les contraintes externes peuvent potentiellement satisfaire l'un de ses besoins

psychologiques, plus il serait en mesure de réguler son comportement pour satisfaire l'un d'entre eux (Deci et al., 1991)²³.

L'internalisation serait un processus « naturel » qui, pour fonctionner, devrait satisfaire au moins l'un des trois besoins psychologiques susmentionnés. Le degré d'internalisation dépendrait alors du degré de satisfaction de ces besoins. Une internalisation optimale correspondrait à une régulation externe pleinement intégrée dans le soi (Haywood, Burke, 1977; Lloyd, Barenblatt, 1984; Pintrich, De Groot, 1990; Ryan, Deci, Grolnick, 1995). Elle implique que les individus soient en mesure de faire preuve d'auto-concordance, c'est-à-dire qu'ils soient capables de réguler leur comportement en fonction de leurs valeurs et principes (Vallerand, 1997). Cette internalisation serait facilitée avec l'âge du sujet et dépendrait de sa maturité psychologique (Chandler & Connell, 1987). Il s'agirait d'un processus proactif propre à chaque individu et à son appréciation de la situation, pouvant être influencé par le regard des autres (Deci, Ryan, 2000).

Cette théorie de l'évaluation cognitive a d'abord été décrite par Cameron et Eisenberg (1996) qui considéraient que les récompenses ne nuisaient pas à la motivation intrinsèque. Aussi, pour vérifier cette hypothèse, Deci, Koestner et Ryan (2001) ont réalisé une méta-analyse (128 études sur les 30 dernières années) montrant qu'effectivement les récompenses au niveau global nuisent peu à la motivation intrinsèque, mais que cet effet masque des variations suivant la nature des récompenses considérées. Ils observent ainsi, que les récompenses verbales ont peu d'effet sur les enfants sauf lorsque l'environnement est contrôlant ; les récompenses tangibles ont des effets négatifs surtout chez les enfants ; les récompenses inattendues n'ont pas d'impact négatif sur la motivation intrinsèque ; les récompenses pour participation détériorent de façon significative la motivation intrinsèque surtout chez les enfants ; les récompenses avec obligation de finir la tâche dégradent la motivation intrinsèque ; enfin, les récompenses avec obligation de performance impactent de façon positive la motivation intrinsèque lorsqu'elles sont interprétées comme des affirmations de compétence, ou négativement lorsqu'elles représentent un moyen de contrôle. Dans tous les cas, il s'agirait de la catégorie de récompenses, la moins envisageable selon ces auteurs, car elle influencerait directement la compétence perçue et l'autodétermination.

²³ Ainsi, dans un environnement d'apprentissage, un élève pourrait tout à fait réaliser une activité qui lui déplaît s'il est conscient des conséquences positives que sa réalisation pourrait engendrer, comme par exemple réviser une leçon pour s'assurer une bonne note à un devoir surveillé.

Pour matérialiser les différents degrés d'internalisation des contraintes externes et les distinguer de la motivation intrinsèque, Deci et Ryan (1985) différencient quatre types de motivation extrinsèque :

- a) La Motivation Extrinsèque à la Régulation Externe qui correspond aux comportements dont la perception du locus de causalité est externe, c'est-à-dire avec une absence totale d'intériorisation dans le soi, pouvant être améliorés par des contingences externes comme les récompenses ou réalisés dans le but d'éviter une punition par exemple ;
- b) La Motivation Extrinsèque à la Régulation Introjectée qui correspond aux comportements réalisés pour éviter la honte ou l'atteinte de l'estime de soi, pour laquelle les contingences sont partiellement externes. Cette motivation extrinsèque n'est pas considérée comme autodéterminée ;
- c) La Motivation Extrinsèque à la Régulation Identifiée qui correspond aux comportements émis par choix dans le but d'atteindre des objectifs précis. Il y a intégration dans le soi, ce qui implique un comportement autodéterminé. Selon Deci & al. (1991), l'identification permet à l'individu d'avoir l'impression de pouvoir choisir et de faire preuve de volition ;
- d) La Motivation Extrinsèque à la Régulation Intégrée est la forme la plus intégrée générant des comportements totalement autodéterminés et autorégulés. La personne agit car l'activité est en accord avec ses valeurs, ses besoins ou sa personnalité. Il s'agit d'une forme de motivation liée au degré de maturation psychique de l'individu observable plutôt chez l'adulte que chez l'enfant, très proche de la motivation intrinsèque. Les deux partagent en effet des formes autonomes d'autorégulation, mais sont différentes dans la mesure où la motivation intrinsèque a trait à l'intérêt de l'activité pour elle-même alors que la motivation extrinsèque à la régulation intégrée correspond à l'intérêt que représente l'activité dans le but d'améliorer ses résultats.

S'ajoute à ces quatre motivations extrinsèques, l'amotivation que Vallerand (1997) définit comme l'absence d'intention d'émettre un comportement, la raison étant que l'individu ne perçoit pas de bonnes raisons de le faire. C'est un concept qui est souvent associé aux notions de « faible ajustement psychologique », de « décrochage scolaire » (Daoust, Vallerand, Blais, 1988; Vallerand, Bissonnette, 1988), ou « d'orientation-impersonnelle » (Deci & Ryan, 1985),

présentant un locus de contrôle externe. Pour Deci, Ryan, Grolnick (1995), l'amotivation induirait de faibles performances académiques.

Afin de présenter les différentes dimensions de la motivation et de mettre en lumière à la fois les processus d'internalisation et de régulation du comportement motivé, Deci et Ryan (2000) ont défini un continuum d'autodétermination et d'internalisation (cf. tableau 1 ci-dessous).

Type de motivation	Amotivation	Motivation extrinsèque				Motivation intrinsèque
Type de régulation	Pas de régulation	Régulation externe	Régulation introjectée	Régulation identifiée	régulation intégrée	Connaissance Accomplissement Stimulation
Locus de causalité	Impersonnelle	Externe	Partiellement externe	Partiellement interne	Interne	Interne
Comportement	Non déterminé	←—————→				Déterminé

Tableau 1: Le continuum d'autodétermination d'après Deci et Ryan (2000)

4. Synthèse

Tout comportement motivé vise à rétablir un besoin d'autonomie, de compétence ou d'appartenance à un groupe. Par un processus plus ou moins abouti d'internalisation des contraintes extrinsèques dans le Soi, le sujet régulerait son action avec plus ou moins d'efficacité et d'autodétermination. Cette internalisation nous l'avons vue (cf. section 3, p. 39) serait optimale à l'âge adulte, et aurait des répercussions sur la personnalité même du sujet (Guay, Mageau, Vallerand, 2003). Autrement dit, les normes incorporées de l'environnement du sujet participeraient à son autodétermination.

Dans une situation d'apprentissage, le fait de se sentir compétent et/ou autonome, influencerait l'autodétermination de l'élève ainsi que ses performances académiques. En effet, plus un élève serait autodéterminé et meilleures seraient ses performances. Son comportement serait également davantage persistant que celui d'un élève peu ou pas autodéterminé.

Le comportement motivé d'un élève dépendrait de la perception qu'il a de la situation et donc de l'environnement qui ne peut être compris qu'à partir des dimensions socioculturelles et organismiques du sujet. Nous verrons dans le chapitre suivant (cf. chapitre 3, p. 44) quels

sont les facteurs pouvant potentiellement influencer le comportement motivé d'élèves dans une situation d'apprentissage médiatisée par un EIAH gamifié.

Chapitre 3. Approche écologique du comportement motivé du point de vue de l'élève

Meirieu et Daviet (2014) disaient que tout l'enjeu de l'éducation était de susciter chez l'élève le plaisir d'apprendre et de le faire accéder à la joie de comprendre. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, le comportement motivé de l'élève dépendrait en partie du plaisir qu'il ressent à entrer dans l'activité et à y rester. Comme nous le verrons, l'entrée dans l'activité d'apprentissage est nécessairement dépendante du rapport qu'entretient l'élève avec l'objet de savoir, dans notre cas les mathématiques, qui pourrait être lui-même influencé par la perception qu'en ont les sujets dans la « sphère familiale » et, plus généralement, par celle qu'en a le groupe socioculturel d'appartenance de l'élève (cf. section 1, ci-après). Par ailleurs, l'entrée de l'élève dans une activité médiatisée et médiée par un EIAH gamifié, dépendrait aussi de son rapport à la *gamification*, qui peut être lui aussi influencé par son profil motivationnel et son profil de joueur (cf. section 2, p. 48, cette entrée dans l'activité d'apprentissage dépendrait du degré de liberté perçu par l'élève dans l'environnement d'apprentissage, c'est-à-dire de la perception de sa capacité à agir, de ses compétences et de son autonomie qui influenceraient l'orientation donnée à ses comportements (cf. section 3, p.54).

1. Variations interindividuelles de la motivation appliquées aux mathématiques

Le comportement motivé est considéré comme situé (Boekaerts, 2001; Bouffard et al., 2004) à un contexte, un espace-temps, mais aussi dans le cas d'une situation d'apprentissage à l'objet de savoir étudié et à certaines caractéristiques de l'élève.

Pour l'enseignement des mathématiques (objet de cette recherche), Nimier (1976) et Blanchard-Laville (1981) constatent que les élèves auraient une appréhension à s'engager dans les activités demandées par peur de se sentir incompetents, sentiment véhiculé par de fausses représentations d'une attribution innée de l'échec. L'aversion de certains élèves pour cette discipline s'expliquerait par son côté abstrait et difficile à conceptualiser (Lafortune, 1992). Lafortune, Mongeau et Pallascio (2002), sur la base de ces résultats, montrent que les croyances et préjugés à l'égard des mathématiques auraient des conséquences sur leur apprentissage

notamment en termes de réactions affectives, concept de soi et croyances attributionnelles de contrôle.

Il est aussi constaté des différences de comportements différents suivant la variable sexe de l'élève. Les garçons auraient une motivation intrinsèque supérieure pour les mathématiques à celle des filles quel que soit l'âge considéré et la motivation intrinsèque de ces dernières décroîtrait avec l'âge, alors que les garçons réussiraient mieux au départ (à l'élémentaire) mais moins bien que les filles par la suite (au collège). Par ailleurs, la motivation intrinsèque pour les mathématiques serait corrélée de façon positive à la réussite académique en mathématiques quel que soit le sexe considéré (Garon-Carrier et al., 2016). Autrement dit, plus l'élève ferait des mathématiques par plaisir, plus ses performances académiques seraient élevées. Garon-Carrier et al. (Ibid.) nuancent cependant ce résultat et notent qu'une motivation intrinsèque élevée ne suffirait pas à garantir une performance élevée, la satisfaction des besoins d'autonomie et de compétence serait également nécessaire. C'est pourquoi ces auteurs préconisent une analyse multifactorielle afin d'étudier la motivation à faire des mathématiques dans une approche davantage systémique.

D'autres auteurs constatent que les filles seraient plutôt motivées à l'autonomie et aux buts de maîtrise, alors que les garçons seraient plutôt motivés au contrôle, à l'ego ou aux buts de performance (De Bilde, Vansteenkiste, Lens, 2011). Autrement dit, les filles privilégieraient davantage les « apprentissages profonds » que les garçons (Cosnefroy, 2010). Or, les apprentissages profonds favoriseraient davantage l'acquisition de connaissances sur le long terme que les apprentissages de surface qui ne présenteraient qu'une utilité à court terme (Ames, 1992; Nicholls, 1989). Ces résultats expliquent sans doute les différences de performances constatées entre sexes au collège notamment, où les filles réussiraient davantage que les garçons (Garon-Carrier, 2016).

Par ailleurs, les filles seraient plus intéressées par les activités scolaires que les garçons (Gentry, Gable, Rizza, 2002) et présenteraient des niveaux de motivations plus élevés que ces derniers à l'entrée au collège (Clifton, Perry, Roberts, Peter, 2008). Elles seraient également plus autodéterminées (Vallerand, 1997). Les filles, bien que plus autonomes que les garçons, se sentiraient pourtant moins compétentes (Deci, Ryan, 2000; Katz, Assor, Kanat-Maymon, Bereby-Meyer, 2006), ce qui pourrait expliquer les différences constatées en terme de poursuite d'études (Meece, Glienke, Burg, 2006).

Certains chercheurs expliquent les différences de confiance en la capacité à réussir, par l'intériorisation de préjugés et l'activation de stéréotypes de genre associés aux mathématiques. Leyens et al. (1996) définissent les stéréotypes comme « *des croyances partagées concernant les caractéristiques personnelles, généralisant des traits de personnalité, mais souvent aussi des comportements, d'un groupe de personnes* » (p. 124). Il s'agirait donc de « saillances qui sautent à l'esprit », c'est-à-dire qui sont interprétées comme des irrégularités dans l'écosystème du sujet qui les perçoit (Bateson, 1972). Cette perception, lorsqu'elle serait intériorisée par l'ensemble des sujets d'un écosystème, pourrait conduire à la formation de préjugés qui se transmettraient au même titre que les normes ou habitudes, faisant ainsi parti du processus de socialisation de chacun de ces sujets.

Une étude récente de Marusic et Matic (2017) réalisée auprès de 511 élèves en élémentaire montre notamment que les filles présenteraient un niveau d'anxiété beaucoup plus important en mathématiques que les garçons à l'idée d'échouer, anxiété se caractérisant par un certain pessimisme défensif ayant un effet négatif sur leurs interactions, alors que les garçons seraient plutôt anxieux à l'idée de s'ennuyer. Cette recherche illustre des perceptions différentes de l'objet mathématiques qui semblent davantage liées à une intériorisation de préjugés les concernant, puisque rien ne prédispose les garçons à réussir davantage que les filles (Garron-Carrier, 2016).

La recherche de Stoet et Geary (2012) met en évidence un effet négatif sur les capacités de mémorisation des filles dans les situations où les stéréotypes de genres en mathématiques seraient activés. Le « genre » regroupe les attributs psychologiques, les activités, les rôles et statuts sociaux culturellement associés à chaque sexe (Hurtig, Kail, Rouch, 2002). Il est donc susceptible d'évoluer tout au long de la vie d'un sujet. Il s'agit d'un concept central en psychologie sociale qui étudie, entre autres, la façon dont le genre se construit socialement et influe sur les rapports hommes-femmes, notamment par la hiérarchisation sociale des sexes et l'attribution identitaire de rôle sociaux (Petrovic, 2014).

Inzlicht et Ben-Zeev (2000) constatent également que les performances des filles diminueraient en fonction du nombre de garçons présents dans la classe. Salikutluk et Heyne (2017) montrent l'importance de l'effet de groupe et du contexte sur les filles, qui par internalisation des stéréotypes de genres associés aux mathématiques, vont mettre en accord leurs comportements avec les normes de genre de la classe. Ils montrent par ailleurs que plus une fille a internalisé ces stéréotypes, moins bons sont ses résultats en mathématiques. Plante

et al. (2010) font le constat que la menace de stéréotype influencerait de manière négative les filles en mathématiques (et les garçons en littérature). Celles-ci auraient un manque de sentiment de compétence, seraient moins confiantes et anxieuses, ce qui impacterait leurs résultats académiques ainsi que leur désir de poursuivre leurs études dans des disciplines en lien avec les mathématiques, ce qui corrobore les résultats de l'étude PISA de 2015 présentés en introduction. Plante et al. (Ibid.) notent, cependant, que l'adhésion aux stéréotypes de genre liés aux mathématiques par exemple, tend à décroître comme le constatent d'autres auteurs (Blanton, Christie, Dye, 2002; Schmader, Johns, Barquissau, 2004).

Ces différentes recherches mettent en exergue l'influence de variables exogènes à ce qui pourrait être considéré comme l'« écosystème » de la classe. Elles permettent de saisir la complexité des interrelations à l'œuvre, mais aussi de comprendre et d'interpréter les variations de comportements observés suivant la variable genre. Même si l'objet de cette thèse ne porte pas sur les préjugés et stéréotypes de genre associés aux mathématiques, il convient néanmoins de prendre conscience des rapports qu'entretiennent les élèves avec elles. En effet, il apparaît à la suite de ces résultats, que les garçons éprouveraient davantage de plaisir et de confiance en eux, en leur capacité à réussir, et seraient donc davantage autodéterminés que les filles.

Il semblerait également, que l'âge et la maturité psychologique (Chandler & Connell, 1987) soient prépondérants : seuls les adultes auraient une régulation intégrée leur permettant d'agir en accord avec leurs propres valeurs (Vallerand et al., 1989), les adolescents connaissant un déclin des formes autodéterminées et contrôlées de leur motivation entre 9 et 15 ans, au profit d'une plus grande amotivation (Gillet et al., 2012; Vallerand, 1997). La recherche de Garron-Carrier (2016) illustre, en effet, des différences de capacité à réussir, perçues et réelles, suivant l'âge considéré, avec une inversion des tendances à l'adolescence, où les filles semblent davantage réussir que les garçons.

Enfin, l'appartenance socioéconomique de l'élève, serait aussi à considérer. Souchal et Toczek (2010) constatent des performances davantage élevées des élèves de milieux favorisés, ce qu'elles attribueraient aux buts de maîtrise qu'ils se fixeraient, contrairement aux élèves de milieux défavorisés qui poursuivraient plutôt des buts de performance. Elles nuancent cependant ces résultats, constatant des effets différents suivant l'environnement d'apprentissage étudié. Pour Chouinard et al. (2010), les élèves de milieux défavorisés, percevraient moins l'utilité de l'école que les autres ; ceux de milieux favorisés auraient une attitude davantage positive et autodéterminée (Damon & Lerner, 2006). Ces différences de perception pourraient s'interpréter comme une intériorisation plus ou moins consciente des

possibilités perçues, des normes socioculturelles, au sein du mésosystème de chacun de ces élèves.

Prendre en compte ces différentes influences pour expliquer les variations de comportements motivés observés semble donc fondamental. L'élève, en tant qu'être bio-psycho-socioculturel, se développe différemment suivant son mésosystème d'appartenance. Ces variations de développement peuvent expliquer des différences de besoins perçus et les possibilités différentes de les satisfaire. Ces différences de besoins suivant le sexe, l'âge ou le milieu social d'appartenance, invitent à penser que toute activité d'apprentissage est plurielle. Elle se configure selon la spécificité des élèves qui, en agissant, se créent de nouveaux besoins. Ces nouveaux besoins suscitent davantage d'intérêt qui déclenchent davantage de comportements motivés.

2. Les effets d'une *gamification* « générique »

Nacke et Deterding (2017) constatent, depuis six ans environ, que les recherches sur la *gamification* s'intensifient. Les premières étudiaient les impacts de l'implémentation d'un certain nombre d'éléments de jeu en même temps, sans tenir compte du contexte d'usage et de l'utilisateur lui-même, ce qui engendrait selon ces deux auteurs (Ibid.), des différences en termes de résultats et rendait ce nouveau concept friable (Barata & al., 2016; Hanus, Fox, 2015; Landers, Bauer, Callan, 2017). La majorité de ces études étaient focalisées sur le comportement de l'apprenant, au sens « quantitatif » du terme, c'est-à-dire sur le nombre d'interactions de l'élève avec la machine. Or depuis peu, les études sont davantage focalisées sur – et complétées par – des études « qualitatives », y compris lorsque celles-ci concernent le comportement motivé. Ce type d'études a notamment permis de montrer que les variations de comportements motivés seraient liées à des expériences de jeu différentes, mais aussi à la satisfaction de besoins différents entre joueurs.

Hamari et al. (2014) constatent que la *gamification* peut avoir des effets différents suivant le contexte d'apprentissage et les besoins psychologiques des élèves. L'étude de Cheong et al. (2013) montre notamment que l'usage de quizz dans une situation d'apprentissage favoriserait davantage le comportement motivé des élèves qu'une situation d'apprentissage « traditionnelle ». Ils expliquent cette dynamique motivationnelle par le plaisir que procurent ces quizz. L'étude de Denny (2013) montre des résultats similaires suite à l'implémentation d'un système de badges sur une plateforme d'apprentissage en ligne. Il constate un

comportement motivé davantage significatif chez les élèves ayant reçu ce type de feedback, que chez ceux n'ayant aucun système de récompenses, sans que cela ne nuise à la qualité de leur travail. Il observe que les badges auraient agi comme des indicateurs de performance informant l'élève sur ses capacités à réussir et, donc, auraient satisfait leur besoin de compétence. Cependant, l'étude de Domínguez et al. (2013) nuance un peu ces résultats. En effet, après avoir testé l'implémentation de score sur une plateforme universitaire d'apprentissage, ils constatent un comportement motivé supérieur des étudiants dans les activités d'application de notions, contrairement aux activités nécessitant davantage de réflexion comme les activités d'écriture, où là leur engagement est inférieur et de moins bonne qualité. D'autres chercheurs montrent également que la *gamification* peut favoriser des comportements motivés inattendus et peu souhaitables. Ainsi, l'étude Fitz-Walter et al. (2011), réalisée lors de la période d'intégration d'un groupe d'étudiants, montre des effets nuancés de la *gamification* d'un passeport d'orientation. En effet, si d'un côté l'adjonction d'éléments de jeu à cette application d'orientation semble susciter davantage d'intérêt, elle crée aussi des stratégies de contournement de la part des étudiants qui souhaitent pouvoir maîtriser eux-mêmes leur orientation.

Hanus et Fox (2015), relevant que la plupart des études ne se focalisent que sur l'interaction des élèves, ont réalisé une étude afin de mesurer l'effet d'un cours gamifié sur la motivation intrinsèque, la comparaison sociale, le sentiment d'effort, la satisfaction, l'autonomisation et les performances académiques, auprès de 80 étudiants durant 16 semaines. Cette étude montre certaines limites de la *gamification*. En effet, Hanus et Fox (Ibid.), en s'appuyant sur la théorie de l'autodétermination, ont suggéré que les badges et autres récompenses, en tant que récompenses contrôlantes (puisqu'elles incitent à l'action mais la contraignent) devaient diminuer la motivation intrinsèque, que les tableaux de bord inciteraient à la comparaison sociale (Festinger, 1954), que la comparaison sociale associée à un contexte de compétition aurait des effets négatifs sur les performances académiques, la coopération, les résolutions de problème et encouragerait la tricherie (Orosz, Farkas, Roland-Lévy, 2013) sauf si cette compétition a pour but de mettre en avant des relations de coopération. Ils ont réalisé 3 tests en 16 semaines à partir de 7 questionnaires différents, ce qui en fait une étude extrêmement complète. Leurs résultats ont confirmé leurs hypothèses de départ. Les étudiants ayant bénéficié du cours gamifié ont tous vu leur motivation intrinsèque, leur satisfaction, leur autonomisation décroître avec le temps, ce qui confirme les résultats de Koivisto et Hamari (2014) selon lesquels le comportement motivé et l'intérêt diminueraient avec le temps, ce qu'ils attribuaient

à l'effet de nouveauté, l'excitation du départ de découvrir un système gamifié. Hanus et Fox (2015) montrent ainsi que les points et les badges ont encouragé la comparaison sociale et la compétition au détriment de la motivation intrinsèque, ce qui corrobore la théorie de l'autodétermination. Les récompenses additionnelles auraient été perçues comme contrôlantes, ce qui a fini par démotiver les étudiants et diminuer leur niveau de satisfaction. Ces auteurs concluent leur étude en insistant sur la nécessité de concentrer les recherches sur l'efficacité de chaque élément, en fonction du contexte mais aussi des spécificités de chaque apprenant. Hamari et al. (Ibid.) notent surtout des effets positifs sur la performance d'un point de vue quantitatif mais des différences suivant les contextes étudiés ce qui suggère selon eux que la recherche dans ce domaine se spécifie en fonction du contexte. De telles perspectives corroborent les résultats d'Hakulinen et al. (2013) qui montrent des effets négatifs de la mise en compétition des élèves selon le contexte d'apprentissage.

Autrement dit, l'effet de la *gamification* dépendrait non seulement des besoins de l'apprenant, du contexte d'apprentissage, du type d'activité enseignée et de la durée d'utilisation de l'EIAH gamifié. Deterding et Nacke (2017) précisent d'ailleurs que les études actuelles s'intéressent davantage aux particularités de l'apprenant ou à l'impact de chaque élément de *design* pris séparément, le but étant de proposer une *gamification* adaptative. Comme le souligne Vassileva (2012), il y a une réelle nécessité de personnaliser les solutions proposées car l'âge, le sexe, la personnalité, l'éducation et les centres d'intérêts sont différents selon les utilisateurs. Parmi les pistes envisagées pour adapter les EIAH gamifiés, certains auteurs proposent une adaptation statique, classant les individus selon leurs préférences de jeu en amont de l'activité, voire dynamique en situation (Jagušt et al., 2018), car comme le souligne Lazzaro (2004), les motivations à jouer ne sont pas figées et peuvent évoluer au cours de la journée.

Mekler et al. (2017) ont aussi montré que les points, niveaux et tableaux de performance, qui permettent une visualisation des progrès de l'utilisateur, agissent comme des feedbacks informationnels et augmentent les performances de celui-ci sans pour autant modifier sa motivation intrinsèque. Landers et al. (2015), dans une approche par objectif, constatent que les tableaux de performance, en tant que forme implicite d'une approche par objectif, incitent les utilisateurs à poursuivre des buts de performance afin de se positionner en haut du classement. Hamari (2017) a testé l'effet des badges sur l'engagement dans une tâche et en a conclu qu'ils augmentaient de manière quantitative les performances, sans pour autant générer de gains motivationnels. Ce constat fut toutefois infirmé par une étude de Cruz et al. (2017) qui ont

montré que les effets de ces badges pouvaient être différents selon les individus, ce qui corrobore l'idée de Deterding et Nacke (2017) selon laquelle l'usage d'éléments de *design* doit être envisagé en fonction des spécificités de chacun.

Certains auteurs ont, quant à eux, envisagé que le rapport de l'élève au jeu vidéo pouvait impacter différemment l'effet de la *gamification*. Ainsi, Bouvier et al. (2014), montrent que les apprenants auraient des comportements motivés différents suivant leur expérience de jeu : certains seraient davantage « *Environment-directed* » c'est-à-dire motivés par la contemplation et l'exploration par curiosité ; d'autres seraient « *Self-directed* » c'est-à-dire motivés pour personnaliser et faire évoluer leur avatar ; d'autres encore seraient « *Action-directed* » et agiraient pour atteindre des objectifs et performer dans le jeu. Ces trois premiers comportements seraient liés au besoin d'autonomie. Enfin les « *Social-directed* » concerneraient les comportements liés au besoin d'appartenance, qui permettent aux joueurs de développer des relations d'entraide au sein du jeu. Landers et Armstrong (2017) constatent que plus l'utilisateur serait familier des jeux vidéo ou de ce genre de système gamifié, plus il serait sensible aux différents éléments implémentés et plus son expérience en serait améliorée. Ce constat illustre l'influence de l'environnement d'appartenance : lorsque certains patterns d'information sont intériorisés, alors la nouvelle situation est perçue comme « traditionnelle » ne nécessitant pas d'effort particulier d'adaptation ; lorsqu'au contraire aucun pattern n'est intériorisé, alors la situation est perçue comme « exceptionnelle » nécessitant davantage de régulation.

Barata et al. (2016) ont réalisé une étude portant sur 54 étudiants utilisant une version gamifiée de Moodle²⁴ qui permet d'identifier quatre profils de joueurs avec des intérêts divers pour les éléments ludiques proposés, en particulier ceux en lien avec la variable compétition. Ils distinguent ainsi les *Achievers*, focalisés sur l'obtention de badges et les performances élevées, les plus proactifs, qui participent le plus et gagnent le plus de défis ; les *Underachievers* qui possèdent la plus petite collection de badges, réussissent peu et sont peu enclin à explorer leur environnement ou à participer à des quêtes optionnelles ; les *Disheartened Students* qui, au départ, affichent des résultats comparables à ceux des *Achievers* mais ne perçoivent plus avec le temps les enjeux de ces cours gamifiés ; les *Late Awakeners* possèdent des niveaux de performance, de participation et de collection de badges inférieurs à la normale. Néanmoins, ils interagissent largement sur la plateforme Moodle, ce qui en fait des étudiants plutôt proactifs.

²⁴ Moodle est une plateforme d'apprentissage en ligne sous licence libre servant à créer des contenus pédagogiques destinés à des communautés d'utilisateurs

En d'autres termes, la variable « badges » ne semble pas accueillie de la même façon par tous les apprenants ce qui corrobore les études réalisées sur ce sujet dans le courant de la théorie de l'autodétermination, vues précédemment. C'est pourquoi Barata et al. (Ibid.) suggèrent de réserver l'usage de badges pour les étudiants ayant un fort besoin de compétence, et plus largement d'adapter la *gamification* aux besoins psychologiques de chacun.

Afin d'adapter la *gamification* au profil de joueur des utilisateurs d'EIAH gamifié, certains auteurs vont créer des questionnaires permettant d'identifier leurs besoins et motivations à agir. Whitton (2011) propose ainsi un modèle à cinq facteurs de comportement motivé dans une activité basée sur le challenge, le contrôle (capacité à faire des choix, feedbacks personnalisés et transparents), l'immersion, l'intérêt (d'un point de vue intrinsèque) et le but poursuivi (valeur et utilité perçues). Bartle (1996) identifie ainsi quatre types de joueurs : les *Achievers*, soucieux de compléter le plus de niveaux possibles, d'obtenir les meilleurs résultats et qui explorent la plupart du temps tout le contenu additionnel pour gagner des points bonus ; les *Socializers*, soucieux du bien-être des autres joueurs et qui agissent toujours dans l'intérêt de tous et affectionnent les causes communes ; les *Killers*, focalisés sur leur propre réussite et qui souhaitent avant tout être les meilleurs ; les *Explorers*, intéressés par les activités de découverte et qui aiment être surpris.

Nacke et al. (2014) quant à eux identifient sept catégories de joueurs et créent une typologie nommée Brainhex (associée à un questionnaire de 28 items-réponses) permettant de mieux les identifier. Ils distinguent ainsi les *Seekers*, motivés par la découverte et la nouveauté ; les *Survivors* ayant un fort besoin d'éprouver la peur, de prendre la fuite ; les *Dardevils*, ayant un goût prononcé pour le risque ; les *Masterminds* qui aiment résoudre des énigmes, établir des stratégies ; les *Conquerors* qui aiment se confronter à des adversaires ; les *Socializers* qui privilégient l'interaction avec les autres ; les *Achievers* qui aiment compléter des tâches et obtenir des *badges* attestant de leur compétence. Selon Bergeron-Boucher (2016), la typologie de Bartle (1996) est la plus connue et la plus répandue. Cependant, Monerrat et al. (2015), suggèrent d'utiliser la typologie de Nacke et al. (2014) dans un contexte gamifié, car elle n'est pas limitée à l'univers du jeu vidéo et s'adresse à tout type de jeu. Cette typologie a par ailleurs été testée près de soixante millions de fois depuis sa création.

Afin de faciliter l'attribution d'éléments de jeu à un type de joueur particulier, les chercheurs du laboratoire LIRIS²⁵ (Hallifax, Lavoué, Marty, Serna, 2018) ont développé la

²⁵ LIRIS : Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information

Classification *DMsAG* («*Dynamic and Mechanics for Adaptive Gamification*»). Les dynamiques de jeu récompenses seraient associées aux points-badges-objets utiles, les objectifs pourraient être internes (fixés par l'élève lui-même) ou externes (imposés par l'enseignant par exemple), le temps serait caractérisé par le planning ou le minuteur, les représentations de soi correspondraient aux compétences, les interactions sociales seraient associées aux notions d'équipe-discussion-échange, les progressions permettraient de se comparer aux autres et de visualiser l'état de son avancée.

Enfin, récemment, Marczewski (2015) a développé la méthode Hexad qui, grâce à un questionnaire composé de 24 items réponses, permet d'identifier six catégories d'utilisateurs : les « *Socialiser* » motivés par le contact, les « *Free Spirit* » motivés par l'exploration et la création, les « *Achiever* » motivés par les challenges, les « *Philanthropist* » motivés pour venir en aide aux autres, les « *Disruptor* » motivés par le changement, et les « *Player* » motivés par leur réussite personnelle. Cette classification semble actuellement la plus pertinente en termes d'adaptation de contenu gamifié, d'autant que l'auteur propose un nombre importants d'éléments de jeu en fonction du profil identifié, dont la corrélation dynamique motivationnelle-élément de jeu a été testée en amont (cf. Figure 6). Nous retiendrons cette classification pour notre travail de recherche.

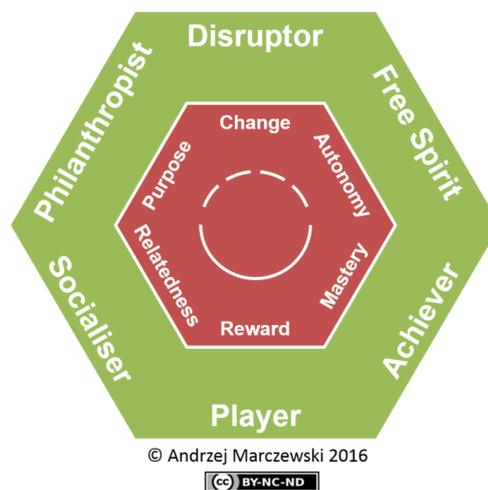


Figure 6: Classification Hexad de Marczewski (2016)

D'autres auteurs se sont intéressés enfin au niveau de motivation initiale de l'élève et ont ainsi montré que des élèves présentant un haut niveau de motivation intrinsèque au départ, et donc fortement intéressés par l'activité en elle-même, avaient été démotivés voire amotivés suite à sa *gamification* (Lavoué et al., 2018). Roosta et al. (2016) ont également testé la

pertinence d'adapter la *gamification* à la motivation des élèves et ont montré que lorsque l'élément ludique reçu correspondait à la motivation à agir, alors des différences significatives de comportement motivé et de performances étaient constatées, en comparaison avec des élèves ayant reçu de façon aléatoire un élément de jeu. De la même façon, Kickmeier-Rust et al. (2014) ont étudié la pertinence d'individualiser les feedbacks en fonction des erreurs des élèves, lors de deux sessions d'exercices, et se sont aperçus que ceux qui avaient reçu un feedback adapté réalisaient beaucoup moins d'erreurs en seconde session que ceux qui avaient bénéficié d'un feedback générique.

Si l'adaptation de la *gamification* au profil de joueur de l'élève et à son niveau de motivation initiale semble pertinente, nous verrons dans la section suivante, que le degré de liberté perçu par l'élève dans une situation d'apprentissage, influe également sur l'orientation qu'il donne à ses actions et donc sur son comportement motivé.

3. Degré de liberté perçu et comportement motivé

Pour Deci et Ryan (1985), le comportement motivé d'un individu pourrait s'étudier en fonction des orientations qu'il donne à ses actions. Ils distinguent ainsi l'orientation autonome de l'orientation contrôlée :

- a) L'orientation autonome correspond au degré de régulation qu'un individu est prêt à fournir pour mettre son action en accord avec ses motivations intrinsèques. Ce type d'orientation serait caractéristique d'un comportement autodéterminé et fortement lié au développement de l'ego dans la mesure où les contingences extrinsèques seraient quasiment toutes internalisées, ce qui participerait, nous l'avons vu précédemment, à la formation de la personnalité de l'individu. Cette orientation serait associée de manière positive à l'actualisation de soi, à l'estime de soi et au bien-être.
- b) L'orientation contrôlée correspond à la façon dont un individu régule ses actions sous l'effet de contingences extérieures, conduisant à des régulations introjectée et externe, plutôt associées à la conscience qu'à l'individu de son « Soi public », à l'agressivité, l'impatience ou l'anxiété ; l'orientation impersonnelle, qui sous-entend que l'action est réalisée sans intentionnalité, avec passivité, correspondrait à de l'amotivation. Deci et Ryan (1985) rapprochent l'orientation contrôlée de l'estime de soi. Ils notent d'ailleurs qu'un individu avec ce type d'orientation aurait

une représentation de soi en inadéquation avec la situation, ce qui affecterait en conséquent sa propre estime de lui-même, et pourrait l'amener à un état de dépression.

Koestner et al. (1992) ont constaté que les individus « orientés-autonomes » régulaient de façon plus harmonieuse avec leur personnalité, leurs comportements ce qui n'étaient pas le cas des individus « orientés-contrôlés ». L'orientation contrôlée et l'autonomie seraient relativement prédictives des styles régulateurs des individus comme l'a constaté Vallerand (1997), et les orientations causales en milieu éducatif, permettraient de prédire les régulations à apprendre (Williams, Deci, 1996). Pour Deci et Ryan: « *To be autonomous does not mean to be detached from or independent of others, and in fact Ryan and Lynch (1989) showed how autonomy can be positively associated with relatedness and well-being. Autonomy involves being volitional, acting from one's integrated sense of self, and endorsing one's actions. It does not entail being separate from, not relying upon, or being independent of others* » (2000, p. 16).

Deci et Ryan (2000) notent que l'autonomie occupe une position centrale dans les orientations causales. Elle permettrait notamment la satisfaction des besoins de compétence, d'appartenance, l'autodétermination et le fait d'avoir des buts dirigés. L'individu ayant une orientation autonome serait donc libre de faire les choix qu'il entend et de faire preuve de volition, ce qui lui permettrait de diriger ses buts et de réguler ses comportements en fonction du résultat à atteindre (Ryan, Mims, Koestner, 1983). Selon Fisher (1978), Nix et al. (1999), lorsqu'un individu atteint les buts qu'il s'était fixés, il y a augmentation de sa motivation intrinsèque à condition qu'il se soit senti à la fois autonome et compétent pendant l'activité. C'est ce qui lui permet d'éprouver du plaisir et de la satisfaction dans ce qu'il entreprend, mais aussi lui assure un certain équilibre, une meilleure santé ou bien-être (Blais, Sabourin, Boucher, Vallerand, 1990).

Benita et al. (2017), Ciani et al. (2011) ou Vansteenkiste et al. (2010) se sont penchés sur les raisons qui motivent les élèves à réaliser les tâches scolaires demandées. Ils ont traduit leur autonomie relative en scores (Index d'autonomie relative, Deci, Ryan, 2000), pour mesurer la corrélation entre le type de régulation et l'autonomie. Cette approche s'apparente à la théorie des buts de Nicholls (1989) et Ames (1992), où le fait de se sentir autonome et intéressé par une activité, permettrait à l'individu de se fixer des buts de maîtrise (apprentissage en profondeur), contrairement aux situations de compétition qui favoriseraient des buts de performance (apprentissage de surface). En fonction des buts qu'ils se fixent, les individus ne s'engageraient pas de la même façon dans l'activité ce qui générerait des variations de

comportements motivés. Autrement dit, créer les conditions favorisant l'autonomie des élèves, favoriserait davantage leur comportement autodéterminé.

Pour comprendre comment un EIAH favorise l'adoption de comportements motivés, certains auteurs ont développé des questionnaires mesurant le niveau de motivation des élèves. Parmi les plus connus :

- l'*Academic Self-Regulation Questionnaire* ou ASRQ (Ryan, Connell, 1989), s'adresse à un public d'élèves de la fin du primaire au début du secondaire. Il mesure quatre sous-échelles de la motivation (motivations extrinsèques aux régulations externe, introjectée, intégrée, motivation intrinsèque) ;
- l'Echelle de la Motivation en Education ou EME (Vallerand, Blais, Brière, Pelletier, 1989), seul questionnaire en langue française destiné à des élèves du secondaire, qui mesure non seulement les dimensions de la motivation intrinsèque, trois des quatre dimensions de la motivation extrinsèque mais aussi l'amotivation et qui, selon ses concepteurs présente une grande stabilité temporelle et une cohérence interne satisfaisante²⁶ ;
- la Situational Motivation Scale (SIMS) (Guay, Vallerand, Blanchard, 2000), s'adresse à un public étudiant. Il mesure la motivation intrinsèque, deux formes de motivations extrinsèques (aux régulations identifiées et externe) et l'amotivation.

D'autres auteurs se sont davantage centrés sur la façon dont les élèves se régulent ou sur le degré d'ouverture de l'EIAH :

- l'échelle de la Régulation Individuelle et Collective de l'Apprentissage ou ERICA (Kaplan, De Montalembert, Laurent, Fenouillet, 2017). Cette échelle a été développée pour mesurer les perceptions des apprenants sur les stratégies de macro-niveau de co-régulation en lien avec des stratégies d'autorégulation qu'ils utilisent. Cette échelle s'appuie sur les notions d'autorégulation et d'autodétermination ;
- la Grille d'Evaluation de l'Ouverture D'un Environnement éducatif ou GEODE (Jézégou, 2010) pour mesurer le degré d'ouverture d'une plateforme d'apprentissage en ligne. Les étudiants doivent ainsi évaluer 14 composants regroupés en 3 catégories : format de l'apprentissage (seul ou en groupe), outils de communication et d'échanges (email, chat, discussion, forum), ressources humaines

²⁶ Comme nous le verrons dans la partie méthodologique, il s'agit de l'outil de mesure qui a été retenu pour le projet LudiMoodle.

(professeurs, autres, pairs). Cette échelle s'appuie également sur les notions d'autorégulation et d'autodétermination.

4. Synthèse

Les différentes recherches dans le domaine des mathématiques suggèrent que l'autodétermination, en tant que motivation autonome, ne semble pas pouvoir se généraliser à tous types d'élèves. Elle serait dépendante du rapport de l'élève aux mathématiques, rapport qui serait différent suivant le sexe ou/et le milieu socioéconomique d'appartenance. Elle évoluerait suivant l'âge considéré et donc suivant le développement psychologique de l'élève. Or, pour qu'un élève s'engage dans une activité, il semble nécessaire qu'il en perçoive la possibilité, qu'il en ait l'envie et le besoin, qu'il évalue en quelque sorte le bénéfice-risque, afin de se réguler. Cette régulation serait corrélée de façon positive à sa réussite académique.

La *gamification* semble être un moyen pour favoriser les comportements motivés. Cette technique, qui au départ vise à engager l'élève dans une activité « sérieuse » tout en s'amusant demande cependant quelques adaptations puisque sous sa forme « générique », c'est-à-dire sans adaptation à un profil particulier, elle serait source de démotivation voire d'automotivation (Barata et al., 2016; Hanus, Fox, 2015; Landers, Bauer, Callan, 2017). Tous les élèves ne semblent pas réagir de la même façon en fonction des éléments ludiques utilisés ce qui expliquerait les variations motivationnelles d'un élève à l'autre et, donc, une autodétermination différente à agir liée à des besoins psychologiques de chaque élève en fonction de leur rapport à l'objet de savoir.

Chaque élément de jeu est censé déclencher une interaction avec l'utilisateur et favoriser l'adoption d'un certain type de comportement motivé. Or, le déclenchement du comportement attendu dépendrait de la perception qu'a l'utilisateur de satisfaire un besoin, mais aussi de l'intérêt qu'il pourrait avoir de réaliser une activité qui lui déplaît. Et, comme nous l'avons vu précédemment, dans le cas de l'apprentissage des mathématiques, les attentes peuvent varier d'un sexe à l'autre, d'un âge à l'autre ou selon l'appartenance socioéconomique de l'élève. Un EIAH gamifié devrait donc intégrer toutes ces particularités pour satisfaire les besoins de chacun, « gommer » les écarts potentiels de départ et favoriser – *in fine* – le comportement motivé des élèves.

Pour ce faire, il est possible d'adapter l'EIAH de manière « statique », c'est-à-dire en amont de l'activité. Parmi les pistes d'adaptation envisagées, celles qui préconisent l'adaptation

de ces éléments ludiques au profil de joueur de l'élève (Göbel et al., 2010; Marczewski, 2015; Monterrat et al., 2015; Natkin & Yan, 2007; Tondello et al., 2016) semblent préférables pour tenir compte du rapport de chaque élève au jeu. Ainsi, le modèle Hexad (Marczewski, 2015) semble pertinent d'une part parce qu'il tient compte des motivations à agir et des besoins psychologiques de chacun ; et, d'autre part, parce qu'il propose des éléments de jeu adaptés en fonction du profil déterminé.

Tenir compte du niveau de motivation initiale de l'élève semble également judicieux (Kickmeier-Rust & al., 2014 ; Lavoué et al., 2018 ; Roosta & al., 2016) puisqu'il s'agit d'intégrer, dès le départ, l'intérêt pour les mathématiques qui, lui-même, est plus ou moins sous l'influence de l'environnement familial, sociétal, etc. Une autre possibilité concerne l'adaptation « dynamique », c'est-à-dire en situation. Elle serait davantage pertinente du fait d'une prise en compte par l'enseignant de l'état motivationnel de l'élève. Enfin, comme dans toute situation d'apprentissage, le degré de liberté et donc d'autonomie laissé à l'élève, favoriserait les comportements autonomes.

Chapitre 4. Favoriser le comportement motivé des élèves du point de vue enseignant

Dans le chapitre précédent, il a été observé que les élèves ont des rapports différents aux mathématiques et au jeu, pouvant expliquer des variations de comportements motivés, voire de performances académiques. Nous verrons ici que le rapport de l'enseignant à l'objet de savoir (cf. section 1 ci-dessous), son rapport aux élèves et le style motivationnel qu'il adopte sont des facteurs déterminants (cf. section 2, p. 63). Enfin, les possibilités perçues par l'enseignant de l'EIAH *gamifié* semblent tout aussi déterminantes pour favoriser le comportement motivé des élèves puisqu'elles influencent dans la manière de conduire l'activité d'apprentissage et de tenir, plus ou moins compte, des types de motivations différents des élèves mais aussi de leur niveau de motivation initiale et de leur profil de joueur (cf. sections 3 et 4, p. 65-69).

1. Le rapport de l'enseignant à l'objet de savoir dans une perspective motivationnelle

Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture de 2016 définit les compétences qu'un élève doit progressivement acquérir au cours de sa scolarité obligatoire, c'est-à-dire pendant les cycles 2, 3 et 4 qui couvrent l'école élémentaire et le collège (B.O. n°17 du 23 avril 2015). A chaque compétence correspondent des connaissances, qui sont à évaluer à la fin de chaque cycle. Ce socle s'articule en cinq domaines de formation :

- Les langages pour penser et communiquer
- Les méthodes et outils pour apprendre
- Les systèmes naturels et les systèmes techniques
- Les représentations du monde et l'activité humaine

Les élèves devraient être capables de comprendre et de s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques, informatiques. Pour ce faire, ils devront notamment utiliser les nombres, utiliser le calcul littéral, exprimer une grandeur mesurée ou calculée dans une unité adaptée, etc. et ce dans des disciplines différentes comme l'histoire-géographie, la physique-chimie ou les sciences de la vie et de la Terre, par exemple. Ils devront être capable aussi de mobiliser des outils numériques, le but étant *d'apprendre à apprendre*, seuls ou de

façon collective, en classe ou en dehors. Un document d'accompagnement pour l'évaluation des acquis du socle commun est mis à la disposition des enseignants. Ce document est complété par le Bulletin Officiel spécial n°11 du 26 novembre 2015 qui spécifie le programme d'enseignement devant être dispensé à des élèves. Pour le cycle 4 et, plus spécifiquement la classe de 4^{ème}, focale de cette recherche, ce programme s'organise autour de quatre grands thèmes :

- Les nombres et calculs
- L'organisation, la gestion de données et les fonctions
- Les grandeurs et mesures
- L'espace et la géométrie.

Le Bulletin Officiel insiste sur la nécessité d'accorder une place importante à la résolution de problèmes relevant de la vie quotidienne des élèves. « *Le programme fournit des outils permettant de modéliser des situations variées sous forme de problèmes mathématisés* » (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015, p 371). Chaque thème est présenté avec des compétences à acquérir par les élèves, des connaissances associées et des exemples illustrant les attendus. Par exemple, l'une des compétences du thème A *Nombres et calculs* est « *utiliser les nombres pour comparer, calculer, résoudre un problème* » (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015, p 375). A cette compétence sont associées diverses notions que l'enseignant devra expliciter aux élèves, comme les nombres décimaux, rationnels et leur ordre, les fractions et les égalités de fractions ou la racine carrée. Il s'agit, par exemple, d'« *associer à des objets des ordres de grandeurs (par exemple la taille d'un atome, d'une bactérie, d'une alvéole pulmonaire, la longueur de l'intestin, la capacité de stockage d'un disque dur, la vitesse du son et de la lumière, la population française et mondiale, la distance de la Terre à la Lune et au Soleil, la distance du Soleil à l'étoile la plus proche)* » (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015, p. 375). Par ailleurs, il est spécifié de la nécessité de proposer des situations variées pouvant « *s'appuyer aussi bien sur des manipulations ou des recherches papier/crayon, que sur l'usage d'outils numériques (tableurs, logiciels de géométrie, etc.)* » (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015, p. 367), de proposer des problèmes par essai-erreur, respecter une certaine progressivité et mettre en place une pédagogie de projet « active » et collaborative.

Le BO spécial n°11 du 26 novembre 2015 insiste sur la résolution de problème afin de développer des connaissances. Selon Polya et Zugazagoitia (1965), résoudre un problème c'est

le comprendre, concevoir un plan d'action, mettre ce plan à exécution et examiner la solution obtenue. Pour ce faire l'enseignant crée une situation didactique c'est-à-dire crée les conditions nécessaires à la résolution de ce problème (Brousseau & Balacheff, 1998). De cette situation didactique plusieurs dialectiques ou méthodes de raisonnement peuvent être mobilisées :

- La dialectique de l'action où l'élève est seul face à son problème mais où des boucles de rétroaction ont été prévues.
- La dialectique de la formulation pendant laquelle un élève expose à un autre ce qu'il a appris dans l'étape précédente.
- La dialectique de la validation où plusieurs élèves établissent la véracité de la connaissance construite.
- La dialectique de l'institutionnalisation où l'enseignant valide la connaissance.

Un va-et-vient entre chaque étape est indispensable selon Brousseau et Balacheff (1998). Cette idée de construction collective du savoir, pas à pas, est abordée dans le socle commun et représente un facteur motivationnel selon Viau (1999).

Par ailleurs, deux types de ressources sont disponibles sur le site eduscol : les ressources transversales traitant, par exemple, de la différenciation pédagogique ou des types de tâches pouvant être mobilisées ; et les ressources thématiques traitant chacune d'une des connaissances mentionnées dans le BO. Ces ressources thématiques ont toutes la même organisation : les objectifs visés, les liens avec les domaines du socle, la progressivité des apprentissages, les stratégies d'enseignement, la différenciation et des exemples de situation d'apprentissage.

D'autres ressources sont également présentes et ont pour objectif de rénover l'image associée aux mathématiques. Il s'agit des ressources *mathématiques et quotidien* et *mathématiques par le jeu*. Ces ressources ont été créées en 2014 dans le cadre de la stratégie mathématique mise en place par Vallaud-Belkacem²⁷. Il s'agit de dix mesures-clés, parmi lesquelles celles de « promouvoir un environnement plus favorable à l'apprentissage » comme l'apprentissage ludique et l'utilisation du numérique, ou « le combat contre les stéréotypes sexuels ».

²⁷ http://cache.media.education.gouv.fr/file/12_Decembre/30/2/DP-l-ecole-change-avec-vous-strategie-mathematiques_373302.pdf

Toutes les fiches proposées sont conçues en ce sens et en accord avec la stratégie de rénovation de 2014. Il est du rôle de l'enseignant de s'approprier ces ressources et de les adapter à son public et de passer avec lui un contrat dans lequel l'enseignant aura pris soin d'explicitier ses attentes aux élèves (transposition didactique). Nous avons donc ici des prescriptions en matière de savoirs théoriques à enseigner et de savoirs procéduraux à faire acquérir aux élèves.

La stratégie de rénovation de l'enseignement des mathématiques mis en place par le gouvernement en 2014, puis le nouveau socle de connaissances, compétences et culture en 2016 et les fiches ressources associées, ont pour objectif de rendre les mathématiques plus attractives auprès des élèves. L'incitation de ces injonctions au « jeu » et à la création de situations-problèmes se rattachant à des exemples concrets ou en lien avec d'autres disciplines, doivent montrer aux élèves l'importance des mathématiques dans le monde qui l'entoure. Cette concrétisation pose néanmoins la question de l'abstraction et de la conceptualisation. En effet, une des particularités des mathématiques est l'apprentissage par la conceptualisation, c'est-à-dire l'appropriation d'un ou plusieurs concepts mobilisables de façon autonome.

Comme l'ont constaté Butlen et al. (2007), les élèves en difficulté en mathématiques, le sont le plus souvent parce qu'ils ont soit du mal à mobiliser rapidement des concepts déjà appris, soit parce qu'ils ont des difficultés à apprendre les procédures de calcul liées par exemple au calcul mental. Pour ces auteurs il y a un travail conséquent à effectuer de la part de l'enseignant en termes « d'institutionnalisations « souples » », en explicitant les procédures mobilisées, les hiérarchisant et institutionnalisant leur domaine de validité (Butlen et al., 2007, p. 8) mais aussi reprenant avec chacun de ces élèves les procédures, concepts erronés (remédiation). C'est pourquoi il paraît pertinent de questionner les enseignants sur leur expérience de terrain pour produire des savoirs sur la manière dont ils traduisent le programme et s'y prennent pour intéresser les élèves. Cet ensemble de considérations suppose que l'enseignant transpose, de manière plus ou moins singulière, l'objet de savoir aux élèves en mettant en place une activité d'apprentissage qui organise la classe d'une certaine manière, en fonction de la tâche et du travail individuel ou collectif, et de la manière dont il envisage d'interagir avec les élèves. Comme nous allons le voir dans la section ci-après, ces manières de transposer le savoir sont fondamentales puisqu'elles expliqueraient des différences de comportements motivés tout en agissant sur l'environnement « classe ».

2. Influence du style motivationnel de l'enseignant : entre comportements autonomes et comportements régulés

Dans le secteur éducatif, il est notamment constaté un effet enseignant marqué par des différences de méthodes pédagogiques et de degré d'autonomie laissé aux élèves (Careau & Fournier, 2002; Viau, 2009). En effet, la motivation dépend fortement des agents sociaux qui permettent de fournir un soutien à l'autonomie, particulièrement les enseignants, dont le soutien influence directement la motivation intrinsèque et la motivation externe à la régulation introjectée (Gillet et al., 2012). En d'autres termes, la motivation de l'élève dépendrait de la manière dont l'enseignant favorise et accompagne l'autonomie de l'élève (Deci & Ryan, 2000) en lui proposant des exercices variés et en tenant compte des objectifs des élèves (Supper et al., 2019).

Si la théorie de l'autodétermination vise à mieux comprendre les processus cognitifs, affectifs et comportementaux, un des enjeux dans le secteur éducatif concerne la manière dont un enseignant peut améliorer la motivation des élèves (Benita et al., 2017; Careau & Fournier, 2002; Ciani et al., 2011; Gillet et al., 2012; Vansteenkiste, Smeets, Soenens, & Lens, 2010; Viau, 2009) selon la manière de conduire les activités réalisées (Grolnick & Ryan, 1987). Contrairement aux situations d'apprentissage trop contrôlées, soumises à des évaluations systématiques (Harackiewicz & al., 1984), en particulier celles avec obligation de finir la tâche ou/et de performance (Amabile & al., 1976; Deci & al., 2001), le fait de laisser l'apprenant libre d'agir tout en étant guidé, et de favoriser un climat motivationnel bienveillant (Ryan, Grolnick, 1986), seraient déterminants sur les motivations autonomes (Sarrazin & al., 2006) : un climat de maîtrise valorisant les efforts, le travail et les progrès des élèves, favoriserait leur autonomie et les apprentissages profonds, contrairement à un climat de compétition (Deci & al., 1981; Ryan & Grolnick, 1986) qui incite à la comparaison sociale et aux apprentissages de surface (Cosnefroy, 2010; Galand & al., 2006; Mims & al., 1983).

Le style de l'enseignant, contrôlant *versus* non-contrôlant, serait déterminant car il influencerait sur la perception d'autonomie des élèves (Chirkov & Ryan, 2001). Vallerand, Gauvin et Halliwell (1986) ont constaté que la comparaison sociale, obtenue lors de compétition par exemple, dans la mesure où elle informait sur le niveau de compétence, pouvait affecter la motivation intrinsèque. Katz (2017), à l'occasion d'une recherche menée auprès de 129 étudiants israéliens (67 garçons et 62 filles), constate que la perception du soutien de leur professeur par les étudiants et l'interprétation qu'ils en font, influence de manière positive leur

motivation à apprendre et ce, quel que soit le sexe, ce qui prouve l'existence d'un lien entre besoin de soutien et type de motivation à apprendre.

Selon Roth et al. (2007), plus l'enseignant serait contrôlant, moins il soutiendrait l'autonomie de ses élèves. Pour Reeve (2009), un enseignant contrôlant aurait tendance à monopoliser le matériel pédagogique, ne laisserait pas la possibilité aux élèves de réfléchir et de répondre aux problèmes posés, et menacerait de punition. À l'inverse, un enseignant non-contrôlant serait à l'écoute de ses élèves, leur permettrait de faire des choix, favoriserait les rétroactions positives et les temps de travail en autonomie. Il augmenterait ainsi leur processus d'autorégulation et favoriserait davantage leur motivation intrinsèque, contrairement à un enseignant contrôlant qui donnerait des directives « rigides ». Le degré de contrôle concernerait aussi le placement et les déplacements de l'enseignant dans la classe, sa manière de répondre aux difficultés des élèves et de les soutenir (Viau, 2009).

Le rapport de l'enseignant aux élèves et plus largement à l'environnement classe, pourrait donc expliquer en partie les variations de comportements motivés entre élèves, mais aussi celles observées à un niveau plus macro, entre classes, collèges, zones (rurale *versus* urbaine) et types de collèges (ordinaire *versus* zone d'éducation prioritaire). Les dynamiques motivationnelles qu'il impulserait pourraient orienter l'élève différemment dans ses apprentissages, privilégiant un apprentissage de surface ou au contraire plus profond. L'autonomie laissée à l'élève serait une variable centrale du comportement motivé.

L'influence de l'enseignant sur la motivation semble dépendre de la manière, plus ou moins consciente, dont il envisage de mettre en place une activité d'apprentissage motivante. Ceci est un enjeu actuel puisque les effets de la motivation sur les performances font l'objet de débats (Amadiou & Tricot, 2014; Karsenti, 2003; Viau, 2000), y compris lorsque l'enseignant recourt à un EIAH gamifié (cf. section, 2, p. 48). Un consensus semble toutefois se former pour considérer que la motivation intrinsèque et les formes autonomes de motivation extrinsèque seraient liées à de hautes performances académiques (Haywood, Burke, 1977; Lloyd, Barenblatt, 1984; Pintrich, De Groot, 1990; Ryan et al., 1995). Une des explications serait que les élèves qui sont le plus autodéterminés se fixeraient des buts de maîtrise et auraient ainsi une meilleure maîtrise conceptuelle (Benware, Deci, 1984; Galand, Philippot, Frenay, 2006; Grolnick, Ryan, 1987).

Pour Sarrazin et al. (2006), le soutien à l'autonomie, la structuration de l'enseignement et l'implication de l'enseignant, seraient des facteurs sociaux influents, permettant de définir le

style motivationnel de l'enseignant comme illustré par la figure 7 ci-dessous :

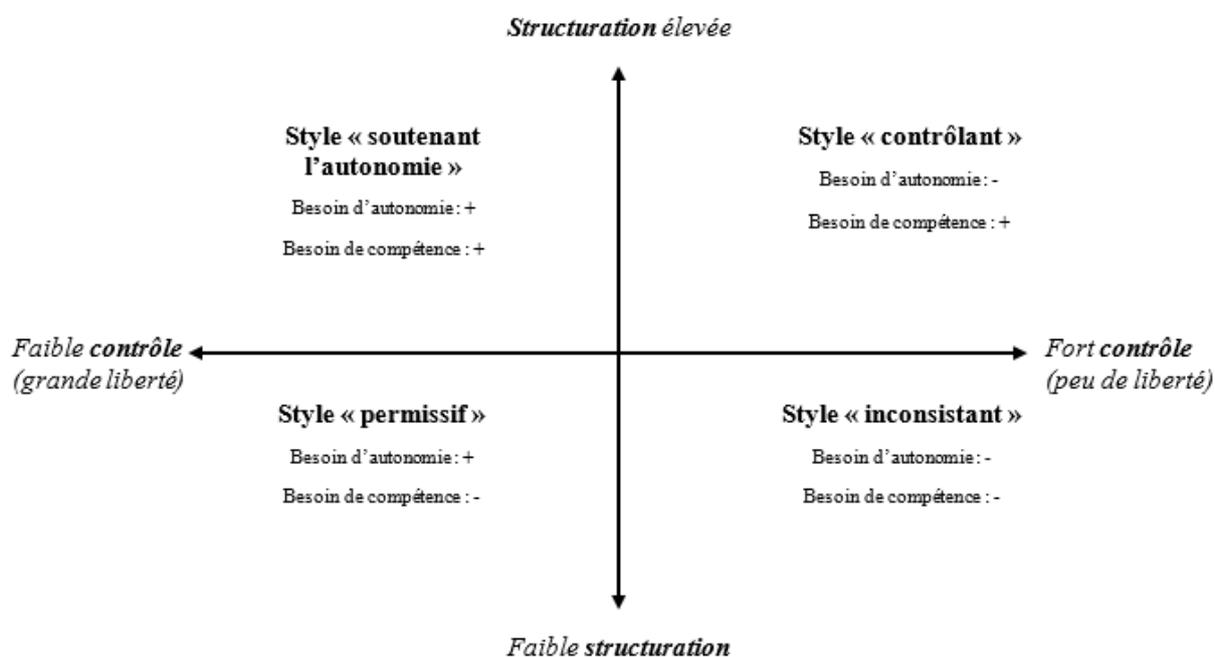


Figure 7: Style motivationnel de l'enseignant défini par son soutien à l'autonomie, la structuration de son enseignement et son degré de contrôle (d'après le modèle de Sarrazin et al., 2006)

3. Les affordances motivationnelles situées

Une des caractéristiques d'un EIAH gamifié est de permettre d'utiliser des éléments de jeu variés suivant la dynamique motivationnelle souhaitée. Dans le cadre d'une activité d'apprentissage médiatisée et médiée par ce type d'artefact, il revient aussi à l'enseignant de définir la dynamique qu'il souhaite impulser et de savoir quels éléments de jeu implémenter, selon le profil motivationnel de l'élève et son profil de joueur. Cela suggère que l'enseignant puisse percevoir certaines possibilités offertes par les propriétés de l'EIAH gamifié qui lui permettent de se projeter dans l'action. En effet, Morie et Goore (2018) montrent, dans le cadre d'un EIAH s'adaptant de façon dynamique aux progrès de l'élève, des résultats davantage positifs chez les élèves ayant bénéficié d'un accompagnement de leur enseignant. Ce n'est donc pas l'implantation d'une technologie éducative qui améliore la motivation des élèves mais la perception puis l'usage qui en est fait par les enseignants pour son activité d'apprentissage (Karsenti & Fiévez, 2014; Puentedura, 2014) et, plus spécifiquement, la manière dont il l'intègre à sa pratique. Ainsi, il est important de prendre en compte les pratiques pédagogiques des enseignants indépendamment de l'EIAH, y compris en termes de motivation des élèves,

pour comprendre la manière dont l'EIAH est mobilisé (Supper & al., 2019) et perçu en termes de motivation (« affordance motivationnelle », Zhang, 2008). Zhang (2008) utilise l'expression « affordances motivationnelles » pour insister sur la manière de tenir compte du besoin motivationnel qui, dans notre cas, se caractérise par la perception préalable de l'enseignant de ce type de besoin pour ces élèves : « *The term affordance refers to the actionable properties between an object and an actor. When perceived, affordance allows actors to take actions that may satisfy certain needs. Motivational affordances comprise the properties of an object that determine whether and how it can support one's motivational needs* » (Zhang, 2008, p 1).

Plus généralement, il est considéré que tout individu a des besoins psychologiques et physiologiques qui lui permettent de passer d'une perception de ce qui est possible à la formalisation d'une intention (possibilité), puis à l'action, ce qui revient – pour partie – à l'acceptation d'affordance de Gibson (1979) en tant que potentialité de satisfaire un besoin particulier et – pour autre partie – à l'acceptation actuelle de l'affordance (Simonian, 2015).

Dans un autre domaine, celui de la neuroscience, il a notamment été montré qu'à chaque fois qu'un individu faisait une expérience, celle-ci faisait l'objet d'un traitement, d'un encodage dans un *engram*, sorte de *motif mnésique*, au niveau de l'hippocampe, avec son contexte d'apparition ; ce qui permettait à l'individu d'être en mesure de percevoir, de reconnaître une situation familière et de savoir comment réagir et « adapter » son comportement (Soumireu-Mourat, 2001; Trouche, Dupret, 2017). Selon Petit et al. (2011) nos émotions positives, les récompenses éventuelles à nos actions, seraient nécessaires à l'engagement motivé. Par un jeu de libération de dopamine et d'opioïdes, nos actions seraient ainsi maintenues dans le temps avec plus ou moins d'intensité et de plaisir. L'objet de cette thèse n'est pas d'envisager l'impact de la *gamification* sur la motivation d'un point de vue neuroscientifique, mais cet aparté permet de prendre la mesure de ce traitement organismique auquel se réfère la théorie de l'autodétermination. Les signifiants perçus par le sujet dans l'environnement, qu'ils soient physiques ou socioculturels, sont autant d'informations qu'il mémorise et qui lui permettent d'envisager en temps réel des possibilités d'action. En fonction de ses besoins et des nouveaux stimuli perçus, le sujet internalise plus ou moins les contraintes externes dans le Soi, adoptant ainsi un comportement plus ou moins autodéterminé. Zhang (2008) identifie plusieurs types de sources motivationnelles affordantes. Il distingue ainsi les motifs internes tels que les besoins psychologiques de base (autonomie, compétence et appartenance), les cognitions (croyances et attentes), les émotions, et les événements externes. Il envisage ainsi différents aspects

psychologiques et ne se limite pas à la théorie de l'autodétermination. Le tableau 2 ci-dessous en est une illustration :

Sources motivationnelles et Besoins	Principes de Design
Psychologique : Autonomie et concept de Soi	Principe 1. Support à l'autonomie. Principe 2. Promotion de la création et de la représentation de Soi, de l'identité.
Cognitif : Compétence et Réussite	Principe 3. Design pour un challenge optimal. Principe 4. Donner un feedback positif dans un délai convenable.
Social et Psychologique : Appartenance	Principe 5. Facilite les interactions humain-humain. Principe 6. Représenter les rapports humains sociaux.
Social et Psychologique : Leadership et Followership	Principe 7. Faciliter le désir d'un individu d'influencer les autres. Principe 8. Faciliter le désir d'un individu d'être influencé par les autres.
Emotionnel : Affect et Emotion	Principe 9. Induire certaines émotions par une première exposition aux Technologies de l'Information et de la Communication (ICT) Principe 10. Induire d'autres émotions par une interaction intensive avec les ICT.

Tableau 2: Affordances motivationnelles et principes de design associés d'après Zhang (2008, p. 146)

Pour Zhang (Ibid.), mais aussi pour Hamari, Koivisto et Sarsa (2014), un élément de jeu pourrait être perçu comme une affordance motivationnelle, dès lors que l'élève percevrait en lui la possibilité de se sentir compétent, autonome ou d'appartenir à un groupe. Cependant cet élément de jeu n'est pas isolé du monde, il entre dans un contexte particulier et un environnement particulier où se situent des êtres bio-psycho-socioculturels. C'est une des raisons pour lesquelles Deterding (2011), pour faire suite à ses propositions de concentrer les recherches sur l'impact de chaque élément de *design* d'un point de vue motivationnel, propose de s'intéresser aux affordances motivationnelles « situées », puisque comme nous l'avons vu précédemment (cf. section 2, p. 48), en fonction des caractéristiques des individus et des spécificités des EIAH, les résultats peuvent s'avérer différents. Dit autrement, les effets motivationnels produits par un EIAH gamifié dépendraient aussi des manières dont il est intégré dans un environnement socioculturel. Selon lui, le transfert d'un élément de *design* d'un contexte de jeu particulier à un autre contexte ne mènerait pas nécessairement aux mêmes affordances motivationnelles. « *The opportunities to satisfy motivational needs provided by the relation between the features of an Artifact and the abilities of a subject in a given situation, comprising of the situation itself (situational affordances) and the Artifact in its situation-specific meaning and use (artifactual affordances)* » (Deterding, 2011, p.3).

Si l'on suit ce raisonnement, un artefact générique ne serait donc pas pertinent, sauf s'il s'adapte à tous types de contextes et à toutes dynamiques d'utilisateurs. Cette acception de l'affordance motivationnelle est beaucoup plus circonscrite que celle de Zhang (2008) puisqu'elle tient compte des possibilités perçues en fonction des spécificités socioculturelles de l'utilisateur, de ses besoins, compétences, et des propriétés de l'artefact concerné. Pour Deterding (Ibid.), un individu serait en mesure d'initier une activité dès lors qu'il percevrait une affordance motivationnelle en lien avec ses besoins psychologiques, et de la poursuivre tant que ses besoins ne seraient pas satisfaits. Deterding (Ibid.) conceptualise cette théorie avec le schéma suivant :

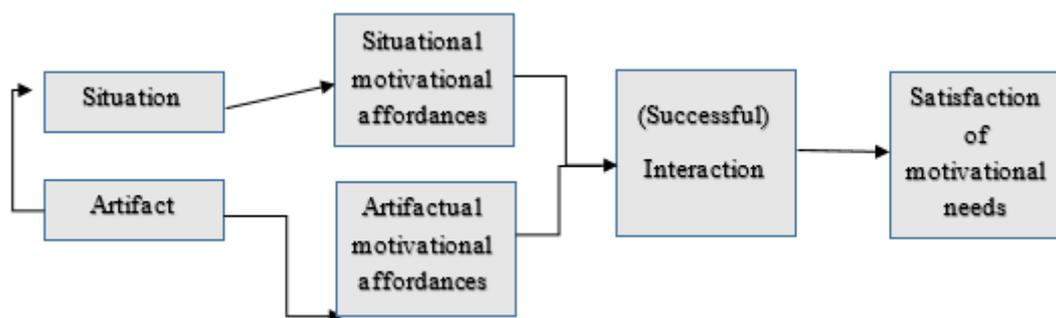


Figure 8: Affordances motivationnelles situées (Deterding, 2011)

Nicholson (2012) va plus loin dans la nécessité de situer l'action. Il propose une centration sur l'utilisateur pour qu'une *gamification* ait du sens. Il s'appuie sur la théorie du *design* centré sur l'utilisateur initiée par Norman (1988) où une adaptation de la tâche par l'utilisateur lui-même est plus judicieuse qu'une adaptation par le système. L'utilisateur pourrait ainsi identifier ses besoins, se fixer des buts et tout mettre en œuvre pour atteindre ses objectifs, ce qui représenterait en soi selon Nicholson (2012), un moyen efficace d'internaliser du contenu, de s'engager et d'être motivé.

D'une manière générale, l'étude d'affordances motivationnelles est particulièrement présente pour les technologies persuasives (Fogg, 2009) dont un des principaux objectifs est de modifier les comportements des individus comme, par exemple, stopper un comportement addictif dangereux pour la santé. Ces technologies centrées sur l'utilisateur proposent des systèmes dits « adaptatifs » basées sur les motivations, buts, attitudes, croyances, valeurs et habiletés de l'utilisateur. Ces systèmes se caractérisent par un feedback et des *Triggers* (ou déclencheurs) qui modifient peu à peu les comportements jusqu'à l'adoption d'habitudes

prédéfinies en amont. Sans développer outre mesure les études s’y rapportant, puisqu’il s’agit d’un concept différent de celui de *gamification* auquel nous nous intéressons, nous pouvons citer l’étude de Fogg (Ibid.) qui conceptualise les rapports entre motivation et habileté par une fonction affine décroissante.

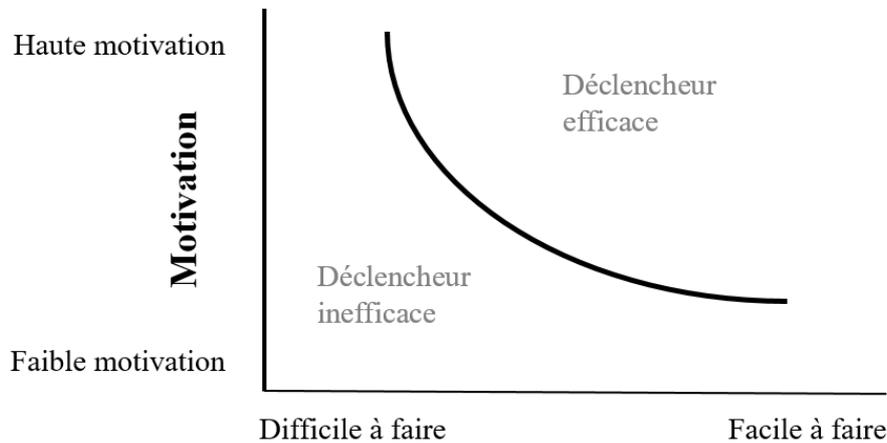


Figure 9: Traduction libre du modèle de Fogg (2009)

Selon Fogg (2009), pour qu’un individu améliore son comportement motivé, la tâche demandée doit mettre suffisamment à l’épreuve son habileté. L’usage de déclencheurs en cours d’activité, tels que l’implémentation de nouveaux éléments ludiques, par exemple, permettrait de relancer l’intérêt. Autrement dit, si l’enseignant était en capacité de percevoir le moment où le comportement motivé de l’élève décline, et s’il savait comment « réadapter » la *gamification* au nouvel état motivationnel de l’élève, alors il pourrait déclencher un nouveau comportement motivé. Il est donc nécessaire dans cette perspective, que lui aussi perçoive des possibilités d’agir sur l’EIAH gamifié.

4. De l’affordance aux affordances épistémiques et pragmatiques

Si l’affordance proposée par Gibson (1979), n’est plus aujourd’hui comprise uniquement comme approche perceptivo-motrice mais comme sémiotique (Simonian, 2019b, 2020; Morgagni, 2011; Morineau, 2010; Niveleau, 2006; Donald Norman, 1988; Reed, 1988; Stoffregen, 2003), elle se caractérise, de manière générale, par le fait que la perception n’est rendue possible que par l’expérience du sujet en situation réelle, considérant que le sujet et l’objet font partie d’une même niche écologique (environnement où se développe des capacités). Dans cette approche phénoméno-écologique, l’affordance caractérise, pour partie,

la perception de certains invariants par le sujet c'est-à-dire des propriétés qu'il perçoit de la situation et du contexte qui lui permettent de spécifier son environnement, explicitant les raisons de ses actions et inactions. La perception d'au moins un invariant permettrait au sujet de transiter de l'identification de ce qui est possible à la projection de ce qui est possible dans l'action, appelée « possibilité ». Identifier un possible lui permettrait d'envisager diverses possibilités ou « affordances » sans qu'il soit assuré de leur efficacité, puisqu'il s'agit de potentialités perçues et donc espérées. Identifier un invariant permettrait au sujet de se sentir présent dans le monde et rendrait indissociable environnement et sujet. Ainsi, tout contexte, toute situation, offre théoriquement un ensemble de possible pouvant être, théoriquement, perçu par tout un chacun. Mais la perception de possible peut varier en fonction de la spécificité du sujet et de ses connaissances sur l'environnement (et non de ses connaissances de l'environnement)²⁸. C'est pourquoi, si dans sa première acception l'affordance est considérée comme la perception « directe » d'un pattern d'information à partir de stimuli d'ordre tactile, visuel, olfactif, auditif, etc., l'affordance est aujourd'hui considérée comme « indirecte » dépendant de la situation à laquelle est confrontée le sujet, de ses capacités perçues dans la situation et de ses intentions (Stoffregen, 2003). L'affordance ne se traduit donc pas de manière binaire : potentialité perçue ou non perçue ; potentialité actualisée (ou effective) ou non actualisée. Il est, par exemple, possible de percevoir une possibilité correspondant à différentes intentions ou encore de s'apercevoir, au cours de l'action, qu'elle n'est pas efficiente (Morineau, 2010)²⁹. Plus généralement, l'affordance est une manière de comprendre ce qui fait « environnement » pour un sujet et non de savoir uniquement si la qualité d'un composant a été mobilisée (Simonian, 2019b, 2020)³⁰. Cependant, cette perception, plus ou moins consciente, n'implique pas nécessairement de connaissance sur l'environnement lui-même, mais plutôt la croyance et/ou l'expérience que la propriété perçue permet de s'engager dans l'action. Ceci alimente les débats sur l'affordance, dans le secteur éducatif et formatif, tant du point de vue de l'ergonomie cognitive que des usages puisque la question finit par être idéologique : jusqu'à quel point permettre aux individus d'agir librement pour s'approprier des savoirs si ces savoirs

²⁸ Par exemple, la dureté et l'horizontalité du sol, sont des propriétés qui permettent de percevoir la « stabilité » du sol permettant aux sujets d'envisager la possibilité de s'asseoir sur une chaise, sans s'enfoncer ou bien tomber. A l'inverse, si le sol n'est pas stable ou incliné, cette possibilité n'est plus perçue. Le sujet « afford » la chaise en percevant sa capacité à s'asseoir à partir des propriétés qui spécifient, selon lui, l'environnement dans la relation sujet-objet-propriétés du contexte.

²⁹ Gaver (1991) nomme d'ailleurs « fausses affordances » (Gaver, 1991) pour qualifier une propriété perçue mais dont les effets sont négatifs : par exemple, marcher sur le sable en le percevant comme solide alors qu'il s'agit d'un sable mouvant pour un être humain.

³⁰ Lorsqu'un individu « afford » la boîte postale ou sa boîte mail, c'est qu'il perçoit la fiabilité du système qui permettra à son courrier d'arriver à destination.

ne sont pas directement perçus ? Comment guider les apprenants dans la découvrabilité des savoirs sans les réduire à des automates ou, du moins, à des « individus techniques » ?

Depuis une trentaine d'années, les recherches sur l'affordance ont intégré les spécificités humaines à plusieurs niveaux : capacités des sujets (Turvey, 1992), intentions (Stoffregen, 2003), socio-culture (Morgagni, 2011; Simonian, 2019b, 2020), s'appuyant notamment sur une partie des travaux de Pierce (1878, 1976) : les expériences antérieures du sujet sont mémorisées sous la forme de signifiants lui permettant de percevoir des possibilités de réaliser une action dans différents contextes et/ou situations. Or, pour Niveleau (2006), la perception de signifiants n'est pas suffisante. En effet, tant que le sujet n'a pas fait l'expérience en acte de cette possibilité, rien ne peut prédire que l'affordance qu'il a perçue en amont de la réalisation de cette action soit effective. Leonova (2004) propose d'approfondir ce raisonnement, reprenant les travaux d'écologistes de la perception sociale, comme Mc Arthur et Baron (1983), pour mettre en évidence que les affordances peuvent aussi être sociales lorsque des signes sociaux, résultant de l'interaction observateur-environnement-buts poursuivis, sont perçus et mis au service de l'action. Norman (1988) ou encore Simonian (2015, 2019b, 2020) suggèrent que les affordances impliquent la prise en compte des propriétés socioculturelles spécifiques à un groupe humain et à une activité humaine, régit par des normes, des us et coutumes, valeurs, etc. où se jouent des processus dynamiques de renormalisation de l'activité (Lantheaume et Simonian, 2012) tant au niveau des acteurs de terrain que des modalités organisationnelles (Simonian, 2019a, 2019b ; Albero et Simonian, 2019).

Dans cette même perspective, et de manière plus spécifique à notre recherche, Philipette et Fastrez (2013) ont étudié la dimension sociale et collective de ce qu'ils nomment « le bien jouer » au sein d'un groupe multi-joueurs de jeux de rôles en ligne. Selon eux « *le jeu constitue ainsi un artefact cognitif doté d'affordances définissant l'ensemble des actions possibles du joueur sur lui* » (2013, p. 3). Ils ont montré notamment que les joueurs mettaient à la disposition sociale de chacun des membres du groupe des informations sur les actions menées individuellement, qu'ils définissent par le terme d'affordances épistémiques sociales c'est-à-dire des « *possibilités d'actions informant le joueur sur l'état du jeu et la façon d'y progresser* ». Il existerait également des affordances pragmatiques qui correspondraient aux « *possibilités d'actions contribuant à la progression du joueur* ». Selon ces deux auteurs, c'est par l'expérience du jeu que les joueurs ont développé des techniques, des façons de communiquer et des stratégies leur permettant d'évoluer dans le jeu, partageant ainsi une culture commune, ce qui rejoint le concept d'Hutchins (1995) de partage de la cognition (à la fois

mentale et procédurale) dans une activité de groupe. Considérant toute action comme « distribuée » (c'est-à-dire partagée par un groupe d'utilisateurs) et « située » (puisque dépendante de son contexte d'exécution), deux types d'affordances peuvent être différenciés.

Les affordances pragmatiques, « orientées vers la pratique », ont trait aux savoir-faire, savoirs techniques et procédures. Elles concernent donc les nouvelles potentialités d'actions perçues au cours d'une activité, dans un contexte particulier, et sont liées aux connaissances pratiques perçues par le sujet comme pouvant être mises en œuvre.

Les affordances épistémiques font référence au rapport au monde, aux concepts, théories, capacités d'abstraction et, par conséquent, à la faculté de penser sur – et avec – un monde, un groupe régi par des codes, normes, culture, etc. Les affordances épistémiques représentent la perception de concepts, théories, lois, règles, etc., fournissant une certaine explicitation des propriétés du monde perçu dans lequel évoluent les humains.

Cette différenciation, entre affordances épistémiques et pragmatiques, est précieuse pour différencier les savoirs et les savoir-faire, dans une approche socioculturelle de l'affordance. Nous retiendrons donc cette différenciation pour considérer qu'une affordance rend compte d'invariants épistémiques et pragmatiques spécifiques à des sujets, voire à des groupes professionnels (dans notre cas, les enseignants en mathématiques). La perception d'affordances épistémiques et pragmatiques, dans une situation médiée et médiatisée par un EIAH, dépendrait donc de la perception, par un sujet, d'invariants socioculturels « reconnus » en situation, correspondant à certaines propriétés qui spécifient l'environnement.

Certains auteurs (Gaver, 1991; Gregory, 1973) constatent, cependant, qu'il arrive que des perceptions soient « erronées » lorsque les affordances « réelles » perçues dans l'action ne correspondent pas aux affordances perçues en amont de l'activité. Il est, en effet, possible que certaines affordances restent « cachées » pour le sujet (signifiant disponible mais non perçu), ou que le sujet perçoive de « fausses affordances » en percevant un signifiant non-adapté à la situation. C'est pourquoi Norman (1988, 2013) préconise la co-conception avec les utilisateurs de tout artefact qui leur est destiné, pour tenir compte de leurs besoins, de la façon dont ils ont l'habitude d'agir, de leur contexte. L'enjeu ici n'est pas de « normer » mais bien de permettre la découverte de possibilités au cours de l'action, notamment en implémentant des invariants socioculturels reconnaissables par l'ensemble de ses utilisateurs. Norman (Ibid.) suggère ainsi, de s'intéresser à la façon dont le sujet réalise une action, en distinguant la phase « d'exécution » liée au but que se fixe le sujet, à la façon dont il planifie son action, prévoit des séquences

d'actions et les effectue ; et la phase « d'évaluation » où le sujet perçoit le résultat de ses actes, les interprète et les compare au but initial. Ainsi, il semble nécessaire de différencier les affordances épistémiques et pragmatiques « intentionnelles » perçues en amont de l'action qui sont liées aux buts et sous-buts que se fixe le sujet (Simonian, 2019b), des affordances « réelles » perçues pendant l'action, puis d'évaluer si ces affordances sont estimées efficaces tant du point de vue actionnel qu'intentionnel.

La méthode mise au point par Morineau (2010), le modèle TMTA (*Turing Machine Test Analysis*) pour déceler l'apraxie de certains patients, permet d'identifier les invariants liés à la réalisation d'un « thé au lait », et de mettre au jour les affordances perçues à chaque étape de réalisation de l'action. En s'appuyant sur les hiérarchies d'abstraction et d'agrégation empruntées au domaine de l'ingénierie cognitive, Morineau (Ibid.) montre ainsi que le passage d'une étape à l'autre s'effectue par le changement d'état mental du sujet directement lié à sa perception des différents patterns d'informations appartenant aux propriétés de certains composants lui permettant d'agir dans l'environnement puis d'évaluer si son action est positive ou négative, pouvant amener le sujet à modifier son action ou changer d'objet au cours de l'action. Dans ce modèle, un des enjeux de l'affordance est de pouvoir agir dans son environnement en fonction de ses intentions. La perception d'un invariant contenu dans un objet (1) ou non (0) s'effectue dans la mise en relation sujet-objet. Une fois cette mise en relation effectuée, il est possible de constater l'effectivité de son action instrumentée (1) mais aussi son inefficacité (#) engendrant l'inaction ou nécessitant de recourir à un autre objet.

5. Synthèse

Le comportement motivé dépend de certaines caractéristiques individuelles des élèves (sexe et genre, âge et maturité, niveau socio-économique) mais aussi de la spécificité de l'activité d'apprentissage et du style de l'enseignant. Les études sur la *gamification* montrent également l'influence de ces facteurs et la nécessité de prendre en compte le niveau de motivation initiale et le rapport au jeu (profil de joueur) des élèves. C'est une des raisons pour lesquelles il est préconisé différents types d'adaptation lors de la conception d'un EIAH gamifié : statique (en amont de la situation d'apprentissage) ou/et dynamique (au cours de la situation d'apprentissage). Ainsi, la motivation, tout comme la *gamification*, sont « situées » puisqu'elles dépendent de la perception qu'ont les utilisateurs de leur environnement. Cette perception ne se limite pas au contexte d'usage puisqu'elle incorpore un environnement

socioculturel plus large dont le prescrit (programme scolaire notamment), les expériences passées, etc. Il a, par exemple, été remarqué dans le prescrit, que l'usage de situations problèmes et de cas concrets étaient recommandés, notamment pour permettre à l'élève d'entrer dans l'activité. Une différenciation pédagogique, tenant compte de la réalité de chaque élève, et respectant une certaine progressivité, est également préconisée pour permettre à ce dernier de persister dans l'activité. La question est ici de savoir de quelle manière l'enseignant s'empare de ces prescriptions et les met en œuvre, notamment en fonction de son style motivationnel qui peut influencer différemment le comportement motivé des élèves. Un enseignant qui soutient l'autonomie de ses élèves et les engage dans des apprentissages plus profonds, favoriserait leurs comportements autonomes et donc leur réussite académique. A l'inverse, un enseignant contrôlant, multipliant les activités de compétition incitant à la comparaison sociale, engagerait ses élèves dans des apprentissages de surface et dans des comportements davantage régulés. En d'autres termes, les élèves de cet enseignant seraient davantage motivés par les notes que par leur envie d'apprendre un nouveau concept par exemple, ce qui peut sembler judicieux à court terme mais peu pertinent à long terme.

Chapitre 5. Synthèse et formulation des hypothèses

1. Problématique

L'approche écologique suppose que l'environnement est indissociable de la perception humaine et, plus spécifiquement, des interrelations qui y sont entretenues pour satisfaire des besoins vitaux et psychologiques, agissant sur cet environnement, jusqu'à le modifier. Une des spécificités de l'activité d'apprentissage concerne la relation indirecte entre un élève et un artefact puisqu'ils sont tous deux médiés par l'enseignant. Cette relation élève-artefact-enseignant caractérise, pour partie, ce que nous appelons l'environnement d'apprentissage de l'élève qui peut revêtir différentes formes expliquant des différences motivationnelles. De plus, ce type d'environnement se caractérise par des propriétés extérieures qui seraient présentes dans l'environnement classe. En effet, le genre des élèves, leur âge, leur appartenance socio-économique, le programme scolaire, expliqueraient aussi des différences motivationnelles puisque le comportement motivé serait déclenché par la satisfaction de besoins psychologiques fondamentaux qui se développent dans l'environnement socioculturel notamment : éprouver le besoin de se sentir autonome, et/ou compétent et/ou d'appartenir à un groupe. La satisfaction de l'un de ces besoins a des incidences sur la perception qu'ont les élèves de leur environnement.

Plus spécifiquement, dans le cas de l'apprentissage en mathématiques, nous avons vu qu'il existait une perception de la compétence différente suivant le sexe de l'élève considéré. En effet, il semble que les garçons seraient perçus comme plus enclins à faire des mathématiques que les filles, sachant que l'incompétence féminine ne serait pas prouvée. Or, ces stéréotypes de sexe influeraient de façon inconsciente sur le sentiment de compétence des filles qui, se percevant moins capables que les garçons, réguleraient leurs efforts et seraient moins autodéterminées à faire des mathématiques. Ce manque d'autodétermination impacterait négativement leurs performances. Ces résultats seraient néanmoins à nuancer. En effet, cette tendance pourrait s'inverser à partir de l'adolescence, c'est-à-dire avec la maturité psychologique des sujets, mais aussi avec l'évolution de ces perceptions dans la société. Enfin, des effets similaires seraient notés suivant l'appartenance socioéconomique de l'élève. Les élèves de milieux défavorisés se fixeraient davantage de buts de performance et seraient moins autodéterminés que ceux de milieux favorisés, qui auraient plutôt des buts de maîtrise et seraient

davantage autodéterminés. Les variations de comportements motivés observées entre élèves à faire des mathématiques pourraient ainsi s'interpréter par des rapports différents aux mathématiques.

Du point de vue de l'« écologie de la classe » (Doyle, 1986), l'élève est en interrelation avec d'autres êtres vivants comme son enseignant ou les autres élèves, mais aussi avec des êtres non vivants comme un EIAH gamifié. L'enseignant aurait donc un rôle important à jouer dans un processus de régulation, y compris dans la façon dont il mobilise l'EIAH gamifié. Or pour que cet EIAH gamifié soit perçu comme une « affordance motivationnelle » (Deterding, 2011 ; Zhang, 2008), favorisant effectivement les comportements motivés des élèves, la manière dont l'enseignant le mobilise et l'intègre à son activité d'apprentissage sont fondamentaux. En d'autres termes la perception qu'a l'enseignant du prescrit mais aussi la manière dont il conçoit son enseignement, son rapport aux élèves, sa manière de transmettre et transposer des savoirs (surtout lorsqu'il a de l'expérience), nécessitent d'être pris en compte notamment lors de la (co)conception. Lorsqu'un artefact est mis à sa disposition, la relation de l'enseignant avec celui-ci dépend de sa perception des savoirs et savoir-faire, qui sont pour partie implémentés dans l'artefact. Cette perception dépend elle-même de sa compréhension de son environnement, de sa connaissance des élèves, de son intention et de sa manière d'enseigner. C'est pourquoi, d'une part, il est possible d'étudier le rapport de l'enseignant à un EIAH gamifié en termes de savoirs (affordances épistémiques) et de savoir-faire (affordances pragmatiques), en tenant compte de ce qui est prescrit, des intentions et des pratiques ; et, d'autre part, comme le préconisent les ergonomes, de co-construire ce type d'environnements informatiques avec l'enseignant pour implémenter – autant que possible – ce que celui-ci considère comme des invariants de son environnement.

Dans le cas, encore plus spécifique, d'une activité d'apprentissage médiatisée et médiée par un EIAH gamifié, l'objectif est de rendre ludique une activité qui au départ ne l'est pas forcément, en utilisant notamment des éléments issus du jeu, censés déclencher davantage de comportements motivés. Les résultats des différentes recherches, étudiant l'effet de ce type d'environnement gamifié, montrent des effets parfois mitigés, voire contradictoires, selon l'élément de jeu considéré et suivant le contexte d'apprentissage étudié. C'est pourquoi, ces résultats incitent à considérer – *in fine* – le comportement motivé et la *gamification* comme « situés », en adaptant la *gamification* à la fois au profil de joueur de l'élève, mais aussi à son niveau de motivation initiale et donc à son intérêt pour la discipline enseignée. Ce type d'environnement est qualifié d'« adaptation statique » lorsque la *gamification* est spécifique à

profil de joueur en amont de l'activité d'apprentissage, et « d'adaptation dynamique » lorsque l'élément ludique peut être modifié au cours de l'action en fonction des fluctuations possibles de la motivation.

Constat peut donc être fait que l'intérêt des élèves pour les mathématiques serait multifactoriel : sexe, appartenance socio-économique, intérêt pour les jeux. Dans le cas de l'usage d'un EIAH gamifié, d'autres facteurs entreraient en jeu : profil de joueur, motivation initiale, cette dernière pouvant évoluer au cours de la réalisation d'une activité. Une des questions qui se pose est donc de savoir, comment tenir compte de l'ensemble de ces facteurs ?

Pour fournir des éléments de réponse à cette question, un positionnement écologique semble nécessaire pour mieux comprendre l'environnement influençant le comportement motivé des élèves. Une telle approche suppose d'analyser le développement humain à partir de la motivation entretenue par les élèves en fonction de l'objet de savoir, des artefacts mis à sa disposition, des relations avec l'enseignant et, plus largement, de la configuration de l'environnement mise en œuvre par l'enseignant. En effet, deux environnements peuvent être différenciés, même s'ils ne font qu'un pour l'élève : l'environnement informatique gamifié dans le rapport qu'entretient l'élève avec la motivation mais aussi les éléments ludiques puisqu'il aurait des spécificités en tant que joueur ; l'environnement de l'enseignant qui conditionne une partie de la situation d'apprentissage, y compris dans les raisons et la manière de mobiliser l'environnement informatique.

2. Hypothèses de recherche

Pour caractériser le comportement motivé d'élèves en contexte gamifié dans une approche écologique, c'est-à-dire en tenant compte de l'effet potentiel de l'environnement, plusieurs hypothèses de recherche ont ainsi été émises. Les hypothèses 1 et 2 concernent la relation à l'environnement :

- **Hypothèse 1** : Le comportement motivé est influencé par les caractéristiques individuelles des élèves dans leur rapport à l'objet de savoir et aux différents types de motivations. Des différences interindividuelles seraient observables en fonction des variables « sexe » et « appartenance socioéconomique » de l'élève. Dans notre étude, la variable « âge » est « neutralisée » puisqu'elle portera sur une même tranche d'âge.

- **Hypothèse 2 :** Une *gamification* adaptée, devrait être davantage pertinente qu’une *gamification* générique (sans adaptation), et donc, offrir des comportements motivés supérieurs.
 - **Hypothèse 2.1 :** le niveau de motivation initiale devrait influencer de manière différente sur l’effet de la *gamification* du fait de besoins psychologiques différents au départ.
 - **Hypothèse 2.2 :** les préférences de jeu des utilisateurs ont une influence, ce qui laisse penser que les éléments gamifiés adaptés au profil de joueur de l’élève devraient impacter favorablement les comportements motivés.

- **Hypothèse 3 :** L’affordance de l’enseignant à l’EIAH gamifié influence le comportement motivé des élèves sachant que, comme le suggère Norman (2013), l’affordance n’implique pas la satisfaction du but initial. Ainsi les affordances peuvent être perçues positivement (+) ou négativement (-).
 - **Hypothèse 3.1 :** Le fait d’associer des enseignants en mathématiques à la conception d’un EIAH gamifié qui leur est destiné devrait leur permettre d’implémenter des invariants socioculturels (pédagogiques et didactiques) pour qu’ils soient, ensuite, reconnus par d’autres enseignants testeurs. En effet, le fait qu’ils partagent une culture et une histoire professionnelle commune, un programme et des fiches d’accompagnement identiques, etc. devrait favoriser la perception de ces invariants à la fois au moment de préparer leur séance d’apprentissage avec l’EIAH mais surtout en situation réelle de classe. Autrement dit, la co-conception favoriserait la perception d’invariants socioculturels épistémiques et pragmatiques à la fois chez les enseignants co-concepteurs et les enseignants testeurs.
 - **Hypothèse 3.2 :** D’autres affordances que celles implémentées devraient également être perçues puisque l’approche écologique suppose que des modifications s’opèrent en situation, pouvant être liées à des événements imprévus, mais surtout à l’action réelle. Ces affordances peuvent modifier l’activité d’apprentissage initialement prévue par l’enseignant.

- **Hypothèse 4 :** Le style de l’enseignant influence le comportement motivé des élèves. Un style non contrôlant permettrait d’obtenir de meilleurs résultats en termes de comportements motivés des élèves qu’un style contrôlant. En effet, le style de

l'enseignant jouerait un rôle dans la façon dont il régule les comportements motivés en classe mais aussi dans la manière dont il perçoit l'EIAH gamifié, notamment en fonction du degré de liberté qu'il laisse à l'élève. Autrement dit, un enseignant non contrôlant qui créerait des conditions d'autonomie des élèves, favoriserait leur plaisir d'apprendre ou d'agir par plaisir. A l'inverse, lorsque les conditions seraient contrôlantes, l'élève adopterait un comportement régulé et agirait sous l'effet de contingences externes, du fait d'un faible degré d'autonomie et de liberté d'agir.

- **Hypothèse 5 :** Une adaptation dynamique en cours d'activité serait davantage pertinente qu'une adaptation statique, du fait de la fluctuation possible de la motivation en cours d'activité.

Seconde partie

Conception de l'EIAH gamifié et méthodologie retenue

Le projet LudiMoodle, conduit entre 2017 et 2020, a été rythmé par des phases de co-conception et de tests en situation écologique. Ainsi, une première phase de co-conception, en 2017, a permis de développer un prototype de l'EIAH, qui a ensuite été testé en classe au printemps 2018 pour évaluer sa pertinence ergonomique, mais aussi pour valider les outils de mesure développés. Puis, une seconde phase de co-conception, en 2018, a permis d'apporter des améliorations et de tester en 2019 l'EIAH gamifié finalisé.

Initialement, deux expérimentations de l'EIAH gamifié finalisé étaient prévues : la première en 2019 et la seconde en 2020. La première avait plusieurs objectifs : étudier les variations interindividuelles entre élèves sur la motivation à faire des mathématiques (hypothèse 1) ; montrer que la motivation initiale et le profil de joueur de l'élève influent sur l'impact de la *gamification* (hypothèse 2) ; vérifier que la co-conception favorise la perception par les enseignants d'affordances épistémiques et pragmatiques (hypothèse 3) ; enfin, analyser l'effet enseignant sur certaines variations du comportement motivé des élèves (hypothèse 4). La seconde expérimentation devait permettre, quant à elle, de corroborer les précédents résultats et d'affirmer non seulement qu'une adaptation statique de la *gamification*, c'est-à-dire en amont de l'activité, était préférable qu'une *gamification* générique, et qu'une adaptation dynamique le serait d'autant plus puisqu'elle permettrait de prendre en compte les variations du comportement motivé en cours d'activité (hypothèse 5). Or, la dernière expérimentation a été annulée du fait d'une épidémie de COVID-19. Cette dernière hypothèse sera donc abordée en perspective de recherche en fonction des résultats obtenus.

Pour étudier le comportement motivé des élèves avec un EIAH gamifié, nous présenterons successivement : les différentes étapes de sa co-conception (cf. chapitre 1, ci-après) ; les outils de recueil et traitement des données permettant d'évaluer la pertinence de la co-conception dans la découverte d'affordances (cf. chapitre 2, p. 96) ; les outils de recueil et traitement des données qui permettent d'évaluer l'effet de la *gamification* (cf. chapitre 3, p. 107) ; et, enfin, les outils de recueil et traitement des données pour spécifier l'effet du style motivationnel de l'enseignant (cf. chapitre 4, p. 114).

Chapitre 1. Conception de l'EIAH gamifié « LudiMoodle »

Afin de mener à bien ce projet, nous avons dû dans un premier temps définir notre corpus de savoirs, trouver des établissements et des enseignants intéressés pour collaborer et organiser des séances de co-conception. Si gamifier revient en théorie à insérer « simplement » des éléments de jeu dans un scénario pédagogique, en pratique la tâche se révèle particulièrement ardue. En effet, entre enseignants, chercheurs, ingénieurs et designers, un temps d'acculturation est nécessaire impliquant d'explicitier régulièrement les attentes des uns et les contraintes des autres, le tout dans la perspective d'atteindre un consensus pragmatique et scientifique. Dit autrement, un projet pluridisciplinaire réunissant des acteurs différents, des chercheurs de disciplines différentes (ici sciences de l'informatique et sciences de l'éducation et de la formation) des institutions différentes, dans un contexte universitaire mouvant (projet de fusion des universités appelé « université cible », toujours en cours), nécessite des ajustements perpétuels, pouvant parfois mettre en difficulté la réalisation même du projet comprise dans une contrainte temporelle et évaluée de manière annuelle par les financeurs (la caisse des dépôts et des consignations).

1. Co-conception d'un prototype avec des enseignants

Dans sa phase initiale, le projet LudiMoodle comptait sur la collaboration de huit collèges et trois lycées de la région lyonnaise, déjà équipés en tablettes numériques. Devant la multitude des ressources et niveaux à traiter, il a été convenu de se focaliser sur le niveau collègue et plus particulièrement sur la classe de 4^{ème} qui correspond au début de cycle 4 et, surtout, à une période critique de l'adolescence en terme motivationnel. L'Université de Lyon et les différents partenaires associés ont donc présenté le projet aux chefs d'établissements des collèges préalablement visés ainsi qu'aux enseignants susceptibles de participer. Suite à certains échanges infructueux, l'Université de Lyon, avec l'appui du Rectorat, a entrepris d'élargir ses recherches, ciblant également les établissements non équipés en tablettes numériques. Quatre collèges dont six enseignants ont ainsi accepté de participer à l'expérimentation au début de l'année 2017, l'un dans le département de la Loire (en zone rurale

et de type ordinaire) et les trois autres dans le département du Rhône (un en zone rurale de type ordinaire et deux en zone citadine de type zone d'éducation prioritaire).

Ces enseignants se sont rencontrés lors de deux journées de co-conception, l'une en mai 2017 et l'autre en octobre 2017. L'enjeu était de définir les notions mathématiques pouvant être gamifiées et de créer des exercices pour chacune des notions abordées. Ces journées de co-conception, organisées au Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie du Numérique à Lyon 3, ont permis de réunir enseignants, chercheurs, ingénieurs pédagogiques et spécialistes de la plateforme Moodle (devant servir de support à la création de ressources en ligne gamifiées). Les enseignants se sont concertés et ont retenu plusieurs notions qui leur semblaient compliquées, répétitives et méritant selon eux d'être gamifiées, en gardant pour objectif premier d'intéresser les élèves et de favoriser les comportements motivés. Ils ont ainsi émis le souhait qu'une séquence pédagogique soit consacrée au calcul littéral, une autre aux puissances et une dernière à la géométrie. Après de nombreux va-et-vient avec les ingénieurs pédagogiques, hors réunion et par courriel, il est apparu compliqué de conserver la séquence consacrée à la géométrie, Moodle n'ayant pas la capacité de la traiter de façon dynamique comme l'aurait fait, par exemple, le logiciel Géogébra que les enseignants utilisent déjà en salle informatique.

Les enseignants ont donc prévu 5 séances pour le calcul littéral et 6 séances pour les puissances. Ils ont créé une centaine d'exercices dans les deux corpus retenus, prévoyant une progressivité allant de la simple découverte de la notion abordée à la résolution de problème, tout en tenant compte des recommandations du Bulletin Officiel (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015). Ils se sont inspirés de leurs propres pratiques et des exercices provenant de Labomep (site internet largement utilisé par la communauté enseignante qui propose des exercices). Les séances ci-dessous illustrent cette progressivité:

Module 1 : Calcul littéral	Module 2 : Puissances
Séance 1 : Découverte variable	Séance 1 : Puissances de 10 positives
Séance 2 : Simple distributivité	Séance 2 : Puissances de 10 négatives
Séance 3 : Problèmes de distributivité	Séance 3 : Echelles de grandeurs
Séance 4 : Double distributivité	Séance 4 : Formules
Séance 5 : Suppression de parenthèses	Séance 5 : Bilans formules
Séance 6 : Problèmes	Séance 6 : Ecriture scientifique
	Séance 7 : Problèmes

Tableau 3: 1ère sélection des savoirs à gamifier en 2017

Chaque séance a été construite suivant un modèle pyramidal : une séance comptait plusieurs sous-parties, une sous-partie comptait plusieurs questions, chaque question comptait plusieurs exercices (cf. figure 10).



Figure 10: Captures d'écran illustrant la construction pyramidale des séances

Au total, plus d'une centaine d'exercices ont ainsi été proposés, en partie par les enseignants et le reste par les ingénieurs du Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie du Numérique sur le même principe. Face à la complexité d'implémenter les exercices de type problème dans Moodle, ces derniers ont été retirés. Les séances finalement retenues ont donc été les suivantes, cf. figure 11 ci-dessous :

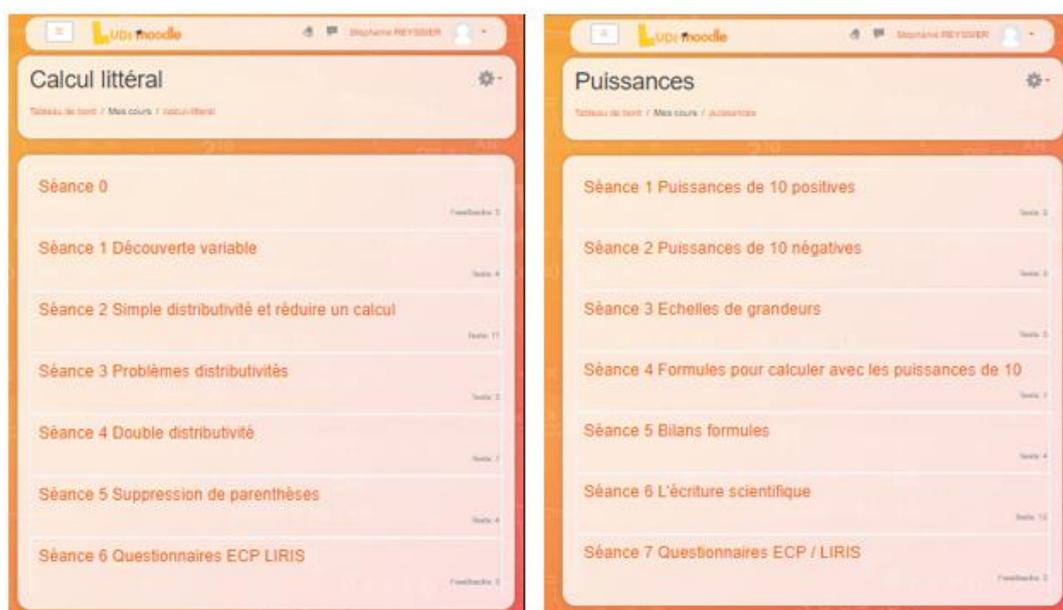


Figure 11: Captations d'écran représentant les thèmes et séances retenus pour la phase de test

Suite à ces deux journées, deux enseignants, appartenant à un même collège, ont souhaité se retirer du projet sans donner d'explications, nous privant de données concernant des élèves en zone d'éducation prioritaire. Afin de ne pas compromettre la phase de test, les responsables du projet se sont remis en quête de nouveaux collègues et d'enseignants volontaires.

En décembre 2017, les enseignants participant se sont de nouveau réunis pour définir cette fois-ci les dynamiques, les éléments de jeu et de *design*. Cette séance de co-conception, ayant pour but de gamifier les ressources proposées par les enseignants, a été organisée par le Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information (LIRIS) de Lyon 1. A cette occasion, les chercheurs de ce laboratoire ont expliqué aux enseignants en quoi consistait la *gamification*, les formes qu'elle pouvait prendre en fonction des dynamiques qu'ils souhaitaient initier. Pour faciliter compréhension et conception, les chercheurs du Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information ont mis au point un espace de *design* permettant de saisir rapidement les attendus et les différents niveaux de granularité à atteindre, notamment grâce à des éléments visuels et manipulables (Hallifax, Serna, et al., 2018). Ils ont ainsi conçu un *storyboard* et un jeu de cartes, reprenant neuf grandes étapes de *design* et répondant à ces cinq questions :

- Pourquoi utiliser des éléments ludiques ? Quel type de comportement vise-t-on (autonomie, encourager un comportement ou au contraire le dissuader, performance)
- Quel est le degré de granularité souhaité (satisfaire l'objectif initial, des objectifs secondaires ou créer des conditions de réalisation des actions) ?
- Comment fonctionne cet élément de jeu ? Quelles dynamique et mécaniques associées seront retenues ? (Cf. classification DMsAG, section 2, p. 52)
- A qui s'adresse l'élément de jeu sélectionné, un utilisateur, un groupe, une communauté, et qui parmi eux peut le visualiser ?
- Comment cet élément apparaîtra-t-il à l'écran ? Quand sera-t-il visible ? Quel style (littéral ou graphique) et quel format (ex. résultat situé par rapport à un objectif global ou décontextualisé) prendra-t-il ? Quel sera son degré de précision (ex. score situé précisément par rapport à celui des autres ou vaguement dans une fourchette préalablement définie) ?



Figure 12: Eléments constitutifs de l'espace de design mis au point par le LIRIS et testés lors de la séance de co-conception de décembre 2017

Les enseignants, en fonction des éléments qui leur ont été présentés, ont tenté de répondre à ces cinq questions. Forts de leurs propres expériences mais gardant à l'idée de rester consensuel pour s'adapter au plus grand nombre, ils ont ainsi défini les éléments suivants :

Questions guidant les choix des participants	Eléments constitutifs du design	Eléments de design retenus par les enseignants
Pourquoi ? Changement de comportement	Favoriser l'autonomie Encourager un comportement Décourager un comportement	Encourager un comportement
Quoi ? Granularité	Activité Action Opération	Activité (arbre) Action (branche)
Comment ? Dynamique & Mécaniques	Récompenses (points/badges/objets utiles) Temps (Minuteur/Calendrier) Représentation de soi (compétences acquises)	Récompenses : Points/badges Temps : chronométré Représentation de soi : avatar (Koala)

	Interaction sociale (équipes/négociations/discussions) Progression (progression par rapport à la tâche/ par rapport au groupe)	Interaction sociale : non retenue Progression : par rapport à la tâche/par rapport au groupe
Qui ? L'acteur	Utilisateur/Groupe/Communauté	Utilisateur (élève)
Portée ?	Utilisateur/Groupe/Communauté	Utilisateur (élève)
Visibilité ?	Avant/pendant/après/tout le temps	Tout le temps
Style ?	Forme littérale/ relative à un domaine	Forme littérale
Format ?	Relatif/absolu	Absolu
Précision ?	Précise/floue	Floue

Tableau 4: Tableau illustrant les éléments du design retenus par les enseignants en fonction de ceux proposés par le LIRIS

Les enseignants ont souhaité encourager la persévérance, favoriser la concentration de leurs élèves et les mettre en activité. Ils ont également voulu une *gamification* qui s'adresse à l'élève et ne soit visible que par lui. Ils n'ont pas souhaité de mécaniques d'interaction sociale comme un forum de discussion ou la constitution d'équipes par exemple. Les feedbacks devaient prendre une forme littérale. Les résultats devaient être présentés de manière à ne pas décourager l'élève. Ainsi six éléments ludiques ont été retenus avec des règles de gestion propres à chacun d'entre eux et préalablement définies par les chercheurs du LIRIS en collaboration avec l'entreprise Edunao et le PAPN devant les implémenter dans LudiMoodle :

- La récompense « points » : des points sont obtenus après chaque question correctement répondue au sein d'un exercice et possibilité de points bonus dans certains cas.
- La récompense « badges » : deux types de badges retenus, les premiers sont spécifiques à chaque séance et les seconds permettent de constituer une pyramide de badges.
- Le temps chronométré : après réussite à certains types d'exercices, un message s'affiche indiquant à l'élève la possibilité de refaire l'exercice de façon chronométrée.
- La représentation de soi : permet à l'élève de voir si une compétence est acquise. Il s'agit ici d'un avatar, un koala, dont l'environnement évolue.
- La progression par rapport à la tâche : un arbre permet de mesurer le niveau atteint par rapport à la tâche (grandit au fur et à mesure).
- La progression par rapport au groupe : le but est de relativiser la position de l'élève par rapport à la médiane du groupe et du premier de la classe. Pas de total de points affichés mais un baromètre de classement affiché.

Quelques exemples de ces différentes mécaniques sont présentés dans la figure 13 ci-dessous :

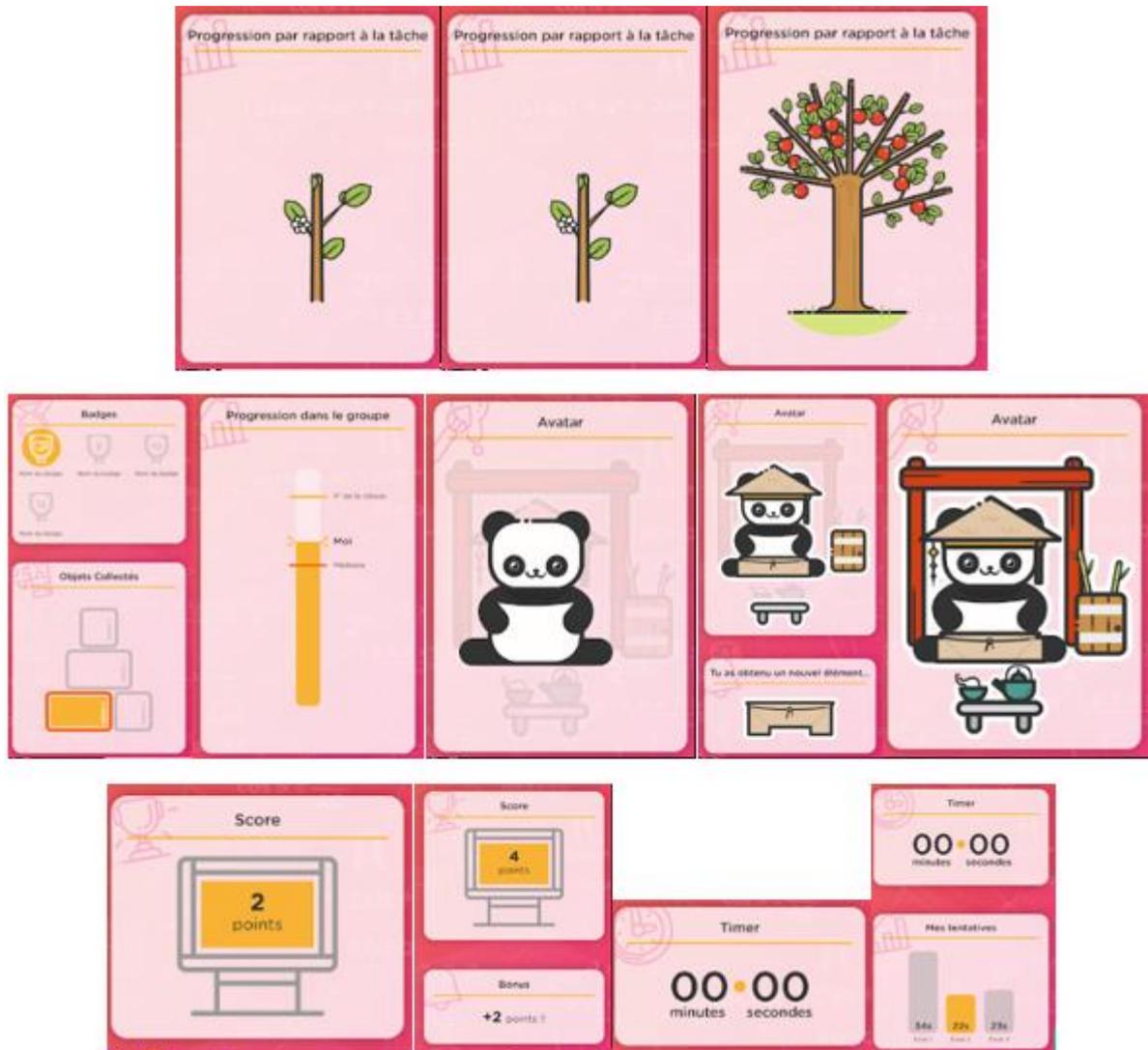


Figure 13: Éléments ludiques créés pour la phase de test

Plusieurs invariants socioculturels ont donc été identifiés et implémentés pendant cette phase de co-conception (cf. tableau 5 ci-après). Ces invariants, qui sont liés à des savoirs (affordances épistémiques) et des savoir-faire (affordances pragmatiques), devraient permettre aux enseignants co-concepteurs et aux enseignants testeurs de percevoir en situation des possibilités de motiver leurs élèves et de favoriser leurs comportements motivés, notamment en soutenant leur autonomie.

Invariants épistémiques	Invariants pragmatiques
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
S'entraîner	Mobiliser l'environnement numérique comme un exerciceur
Intéresser	Insérer des éléments ludiques
Différencier	Adapter la difficulté

Tableau 5: Invariants socioculturels implémentés dans LudiMoodle

2. Phase de test du prototype en situation réelle

Pour le rectorat, un des objectifs de ce projet est de pouvoir généraliser des méthodes d'apprentissage motivationnelles en identifiant les conditions dans lesquelles elles peuvent s'exercer, permettant – *in fine* – de former les enseignants à ces nouvelles méthodes et aux instruments dédiés. Ainsi, la plateforme Moodle, déjà largement utilisée dans l'enseignement supérieur par les enseignants, a été retenue pour le développement de LudiMoodle. Moodle, littéralement *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, est une plateforme australienne de création et partage de contenus, modulaire à visée éducative qui profite de la contribution d'une large communauté éducative. Le Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie du Numérique est spécialisé dans la scénarisation numérique sur Moodle tout comme l'entreprise Edunao qui développe sur cette plateforme du contenu éducatif gamifié. La diffusion de l'EIAH gamifié se fera donc par le biais de cette plateforme. Il sera appelé « LudiMoodle ».

Au niveau des collèges, deux solutions de connexion s'offraient à nous : l'ordinateur ou la tablette numérique. Notre choix s'est porté sur les tablettes car plusieurs études (Gasparini & Cullen, 2013; Hamon & Villemonteix, 2015; Villemonteix et al., 2015) montrent une appropriation plus rapide qu'avec un ordinateur, ce que Villemonteix et Hamon (2015) attribuent à plusieurs facteurs :

- Une libération de la contrainte spatiale due à sa mobilité, sa connectivité à internet.
- Une plus grande interaction grâce à son interface tactile qui permet un accès direct aux applications disponibles.
- Des potentialités d'action accrues, de création, de production et de manipulation.
- Une représentation des élèves plus ludique due à l'usage fait de la tablette hors contexte scolaire.

Pour Villemonteix et Hamon (2015), la tablette permet aux enseignants une individualisation des parcours d'apprentissage. Gasparini et Cullen (2013) notent, cependant,

une nécessaire modification du curriculum de la part de l'enseignant. Enfin, Karsenti et Fievez (2013) ont constaté, dans le secondaire, une perte d'attention des élèves due aux possibilités de navigation accrues grâce à l'interface tactile.

Le Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie du Numérique et l'entreprise Edunao, suite à ces décisions, ont procédé à un inventaire du matériel à disposition dans les collèges (nombre, marque et système d'exploitation des tablettes, navigateur installé, résolution de l'écran, etc.). Puis, avec l'appui de la DANE³¹ de la région Rhône-Alpes-Auvergne et des DSI³² de chaque département concerné, du matériel a été mis à disposition des collèges non équipés et des procédures de mise à niveau (débridage) des tablettes ont été lancées afin de permettre l'installation de LudiMoodle. Des Moodle Box ont également été achetées pour assurer la connexion wifi des tablettes en réseau fermé et permettre non seulement la connexion des tablettes à LudiMoodle mais aussi la sauvegarde des données d'expérimentation à la fin de chaque séance par l'enseignant. Chaque enseignant devait déverrouiller sa séance en début de cours, afin que les élèves puissent y accéder, et la verrouiller en fin de cours pour sauvegarder les résultats obtenus. Le Pôle d'Accompagnement à la Pédagogie du Numérique s'est chargé de la prise en main des tablettes et du logiciel par les enseignants, ainsi que de la création d'identifiants et de mots de passe pour les élèves (garantissant l'anonymat de chacun d'entre eux).

En janvier 2018, soit deux mois avant le début de l'expérimentation dans les collèges, deux nouveaux collèges et trois enseignantes ont intégré le projet. L'un de ces collèges dans le département de l'Ain, en zone citadine et de type zone d'éducation prioritaire, regroupe deux enseignantes qui officient chacune dans deux classes de 4^{ème}. L'autre, dans le département du Rhône en zone citadine et de type ordinaire, est représenté par une enseignante et une classe avec des élèves à haut potentiel. Le prototype a ensuite été testé au printemps 2018 dans les 5 collèges participants (2 collèges ruraux de type ordinaire, 3 collèges urbains dont 2 classés en zone d'éducation prioritaire), auprès de 7 enseignants (4 hommes et 3 femmes), 11 classes et 288 élèves (139 filles et 149 garçons).

Pour tester l'environnement numérique LudiMoodle, nous avons tenu compte de la situation vécue par les enseignants. Pour ce faire, nous avons recueilli le témoignage de 3 d'entre eux : P1, P2 et P3. La retranscription de ces entretiens figure en annexe (cf. livre des

³¹ DANE : Délégation Académique du Numérique Educatif

³² DSI : Direction des Services Informatiques

annexes, chapitre 1, sections 1-3, p. 13). Ces trois enseignants officient dans des collèges ruraux de type ordinaire. Le premier (P1), de sexe masculin, est âgé de 42 ans et a le plus d'ancienneté dans l'enseignement (18 ans). Le second (P2), de sexe masculin, est âgé de 35 ans et a 10 ans d'ancienneté. Enfin le dernier (P3), de sexe masculin, a 33 ans et 9 ans d'expérience dans l'enseignement. Les entretiens portaient sur la séance 4 du calcul littéral intitulée double distributivité. Nous avons également réalisé 8 captations vidéo de cette même séance, pour pallier au risque d'oubli, puisqu'il existe un décalage entre la réalisation de la séance en classe et l'entretien, mais aussi pour étudier la situation elle-même, identifier des régularités ou différences d'usage, repérer les événements pouvant expliquer d'éventuelles différences motivationnelles, et définir les styles motivationnels. Chaque captation a fait l'objet d'une prise de notes portant à la fois sur les échanges verbaux et non-verbaux, qui figurent en annexe (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 4, p. 84). Le retour de ces enseignants a fait l'objet d'un débriefing lors d'une réunion dédiée.

3. Amélioration ergonomique et conception finale de l'EAIH gamifié

Pour améliorer les ressources numériques existantes et proposer un environnement plus adapté à l'enseignement des mathématiques, une réunion de débriefing a été organisée au mois de juin 2018 avec les enseignants ayant participé à la 1^{ère} phase de test et tous les partenaires du projet. Les enseignants ont ainsi mis au jour divers problèmes techniques, d'écriture et, plus généralement, d'ergonomie. Ils ont ainsi identifié différents niveaux de facteurs, comme le manque d'adaptation de la plateforme Moodle (logiciel de comparaison de chaînes de caractères) pour traiter des questions mathématiques.

Des réponses qui ont été comptées fausses alors qu'elles étaient justes puisque le logiciel n'est pas un logiciel de maths, c'est juste un logiciel de comparaison de chaînes de caractères (P3).

Plusieurs incompatibilités entre Moodle et la notation mathématique sont apparues, comme l'impossibilité d'écrire le carré au-dessus de x (écrit de fait « 2 ») ou l'obligation d'écrire « $*$ » pour multiplier par exemple.

Des contraintes au moment d'écrire votre réponse, euh, sans parler des carrés qu'il fallait écrire spécifiquement (P2).

Les enseignants ont également noté une inadaptation de LudiMoodle au format tablette nécessitant de zoomer-dézoomer sans cesse, occultant de fait les éléments de jeu (situés en bas de l'écran et donc invisibles lorsque l'élève zoomait pour saisir ses résultats). P3 et P1 notent que les élèves étaient :

Tout le temps en train de zoomer, dézoomer, devoir faire défiler (P3) [...] Comme c'était autour de la partie centrale, et donc, soit ils avaient rien vu, soit ils avaient vu un truc mais ils voyaient pas que ça évolue (P1).

Ils ont regretté un manque de feedbacks immédiats, ce que nous avons aussi constaté lors de nos captations vidéo. L'élève devait, en effet, attendre d'avoir répondu à dix questions avant de pouvoir répondre à nouveau à la question comptée fausse.

Ils l'avaient (la réponse) mais en décalé [...] Y avait pas vraiment d'envie de dire, tiens j'ai raté un truc, pourquoi je l'ai raté, voilà on perdait, on en a perdu beaucoup en route (P1).

Les enseignants sont également revenus sur les éléments de jeu et ont émis le souhait que leur visuel soit amélioré et que le changement d'état de chaque élément soit plus évident. Les éléments ludiques ont en effet été jugés trop « enfantins » et pas assez visibles, que cela soit par les enseignants ou par les élèves dont certains ont participé à un focus group avec le LIRIS :

Quelque chose d'un petit peu, un petit peu flashi, avec des étoiles (P2) [...] Que les éléments ludiques, qui sont censés motiver les élèves, ben soient visibles par l'élève (P3).

Enfin, tous les enseignants ont souhaité que seul le calcul littéral soit numérisé, ayant jugé la phase de test trop longue et l'apprentissage du calcul littéral plus pertinente pour ce type d'environnement numérique que celui des puissances.

Trois des enseignants ayant participé à la 1^{ère} expérimentation (P2, P3 et P4) se sont revus sur une journée fin août 2018 pour améliorer les exercices déjà créés. Dix séances ont ainsi été scénarisées ce qui représente 10 leçons et une cinquantaine d'exercices. Le tableau ci-dessous présente les différentes séances et leçons abordées :

Module : calcul littéral	
Séance 1	Leçon 1 : découverte de la variable
Séance 2	Leçon 2 : simplification de produits Leçon 3 : expression-type (produit/somme)
Séance 3	Leçon 4 : développements et factorisations faciles
Séance 4	Leçon 5 : réduire sans/avec relatifs
Séance 5	Leçon 6 : suppression de parenthèses
Séance 6	Leçon 7 : distributivité double
Séance 7	exercices
Séance 8	Leçon 8 : application : géométrie dans le plan Leçon 9 : application : géométrie dans l'espace
Séance 9	Leçon 10 : conjecturer et démontrer une égalité
Séance 10	Exercice facultatif

Tableau 6: Sélection des savoirs à gamifier janvier 2019

Les différentes équipes de recherche ont ensuite travaillé à l'amélioration de l'environnement numérique et testé au mois de janvier 2019 un nouveau prototype de LudiMoodle. L'entreprise Edunao a notamment pris en compte la demande des enseignants et proposé des éléments ludiques plus attractifs pour les élèves. La perception de progression a également été améliorée (certains éléments sont prévus pour « vibrer » lorsque l'élève réussit). Les nouveaux éléments ludiques créés pour cette expérimentation sont présentés ci-après :



Figure 14: Eléments de jeu retenus pour l'expérimentation

Une médiatisation des différentes séances a également été envisagée avec les enseignants afin de permettre les mêmes usages de LudiMoodle entre enseignants (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 3, p. 249). Ainsi, il a été convenu que chaque enseignant commence sa séance par une présentation de la notion abordée (le même « à retenir » pour tous), l'illustre de 3 exemples (les mêmes pour chaque enseignant) puis passe sur tablette au bout de 30 minutes pour que les élèves passent tous suffisamment de temps sur l'environnement numérique et que leurs traces d'activité puissent être exploitées.

Une journée de formation des enseignants (anciens et nouveaux) s'est aussi déroulée au mois de février 2019 ; journée durant laquelle la nouvelle interface a été présentée et les règles d'usage ont été proposées. Les enseignants ont souhaité qu'une trace écrite des différents exercices soit créée (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 1, p. 225) ainsi qu'un document spécifiant le fonctionnement de chaque élément de jeu (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 2, p. 247). P1 s'est alors chargée de rédiger les traces écrites de chaque notion abordée.

Concernant la séance 6 intitulée « distributivité double », 6 exercices de 10 questions et un exercice bonus de 5 questions (à faire sur tablette) ont été réalisés, répartis sur deux séances d'une heure (séances 6 et 7), prévoyant au départ une progressivité allant de la simple découverte de la notion abordée à la résolution de problème, tenant compte ainsi des recommandations du Bulletin Officiel (BO spécial n°11 du 26 novembre 2015). Pour des raisons techniques, aucune situation-problème n'a pu être implémentée. Un extrait de la médiatisation prévue figure ci-dessous :

Séance 6 « à retenir »

Rappel du contenu de la séance précédente : activité distributivité simple-simplification de produits

Double distributivité

Quels que soient les nombres a , b , c , et d , on a :

$$(a + b)(c + d) = ac + ad + bc + bd$$

Que l'on peut écrire :

Exemples :

Développer puis réduire $L = (3x + 2)(5 - x)$

Développer puis réduire $M = (2x - 1)(5 - 3x)$

Développer puis réduire $N = (3x - 2)(-5 + 3x) + 3(6 - 2x)$

Développer puis réduire $O = (4x + 1)(x - 3) - (5x + 2)(3 - 2x)$

Exercices sur tablette :

Exercice 1 : Développe et simplifie les expressions suivantes (maximum un signe -) :

Q.1

$$(x + 3)(x + 5) = x^2 + 8x + 15$$

Etc.

Exercice 2 : Développe et simplifie les expressions suivantes (maximum un signe -) :

Q.1

$$(2x + 3)(3x + 5) = 6x^2 + 19x + 15$$

Etc.

Séance 7

Exercice 3 : Développe et simplifie les expressions suivantes (maximum deux signes -) :

Q.1

$$(x - 3)(x - 5) = x^2 - 8x + 15$$

Etc.

Exercice 5 : Développe et simplifie les expressions suivantes (maximum trois signes -) :

Q.1

$$(-x - 3)(x - 5) = -x^2 + 2x + 15$$

Bonus : Pour aller plus loin... Développe et simplifie les expressions suivantes :

Q.1

$$(-x - 3)(-x - 5) = x^2 + 8x + 15$$

Figure 15: Extrait de la scénarisation co-conçue

Les enseignants ont également demandé si le rapport dynamique, permettant la visualisation en temps réel des élèves en difficulté (une croix rouge signifie que l'élève est en échec) était maintenu, notant que cette fonctionnalité était intéressante. Les enseignants ayant plusieurs classes, ou travaillant sur la même Moodle box, ont demandé s'il était possible de créer une distinction entre chaque classe car l'année précédente les identifiants des élèves d'un même collège étaient tous mélangés, ce qui rendait compliqué l'identification en classe des

élèves en difficulté pendant chaque séance. Les ingénieurs pédagogiques du PAPN ont noté la demande mais n'ont pas pu la traiter avant le lancement de l'expérimentation.

Concernant le matériel, le PAPN et la DANE se sont coordonnés pour distribuer des tablettes de format identique aux différents collèges, l'objectif étant de remédier aux différents problèmes ergonomiques constatés lors de la précédente expérimentation qui avaient obligé les élèves à zoomer-dézoomer sans cesse pour faire leurs exercices, entraîné la non-perception des différents éléments ludiques. Par ailleurs, afin de faciliter l'usage de LudiMoodle, un clavier de type mathématique a été ajouté à chaque tablette numérique.

Pour cette deuxième expérimentation, le soutien de l'inspection académique de Lyon a permis de recruter de nouveaux établissements et enseignants. Ainsi, 2 nouveaux collèges y ont participé. Nous avons donc collaboré avec 4 collèges (1 en zone rurale dans la Loire et 3 en zone urbaine dans le Rhône ; tous de type ordinaire) et 5 enseignants. Parmi ces enseignants, 3 d'entre eux avaient déjà participé à la phase de test de LudiMoodle l'année précédente (P2, P3 et P4). P3, n'ayant plus de classes de 4^{ème}, a continué de participer aux réunions de co-conception mais n'a pas pu tester l'environnement numérique modifié avec ses élèves. Au total 312 élèves, répartis dans 12 classes, ont participé à cette expérimentation. Pour des raisons pratiques, nous avons attribué de nouveaux identifiants aux enseignants qui ne correspondent donc plus à ceux de l'expérimentation précédente.

Chapitre 2. Identifier des affordances réelles

Nous verrons dans cette partie de quelle manière identifier les affordances par les enseignants co-concepteurs et les enseignants testeurs. Aucune méthode n'ayant été éprouvée auparavant pour identifier les affordances telles que nous les étudions³³, nous avons dû créer une méthode de triangulation des données basée sur le recueil des matériaux empiriques à partir d'entretiens d'explicitation de l'action (Vermersch, 1979) réalisés avec les enseignants et d'observations non participantes de la séance concernée par ces entretiens. Chacune de ces différentes données vise à « *décrire de la façon la plus objectivée possible l'expérience* » et d'explicitier « *la conscience pré-réflexive de l'acteur émergeant du couplage structurel avec son environnement* » (Guérin, 2012, p. 71).

1. L'entretien d'explicitation : une mise en mots de l'activité du sujet

Pour identifier les affordances réelles perçues par les enseignants en situation réelle, il a semblé pertinent de regarder les méthodes d'analyse du discours issues des théories de l'activité humaine (Akrich, 1993; Albero & Brassac, 2013; Engeström, 2001; Leontiev, 1978; Linard, 2001; Vygotsky, 1930), dont un des objectifs est de montrer comment les sujets s'adaptent en situation, et par déduction, perçoivent des patterns les informant de potentialités d'action.

Leplat et Hoc (1983) considèrent que l'activité peut être décrite à partir des tâches prescrites et des tâches effectives qui correspondent à ce que l'individu a réellement traité. Dit autrement, un enseignant, lorsqu'il conçoit une activité d'apprentissage, tient compte à la fois du prescrit (programmes, fiches pédagogiques, etc.), de ses expériences antérieures, de ses intentions, des caractéristiques socioculturelles des élèves, et des outils mobilisables ou qu'il a l'habitude d'utiliser. Puis il se fixe des objectifs de séance, prépare son déroulé de séance et

³³ La méthode TMTA proposée par Morineau (2010), cf. p. 74, est fort intéressante mais elle établit l'ensemble des propriétés en amont de l'action pour observer si ces propriétés sont perçues au cours de l'action, y compris pour formaliser des fonctions « abstraites ». Cependant l'intention, tout comme le prescrit, ne sont pas étudiés du point de vue de la pensée du sujet. Le reste des méthodes sur l'affordance s'effectue en conjuguant entretien et observation, sans qu'une méthode de traitement des données ne soit encore systématisée.

l'applique en classe. Chaque fin de séance est alors l'occasion de réfléchir à ce qui a fonctionné et aux améliorations possibles.

L'entretien d'explicitation d'une action proposé par Vermersch (1994) permet d'identifier les différentes informations satellites de l'action dans le discours, correspondant à différentes étapes de construction et de réalisation d'une activité. Il s'agit d'une approche métacognitive qui consiste à la prise de conscience de sa propre cognition, « *la mise en mots, après coup, du déroulement de sa propre action* » (Balas-Chanel, 2002, p. 1). Comme le souligne Vermersch (Ibid.), un sujet qui agit n'a pas forcément conscience de comment il agit, c'est-à-dire des buts et sous-but³⁴ qui sous-tendent son activité, des connaissances théoriques³⁵ et pratiques³⁶ qui guident son action. L'entretien d'explicitation a pour objectif d'effectuer une recherche sur l'activité mentale des interviewés, de comprendre leur logique d'action et de les aider à prendre conscience eux-mêmes de tous ces processus.

Vermersch (Ibid.) repère plusieurs types de verbalisation du discours : la verbalisation descriptive, la verbalisation conceptuelle et la verbalisation imaginaire.

- La verbalisation descriptive peut prendre différentes formes : la verbalisation du vécu émotionnel typique des entretiens semi-directifs, la verbalisation du vécu de la pensée où le sujet prend conscience de son rapport au monde.
- La verbalisation de l'imaginaire permettrait de prendre conscience des préconceptions en nous, ce qui est différent de la technique souhaitée par Vermersch.
- La verbalisation conceptuelle ou du vécu de l'action se focalise quant à elle sur un aspect de ce qui a été vécu, sur les successions d'actions élémentaires que le sujet interrogé a réalisées.

Il propose que ces actions soient décrites selon les fonctions qu'elles occupent. Il s'agit de différencier les actions ayant pour but une prise d'information, de celles concernant la réalisation et de celles relevant de l'exécution. Selon Vermersch (Ibid.), les intentions du sujet au moment où elles sont formulées, orientent l'action. Ce type d'entretien serait à rapprocher selon lui de l'entretien critique piagétien.

Pour permettre à l'enquêteur de repérer les différentes informations satellites de l'action, Vermersch a élaboré les catégorisations suivantes :

³⁴ Ce que nous traduisons par « affordance intentionnelle ».

³⁵ Ce que nous traduisons par « affordance épistémique ».

³⁶ Ce que nous traduisons par « affordance pragmatique ».

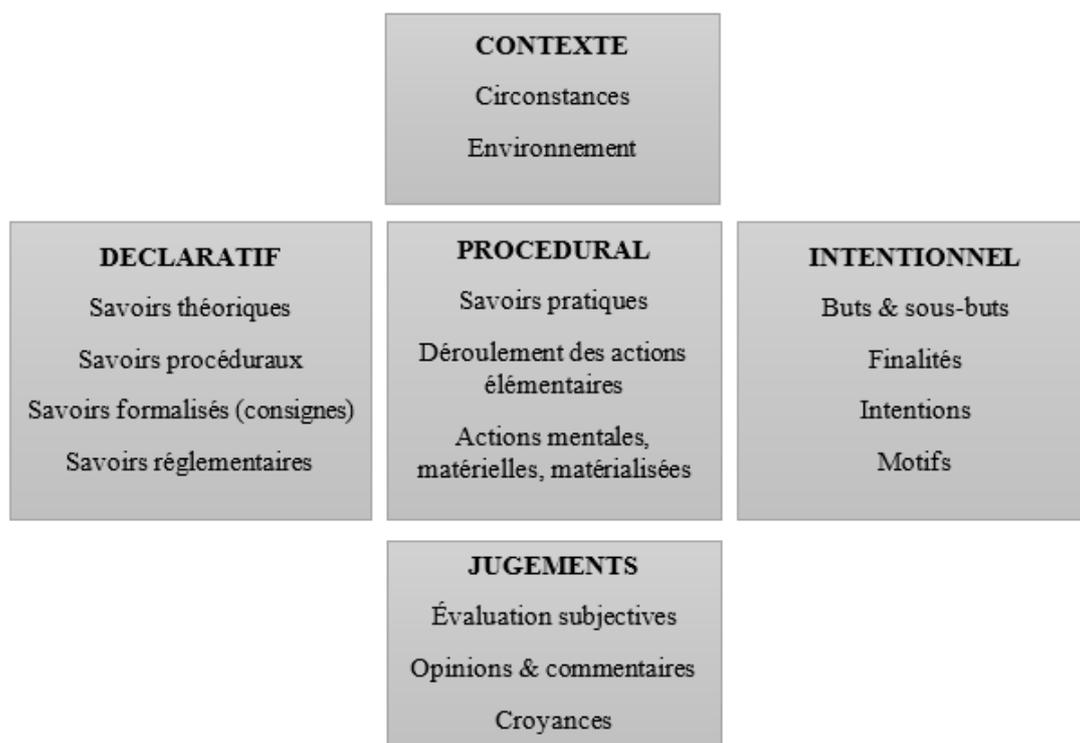


Figure 16: Les informations satellites de l'action vécue (Vermersch, 1994)

Vermersch (Ibid.) distingue deux logiques (cf. figure 16 ci-dessus) : la logique verticale guidée par le contexte, le procédural et les jugements, et la logique horizontale guidée quant à elle par le déclaratif, le procédural et l'intentionnel. Chacune de ces deux logiques doit permettre l'obtention d'informations différentes. Ces deux axes peuvent nous permettre de traiter les données pour chaque enseignant.

- Axe vertical : déroulement de l'action effective

Le contexte et les jugements sont considérés comme une entrée en matière permettant d'obtenir le procédural. Le contexte est une façon de situer l'action dans le temps, l'espace, l'institution, etc. Les jugements quant à eux consistent en une évaluation subjective de l'action qui, selon Vermersch (Ibid.) n'apportent rien en termes de description de l'action. Cette verbalisation des jugements place l'interviewé à distance de l'action, comme un spectateur, d'où la nécessité de recentrer le discours pour obtenir sa « parole incarnée ». Le contexte, le procédural et les jugements sont complémentaires. Le procédural est cependant beaucoup plus impliquant pour l'interviewé que les deux autres. En effet, le fait de revivre l'action c'est aussi s'exposer au regard des autres et subir leur jugement. La question du « comment » est préférable

à celle du « pourquoi ». Le « comment » permet de faire raconter plus en détail alors que le « pourquoi » génère bien souvent des réactions de défense, de justifications, etc.

- Axe horizontal : rapports théoriques et rapports pratiques

Le déclaratif n'est pas l'action réelle, il s'agit toujours du point de vue de l'observateur qui « *légitime l'efficacité, la pertinence de l'action dans son aspect procédural* » (Vermersch, 1994). Il permet d'obtenir une description du faire afin d'inférer les savoirs théoriques mis en œuvre, et non pas d'interroger sur les connaissances théoriques directement, car rien ne prouve qu'ils aient été réellement mobilisés pendant l'action. L'intentionnel représente l'ensemble des buts et sous-buts ayant guidé l'action. Or selon l'auteur, ces buts ne sont parfois pas conscientisés, d'où la nécessité de la part de l'interviewer de faire préciser dans quel but une action a été réalisée. Pour permettre aux interviewés d'accéder à ces niveaux de conscience, il est nécessaire de focaliser le discours sur l'action plutôt que sur l'émotion, d'amener l'interviewé à revivre l'action ce que Vermersch (Ibid.) nomme « *la parole incarnée* ». De plus, il préconise de se focaliser sur la dimension procédurale de l'action (et pas seulement sur les déclarations ou intentions).

Ce type de recherche nécessite de passer un contrat avec l'interviewé à la fois éthique, (la recherche donne accès à la vie privée de l'enquêté), technique (demander l'accord verbal à chaque fois que nécessaire, voire à arrêter l'entretien s'il le souhaite), et postural (nous accorder à l'enquêté par notre posture ou notre rythme de parole). Le but de ce contrat est de créer un climat de confiance propice à la communication. Le rôle du chercheur est d'accompagner et de guider l'interviewé dans ce cheminement de la pensée.

Comme tout entretien, il existe des limites dont il faut avoir connaissance, y compris pour envisager des procédures de contournement (Vermersch, Ibid.). Ce type d'entretien a lieu *a posteriori* de l'action. Il pose comme problème principal celui de la mémoire et le risque d'oubli. Pour contourner ce problème, Vermersch (Ibid.) s'appuie sur les études menées par Gusdorf dans les années 1950 sur la mémoire concrète et la façon de « se souvenir ». Il insiste notamment sur l'importance des déclencheurs sensoriels initiaux qui permettraient notamment de faire « revenir à la surface » des informations enfouies dans notre mémoire. Vermersch (Ibid.) note plusieurs étapes par lesquelles l'information reviendrait à la surface : une impression globale, la connaissance d'une information importante mais pas encore accessible, le contenu d'un souvenir précis et vivace et, enfin, les possibilités d'accéder à cette émotion en lien avec des événements autobiographiques. C'est pourquoi il semble essentiel de recourir

également à de l'observation non participante pour permettre à l'enquêté d'accéder à ces souvenirs enfouis.

Cependant, cette mémoire concrète représente la mémoire du vécu, du sensoriel, ce qui s'oppose selon Vermersch (Ibid.) à la mémoire intellectuelle qui, elle, suppose la parole incarnée. Selon lui, la seule façon de contourner cette difficulté réside dans la dimension relationnelle, dans la façon de focaliser le discours, d'élucider et de réguler les échanges avec l'interviewé.

Par ailleurs, Vermersch (Ibid.) relève deux types de parole : la parole formelle, abstraite où le sujet quand il parle n'est pas présent en pensée dans l'action, et la parole incarnée où le sujet revit l'action. Ce dernier type de parole est difficile à obtenir puisqu'il ne fait pas partie des apprentissages sociaux et familiaux. C'est pourtant vers cette parole qu'il faut tendre.

Vermersch (Ibid.) donne, enfin des conseils inspirés de la programmation neurolinguistique développée par Grindler et Bandler dans les années 1970 qui consiste à coordonner ses gestes et postures, le rythme et la tonalité de sa voix à ceux de l'interviewé. Il insiste sur l'importance des relances nécessaire pour « aiguiller » l'interviewé dans la description, sur la nécessité de focaliser l'échange sur une tâche précise, en respectant la chronologie des faits et sur la possibilité d'élucider lorsque cela paraît nécessaire une situation peu claire ou incertaine ou pour obtenir plus de granularité au discours. Enfin, Vermersch (Ibid.) propose de réguler l'échange afin d'atteindre les conditions de verbalisation de l'action vécue mais aussi dépasser la situation dans laquelle l'interviewé ne se souviendrait pas.

2. L'explicitation d'une action pour identifier les affordances

Un des objectifs de cette recherche est de montrer que la co-conception d'un environnement numérique avec des enseignants favorise la perception d'affordances implémentées, y compris par les enseignants testeurs (enseignants n'ayant pas participé à la co-conception). Il s'agit, dans un premier temps, de repérer les affordances relatives à ce qui s'est passé en situation d'utilisation de LudiMoodle. Puis de les comparer avec celles perçues en amont de l'action, que nous nommerons affordances intentionnelles. L'étude de ces affordances intentionnelles, dont nous différencions celles liées au prescrit de celles liées au but poursuivi au sein d'une activité précise, permettra d'identifier la présence (ou non) d'un « continuum » d'affordances jusqu'à leur jugement (positif ou négatif). A partir de ces résultats, l'analyse du

discours, comme celle des observations (cf. troisième partie, section 2, p. 124), permettront de formuler des hypothèses explicatives sur les conditions et les raisons qui produisent une continuité ou, au contraire, une rupture des affordances de LudiMoodle.

Plus spécifiquement, il s'agit de repérer, parmi les affordances perçues, celles qui sont liées aux invariants implémentés puisqu'elles devraient favoriser l'autonomie et la motivation des élèves. Elles permettent aussi de renseigner le style motivationnel de l'enseignant (contrôlant *versus* non contrôlant) ; ce qui est essentiel pour étudier si les variations de styles motivationnels des enseignants ont un effet sur les comportements motivés des élèves (hypothèse 4).

Pour identifier les affordances intentionnelles, réelles et leur jugement, nous avons articulé les satellites de l'action (déclaratif, intentionnel, procédural, jugement) aux quatre états permettant de qualifier la potentialité d'un environnement numérique (Paquelin, 2007) :

- L'état prescrit correspond au déclaratif puisqu'il fait référence à la fois aux savoirs théoriques, procéduraux, connaissances à acquérir, programme, formations, expériences antérieures, compétences à développer, moyens mis à disposition auxquelles l'enseignant peut se référer avant de concevoir son action ;
- L'état prévu est, quant à lui, lié à l'intentionnel. Il correspond à l'ensemble des buts et sous-buts que l'enseignant se fixe en amont de l'activité. Ils sont nécessairement influencés, pour partie, par le prescrit et l'expérience. Ici il s'agit de repérer les affordances intentionnelles spécifiques à l'activité ;
- L'état perçu correspond au procédural dans le sens où il contient les actions mentales et les procédures qui ont été engagées pendant l'action.
- L'état vécu correspond aux jugements, dans le sens où il rassemble l'ensemble des informations se référant à l'évaluation de l'action, les opinions et commentaires concernant la réalisation effective des buts et sous-buts que l'interviewé s'était fixés. Il permet à l'enseignant de mettre en perspective les trois niveaux précédents, de faire un bilan et de proposer d'éventuelles reconfigurations de son environnement.

Le fait de séparer les énoncés relatifs au prescrit, au prévu, au perçu et au vécu, facilite le repérage d'affordances intentionnelles, d'affordances réelles et les jugements. Ce repérage consiste plus précisément à identifier les éléments de syntaxe ayant trait aux possibilités de faire, liées au prescrit, à la volonté de faire, par l'usage de verbes de perception et d'action, mais aussi de jugement (Simonian, 2019b).

Sur cette base, un guide d'entretien reprenant ces quatre états a été construit (cf. Figure 17 ci-dessous).

Consigne initiale :

Je vous propose de repenser à la séance 4 « Double distributivité » du 1^{er} module intitulé « Calcul littéral », que je suis venue filmée, dans le cadre du projet LudiMoodle.

Pourriez-vous me décrire cette séance notamment dans la manière dont vous vous y êtes pris pour intéresser les élèves ?

Nb1 : en fonction de la réponse, revenir sur la conception et la réalisation effective. Donc enchaîner avec le thème procédural (et non le déclaratif)

Nb2 : il est important de se focaliser sur le savoir procédural donc de bien reprendre avec l'enseignant la chronologie de son enseignement.

Etat perçu – Procédural :

- Actions mentales en vue de la réalisation conceptuelle d'une action

Pour cette séance en particulier, quelles ont été les étapes, d'un point de vue chronologique, de sa réalisation ?

- *Comment les avez-vous pensées ?*
- *Comment avez-vous pensé l'intégration de l'outil LudiMoodle ?*
- *Quels savoirs académiques avez-vous mobilisés ?*
- *Hormis ces savoirs académiques, de quels autres facteurs avez-vous tenu compte ?*
- *Avez-vous tenu compte du nombre d'élèves par classe, de la présence d'élèves en difficulté ou turbulents ?*
- *Comment avez-vous fait pour prendre en compte ces paramètres ?*
- *Comment vous y prenez-vous pour capter l'attention des élèves ? Les inciter à travailler ?*
- *Quelles difficultés rencontrez-vous ? Comment y remédiez-vous ?*
- *Pour intéresser les élèves, quelles stratégies utilisez-vous ? Avez-vous une stratégie particulière pour les élèves en difficultés ? Pour ceux inattentifs ou turbulents ?*

- Actions mentales en vue de la réalisation pratique d'une action

Comment avez-vous réalisé concrètement ces différentes étapes ?

Pouvez-vous me détailler chacune d'entre elles ?

Comment avez-vous fait pour rendre cet exercice plus attractif pour les élèves ?

- *Utilisez-vous d'une méthode pédagogique particulière ?*
- *D'un système de notation précis ?*
- *Ou de toute autre chose ?*

Etat prescrit – Déclaratif :

- Savoirs théoriques, formalisés : connaissances à acquérir

Peut-être pourriez-vous commencer par me dire à quels savoirs, connaissances ce thème « Double distributivité » fait référence ?

Avez-vous des consignes particulières en matière d'organisation, de préparation de vos enseignements ?

- Savoirs procéduraux prévus par le BO dans le programme : compétences à acquérir

A quelles compétences ce thème fait-il référence ?

De quels outils disposez-vous ?

- *Votre collègue est-il équipé d'outils numériques ?*
- *Si oui, avez-vous un de ces équipements : une salle équipée d'ordinateurs, un TBI, des ordinateurs portables ou tablettes tactiles, une connexion wifi ?*
- *Sont-ils équipés de logiciels mathématiques ?*
- *Si oui, lesquels ?*

Quel usage faites-vous de la tablette numérique ? (Normalement l'enseignant parle de sa séance) ?

- *Avec quelle fréquence utilisez-vous les tablettes numériques et LudiMoodle ?*
- *Sont-elles en partage ? Les élèves en ont-ils chacun une ?*
- *Comment intégrez-vous cet outil dans vos enseignements ?*
- *Y-a-t-il une préparation particulière, des choses à anticiper ?*
- *Pour quelles modalités pédagogiques (s'agit-il de travaux de groupe, individuels) ?*

Etat prévu – Intentionnel :

- Buts, sous-buts sous-tendant les actions mentales

Quelles étaient vos intentions en agissant ainsi ?

Quels étaient les buts poursuivis ?

Comment pensiez-vous susciter de l'intérêt chez vos élèves, leur adhésion ?

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Buts, sous-but, sous-tendant les actions pragmatiques <p><i>Quelles actions souhaitez-vous réaliser ?</i></p> <p><i>Que pensiez-vous faire avec l'outil LudiMoodle ?</i></p> <p>Etat vécu – Jugements :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluation, résultats, opinions, commentaires concernant la réalisation effective des buts et sous-but, fixés <p><i>Estimez-vous le résultat probant ?</i></p> <p><i>Quelles sont les limites ?</i></p> <p><i>Quels sont les points d'amélioration ?</i></p> <p><i>Avez-vous réalisé l'ensemble des actions que vous aviez prévues ?</i></p> <p><i>Si non, lesquelles n'avez-vous pas réalisées ?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Pour quelles raisons ?</i> – <i>Est-ce lié au nombre d'élèves par classe, à la présence d'élèves en difficulté ou turbulents ?</i> – <i>Est-ce lié au matériel ? Avez-vous rencontré des dysfonctionnements ou autre ?</i> – <i>Existe-t-il d'autres raisons ?</i> <p><i>Lesquelles avez-vous réalisées ?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>D'après vous, pour quelles raisons avez-vous pu les réalisées ?</i> <p><i>Diriez-vous que vous avez atteint vos objectifs ?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>L'exercice a-t-il permis aux élèves d'acquérir les connaissances et de développer les compétences que vous aviez sélectionnées en amont ?</i> <p><i>Diriez-vous que vos élèves ont été intéressés ?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Comment en êtes-vous certain ?</i> – <i>Quels sont les signes qui vous permettent de le penser ?</i> <p><i>Comment améliorer une telle séance ?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>Est-ce que les améliorations porteraient sur le contenu (en termes d'énoncé, de notation ou autre) ?</i> – <i>Est-ce qu'elles porteraient sur le matériel mis à disposition ?</i> – <i>Ou sur une réduction du nombre d'élèves ?</i>
--

Figure 17: Guide d'entretien

Nous avons choisi de commencer nos entretiens par une consigne générale proposant aux enseignants de repenser à la séance d'enseignement filmée relative à la double distributivité et issue du module « Calcul littéral ». Puis, de questionner la manière dont les enseignants s'y sont pris pour intéresser les élèves. Cette consigne avait pour but de proposer aux enseignants un « déclencheur sensoriel ».

Nous leur avons ensuite proposé de commencer directement par l'état « perçu-procédural », afin qu'ils se remémorent les actions mentales effectuées en vue de la réalisation conceptuelle et pratique d'une action, puis d'aborder le « prescrit – déclaratif », le « prévu-intentionnel » et enfin le « vécu-jugements ». L'objectif ici était de partir de l'action réellement réalisée, de voir à quels savoirs et savoir-faire l'enseignant s'était référé, de comprendre les buts et sous-but, qu'il s'était fixés et enfin de lui permettre d'évaluer la pertinence des enseignements proposés en termes d'impact sur la motivation des apprenants.

Puis nous avons retranscrit chaque entretien en nous appuyant sur la méthode mise au point par Vermersch (2009) pour analyser les verbatim d'entretiens d'explicitation, dans laquelle il identifie deux étapes dans l'analyse : l'analyse temporelle et l'analyse statique.

L'analyse temporelle consiste à numéroter dans un premier temps les répliques et relances, éventuellement de sous-numéroter à l'intérieur d'une réplique un peu longue, des parties repérées par une ponctuation qui reflète un changement de thème, de focus au sein d'un thème (Exemple: 1 puis 1.a, 1.b, etc. ; cf. livre des annexes, chapitre 1, section 1.2, p. 22). Selon Vermersch : « *La seule façon de ne pas perdre de vue le matériau de base, de pouvoir y retourner facilement, de pouvoir retrouver la place d'un extrait, de comprendre à quel moment dans l'entretien une chose a été dite, c'est de donner à tout énoncé une étiquette qui le situe dans le verbatim* » (2009, p. 9).

Les données recueillies ont été organisées en séparant les énoncés descriptifs de ceux non descriptifs du vécu (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 1.3.1, p. 29). En d'autres termes, il s'agit d'une séparation de ce qui relève du prescrit-déclaratif, du prévu-intentionnel, du perçu-procédural et du vécu-jugements, ce qui revient à faire une première thématization (1 thème/état de l'action). Pour Vermersch, « *un énoncé descriptif est un énoncé factuel non interprétatif, ou le moins interprétatif possible* » (2009, expliciter n° 81). Ici, la séparation souhaitée l'est par unité de sens (phrase ou groupe de phrases) afin de mieux saisir à quel thème relier l'énoncé.

Nous avons, ensuite, choisi de séparer les énoncés relatifs aux concepts (affordances épistémiques) de ceux relatifs aux actions (affordances pragmatiques). Cette opération de sous-thématisation a été réalisée dans chacun des états précédemment identifiés (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 1.3.2, p. 39).

Ex. L'objectif de la séance était de faire simple (= affordance épistémique), ce qui revient concrètement à ne pas mettre de nombre relatifs ou de chiffres supérieurs à 5 (= affordance pragmatique).

Vermersch (Ibid.) conseille de construire un déroulé temporel du vécu à partir des énoncés descriptifs ce qui revient concrètement, à l'aide d'un tableau synthétique, à regrouper les énoncés précédemment réunis en thèmes et les ordonner par ordre d'arrivée dans la réalisation de l'action. Vermersch (2009, expliciter n°82) propose aussi de passer à l'analyse statique qui consiste à segmenter des unités de sens et requalifier chacune dans un langage qui l'interprète (cf. livre des annexes, chapitre 1, section 1.3.3, p. 46). Les objectifs sont donc les suivants :

- Identifier les unités de sens à l'intérieur de chaque sous-thème

- Constituer un vocabulaire descriptif de base permettant de décrire le prescrit, le perçu, le prévu et le vécu étudié
- Produire des catégories éventuellement réunissant chaque unité de sens équivalente

Nous inspirant, pour partie, des travaux de Morineau (2010) sur les différents degrés d'abstraction d'une tâche, nous avons choisi de noter la découverte d'affordances intentionnelles et réelles de la façon suivante : affordance intentionnelle pertinente pour la tâche (1), affordance intentionnelle non pertinente pour la tâche (0), affordance réelle pertinente mais non retenue en situation (#), affordance réelle pertinente retenue pour la tâche (1). Dans l'état jugement, les affordances réelles perçues comme efficaces ont été notées (+) et celles non efficaces (-). Enfin, dans chaque état de réalisation de la tâche, nous avons séparé les affordances épistémiques des affordances pragmatiques.

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Etat prescrit :	Savoirs théoriques, formalisés : connaissances à acquérir, programme, formations, expériences antérieures ou consignes justifiant l'action	Savoirs procéduraux : compétences à développer et moyens mis à disposition, expériences antérieures justifiant l'action
Etat intentionnel : Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	Buts, sous-buts sous-tendant les actions mentales, pouvant être caractérisés par des verbes de volonté liés aux concepts, intention d'intéresser (0, 1)	Buts, sous-buts sous-tendant les actions pragmatiques, pouvant être caractérisés par des verbes de volonté liés aux procédures. Moyens pouvant permettre d'intéresser (0, 1)
Etat procédural : Affordances réelles perçues pendant l'activité	Actions mentales en vue de la réalisation conceptuelle d'une action, pouvant être caractérisées par des verbes de perception externe et/ou interne, ou indiquant une attitude propositionnelle (1, #)	Réalisation pratique d'une action, pouvant être caractérisée par des verbes d'action (1, #)
Etat jugements : Evaluation des affordances réelles perçues	Evaluation globale portant sur les connaissances acquises, sur l'intérêt suscité, caractérisée par des verbes de jugement avec proposition d'amélioration conceptuelle (+, -)	Evaluation portant sur les procédures, les compétences acquises, les outils mobilisés, caractérisée par des verbes de jugement avec des propositions d'amélioration technique (+, -)

Tableau 7: Grille d'analyse du verbatim pour mettre au jour les affordances perçues suivant l'état de réalisation de l'activité

Pour des raisons pratiques, seule l'analyse de l'entretien réalisé avec P1 figure en annexe à titre d'exemple pour montrer comment identifier les différentes affordances épistémiques et pragmatiques perçues dans le discours des enseignants (cf. livre des annexes, chapitre 1, section

1, p.13). Le traitement des autres entretiens retranscrits sont ensuite présentés de manière synthétique (cf. livre des annexes, 1^{ère} partie, chapitre 1, sections 2-3 p. 53-8 ; 2^{ème} partie, chapitre 2, p. 251).

Pour permettre au lecteur de ne pas « se perdre » entre chaque état, nous commencerons de façon systématique l'analyse de nos résultats par une présentation du prescrit de chaque enseignant. Puis nous continuerons par l'état procédural afin de voir si l'implémentation de ces invariants a favorisé la découverte d'affordances réelles. Nous enchaînerons par l'état jugement qui permettra d'identifier l'efficacité perçue de chaque affordance réelle, sachant qu'il est tout à fait possible qu'une affordance soit évaluée négativement par l'enseignant bien qu'elle ait été efficace en situation. Nous essaierons systématiquement d'expliquer les jugements négatifs, en termes d'écart au prescrit/écart aux intentions conscientisées en amont de l'action.

Chapitre 3. Mesurer le comportement motivé des élèves en mathématiques

Dans ce chapitre nous présenterons l'échelle de la motivation à faire des mathématiques qui a été créée sur la base de l'Échelle de la Motivation en Éducation de Vallerand et al. (1989). Cette échelle mesure la motivation des élèves à un instant t et permet de mesurer les variations de motivation entre élèves et, plus précisément, leur autodétermination à faire des mathématiques (cf. section 1, ci-après). Puis nous vérifierons sa fiabilité (cf. section 2, p.110). Enfin, nous aborderons les indicateurs de « performances » et de « persévérance » qui permettent selon Viau (2009) de caractériser, avec la variation de motivation, les comportements motivés (cf. section 3, p. 113).

1. L'échelle de la motivation à faire des mathématiques

Afin d'étudier les différentes dimensions de la motivation, nous nous sommes basés sur la théorie de l'autodétermination (Deci, Ryan, 2000), en considérant que toutes actions sont liées à la satisfaction de nos besoins de compétence, d'autonomie et d'appartenance à un groupe (cf. chapitre 2, section 2, p. 36). Cette théorie, comme nous l'avons vu précédemment, distingue les motivations dites intrinsèques (Vallerand & Blais, 1987) présentant un fort degré d'autorégulation et d'intériorisation dans le Soi, liées aux notions plaisir (MIST), de compétence (MIAC) et de nouveauté (MICO) ; des motivations dites extrinsèques (Deci & Ryan, 1985) peu autorégulées qui sont liées au besoin d'estime de soi (MEIN), aux récompenses (MERE), à l'utilité (MEID) et à la mise en accord de ses actions avec ses propres valeurs (MEIT). Enfin, l'amotivation (AMOT) correspond à l'absence de motivation et d'autorégulation (Vallerand, 1997).

Nous avons fait le choix d'adapter l'Échelle de la Motivation en Éducation (ÉME) de Vallerand et al. (1989) à notre public, puisqu'il s'agit d'une échelle construite au départ pour des lycéens. Cette échelle est construite à partir d'une question générale, dans notre cas « Pourquoi vas-tu en cours de mathématiques ? », auquel l'élève répond par 28 items réponses sur une échelle de Lickert à 5 points, permettant de mesurer les sept sous-échelles de la motivation précédemment citées, hors motivations extrinsèques à la régulation intégrée (MEIT) puisque notre public ne serait pas concerné par ce type motivation du fait de son âge (cf. chapitre

2, section 1, p. 33). En effet, Vallerand et al. (Ibid.) ont constaté que les lycéens ne percevaient pas de différence entre la régulation identifiée (qui consiste à faire une activité par choix après s'être fixé un objectif) et (la régulation intégrée qui consiste à faire une activité qui soit en accord avec sa personnalité et ses besoins basiques psychologiques). Ils attribuent ce manque de discernement au degré de maturité psychologique de ces élèves, pas encore tout à fait adultes. Nous pouvons donc supposer qu'il en sera de même pour notre corpus qui est composé exclusivement de collégiens et donc d'élèves encore plus jeunes.

Après la phase de test, et suite à la réunion de débriefing organisée au mois de juin 2018, les enseignants ont signalé que certains termes n'étaient peut-être pas adaptés pour des collégiens (ex. faire une activité par plaisir, le mot plaisir suscitant des réactions disproportionnées de la part de certains collégiens). C'est pourquoi certains termes ont été modifiés, sans toutefois que cela ne change le sens des énoncés.

De leur côté, les chercheurs du Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information ont retenu le questionnaire Hexad (Tondello et al., 2016) qui a été développé spécifiquement pour la *gamification* avec comme théorie sous-jacente, celle de l'autodétermination. Les élèves doivent évaluer sur 7 points, 24 affirmations évaluant leurs besoins de compétences, d'autonomie et d'appartenance, ce qui permet de définir six profils différents : les *Socializer* motivés par le contact social ; les *Free spirit* motivés par l'exploration et la création ; les *Achiever* motivés par les challenges ; les *Philanthropist* motivés pour aider les autres ; les *Disruptor* motivés par le changement ; les *Player* motivés par leur réussite personnelle.

Aussi, afin de fluidifier la lecture et les réponses à nos deux questionnaires et de diminuer ainsi le temps passé à répondre, nous avons décidé avec le Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information, de présenter un questionnaire commun composé de 2 questions et d'items réponses, de simplifier la syntaxe de chacun de ces items et d'harmoniser nos échelles de Lickert. Le questionnaire est présenté dans la figure 18 ci-dessous:

Question 1

Pourquoi vas-tu en cours de mathématiques ? (Indique pour chacune des propositions ci-dessous, ta réponse : Pas du tout d'accord, pas d'accord, Neutre, Un peu d'accord, Totalement d'accord).

1. J'adore apprendre de nouvelles choses
2. J'aime voir que je suis capable de faire les exercices
3. J'aime vraiment faire des mathématiques
4. J'aurai le choix pour mes études futures grâce aux mathématiques.
5. Je veux me prouver que je suis capable de réussir en mathématiques.
6. Je veux avoir de bonnes notes et une bonne moyenne générale
7. Je ne sais pas pourquoi j'y vais, j'ai l'impression de perdre mon temps

8. J'aime découvrir de nouvelles choses
9. J'aime maîtriser les leçons abordées
10. Je ne vois pas le temps passer en cours de mathématiques
11. Je vais pouvoir travailler dans un domaine que j'aime grâce aux mathématiques.
12. Pour me prouver que je suis compétent.e.
13. Pour pouvoir passer en 3ème
14. J'avais de bonnes raisons d'y aller, mais aujourd'hui je n'en ai plus
15. J'aime en savoir toujours un peu plus en mathématiques
16. Je suis satisfait.e quand je réussis des activités scolaires difficiles
17. Ça m'amuse de résoudre des problèmes en mathématiques
18. Les mathématiques sont importantes dans la vie de tous les jours
19. Pour me prouver que je suis fort.e en mathématiques
20. Pour avoir les félicitations du conseil de classe
21. Je ne vois pas l'intérêt d'être bon en mathématiques
22. J'aime tout ce qui se rapporte aux mathématiques.
23. J'aime relever des défis
24. J'adore faire des exercices difficiles
25. Je vais pouvoir trouver un travail plus tard grâce aux mathématiques.
26. Si je n'allais pas en cours de mathématiques j'aurais des remords
27. Pour avoir un bon livret scolaire
28. Je ne sais pas pourquoi je vais en cours de mathématiques

Question 2

Indique à quel point chaque phrase te correspond (entre Pas du tout d'accord, Pas d'accord, Légèrement pas d'accord, Neutre, Un peu d'accord, D'accord, Totalemment d'accord) :

1. Je suis content.e quand les autres le sont
2. J'aime aider les gens dans des situations nouvelles
3. J'aime partager mon savoir avec les autres
4. J'aime aider les autres
5. J'aime faire partie d'une équipe
6. J'aime les activités de groupe
7. J'aime interagir avec les autres
8. J'ai besoin d'appartenir à un groupe
9. Je laisse souvent ma curiosité me guider
10. J'aime être indépendant.e
11. J'aime faire mes propres choix
12. J'aime essayer de nouvelles choses
13. J'aime surmonter des obstacles
14. J'ai du mal à abandonner un problème sans avoir trouvé la solution
15. J'aime les tâches difficiles
16. J'ai besoin de finir ce que j'ai commencé
17. Je n'aime pas suivre les règles
18. Je me perçois comme étant rebelle
19. J'aime remettre en question les consignes
20. J'aime provoquer
21. J'aime être récompensé.e pour mes efforts
22. Je suis prêt.e à faire des efforts pour une récompense
23. Je suis motivé.e par les récompenses
24. J'aime les compétitions où je peux gagner des prix

Figure 18: Questionnaire retenu pour la phase expérimentale

Ce questionnaire, d'une durée approximative de 20 minutes, est diffusé de manière numérique, *via* la plateforme LudiMoodle. Pour garantir l'anonymat de chacun de ces élèves, un identifiant leur a été donné, sur la base suivante : lettre de la classe suivie du sexe (noté F ou

G) et d'un numéro (01, 02, etc.). Une lettre a été attribuée à chacune des classes (A-B-C-D-E-F-G). Enfin, l'enseignant de chaque classe s'est vu attribué la lettre P (comme Professeur.e) suivi d'un numéro d'identification.

La consigne donnée aux élèves était de répondre à la question 1 au pré-test et au post-test de façon à mesurer le gain motivationnel, et uniquement à la seconde question lors pré-test de façon à déterminer le profil de joueur de l'élève (cf. figure 18).

Pour plus de simplicité dans la présentation de nos résultats en tableau, nous avons donné des acronymes aux différentes variables de la motivation et précisé la correspondance de chacune de ces variables dans le cadre de notre échelle de la motivation à faire des mathématiques :

- Motivation intrinsèque à la connaissance (MICO) : apprendre de nouvelles choses
- Motivation intrinsèque à l'accomplissement (MIAC) : relever des défis
- Motivation intrinsèque à la stimulation (MIST) : faire des mathématiques par plaisir
- Motivation extrinsèque à la régulation identifiée (MEID) : faire des mathématiques par utilité (études, passage en 3^{ème}, etc.)
- Motivation extrinsèque à la régulation introjectée (MEIN) : pour se sentir compétent
- Motivation extrinsèque à la régulation externe (MERE) : pour obtenir des récompenses (notes, etc.)
- Amotivation (AMOT) : amotivation

2. Fiabilité de l'échelle et validation du continuum d'autodétermination en mathématiques

Dans la mesure où nous avons procédé à une adaptation de l'ÉMÉ à notre public et aux mathématiques, nous avons dû vérifier la fiabilité de notre échelle. Conformément à l'échelle proposée par Vallerand, nous avons attribué 1 point lorsque l'élève répondait « pas du tout d'accord » à un item, 2 points pour « pas d'accord », 3 points pour « neutre », 4 points pour « un peu d'accord » et 5 points pour « totalement d'accord ». Ensuite, une analyse factorielle confirmatoire a été effectuée, par sous-échelle, pour s'assurer que nos données s'ajustent suffisamment au modèle que nous proposons. Tous les tests effectués montrent une cohérence de chacune de nos sous-échelles (cf. tableau 8 ci-dessous).

Sous-échelles	Indice KMO & Test de sphéricité de Bartlett	Nombre de facteurs & variance totale expliquée	Items	Moyenne/écart-type	Matrice des composantes
MICO	KMO=.719 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 62.029%	J'adore apprendre de nouvelles choses J'aime découvrir de nouvelles choses J'aime en savoir toujours un peu plus en mathématiques J'aime tout ce qui se rapporte aux mathématiques	3.65/1 3.79/1.137 3.48/1.160 2.87/1.214	.780 .762 .831 .776
MIAC	KMO=.752 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 58.63%	J'aime voir que je suis capable de faire les exercices J'aime maîtriser les leçons abordées Je suis satisfait-e quand je réussis des activités scolaires difficiles J'aime relever des défis	3.93/1.112 3.71/1.192 4.33/1.016 3.43/1.243	.759 .817 .780 .702
MIST	KMO=.790 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 68.57%	J'aime vraiment faire des mathématiques Je ne vois pas le temps passer en cours de mathématiques Ça m'amuse de résoudre des problèmes en mathématiques J'adore faire des exercices difficiles	3.18/1.336 3.18/1.343 2.92/1.267 2.64/1.287	.898 .662 .892 .829
MEID	KMO=.806 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 70.30%	J'aurai le choix pour mes études futures grâce aux mathématiques Je vais pouvoir travailler dans un domaine que j'aime grâce aux mathématiques Les mathématiques sont importantes dans la vie de tous les jours Je vais pouvoir trouver un travail plus tard grâce aux mathématiques	3.70/1.266 3.50/1.396 4.09/1.116 3.56/1.363	.890 .892 .657 .890
MEIN	KMO=.738 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 56.021%	Je veux me prouver que je suis capable de réussir en mathématiques Pour me prouver que je suis compétent-e Pour me prouver que je suis fort-e en mathématiques Si je n'allais pas en cours de mathématiques j'aurais des remords	3.8/1.178 3.65/1.110 3.28/1.203 3.17/1.389	.831 .822 .783 .511
MERE	KMO=.742 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 55.75%	Je veux avoir de bonnes notes et une bonne moyenne générale Pour pouvoir passer en 3 ^{ème} Pour avoir les félicitations du conseil de classe Pour avoir un bon livret scolaire	4.47/0.86 4.05/1.149 3.37/1.355 3.83/1.206	.763 .750 .730 .744
AMOT	KMO=.768 P Bartlett=.000<.0005	1 facteur Variance= 57.68%	Je ne sais pas pourquoi j'y vais, j'ai l'impression de perdre mon temps J'avais de bonnes raisons d'y aller, mais aujourd'hui je n'en ai plus Je ne vois pas l'intérêt d'être bon en mathématiques Je ne sais pas pourquoi je vais en cours de mathématiques	1.68/1.022 1.71/1.096 1.78/1.107 1.76/1.146	.810 .743 .702 .778

Tableau 8: Résultats des analyses factorielles confirmatoires par sous-échelle

Avant de traiter les données, la cohérence de ces items comme éléments constitutifs de notre échelle de la motivation en mathématiques, nous avons mesuré la cohérence interne de

chacune des sous-échelles en regroupant des items les constituant et avons obtenu les alphas de Cronbach suivant :

Type de motivation	MICO	MIAC	MIST	MEID	MEIN	MERE	AMOT
α de Cronbach	.794	.708	.841	.858	.712	.723	.752

Tableau 9: Statistiques de fiabilité de chacune des sous-échelles de la motivation

Nous constatons que toutes les sous-échelles ont des indices de Cronbach satisfaisants puisqu'ils sont nettement supérieurs au seuil de .70 communément accepté en termes de fiabilité et cohérence interne des items associés. Nous avons ensuite procédé à une MANOVA afin de voir les corrélations des sous-échelles entre elles (cf. tableau 10 ci-dessous).

Matrice de corrélation inter-éléments							
	AMOT	MERE	MEIN	MEID	MIST	MIAC	MICO
AMOT	1,000	-,256	-,410	-,538	-,579	-,432	-,541
MERE	-,256	1,000	,538	,209	,231	,407	,326
MEIN	-,410	,538	1,000	,470	,557	,629	,592
MEID	-,538	,209	,470	1,000	,533	,345	,498
MIST	-,579	,231	,557	,533	1,000	,604	,778
MIAC	-,432	,407	,629	,345	,604	1,000	,674
MICO	-,541	,326	,592	,498	,778	,674	1,000

Tableau 10: Matrice de corrélation entre les différents types de motivation

Conformément aux attentes de Vallerand et al. (1989) lors de la création de l'ÉMÉ, nous constatons que l'amotivation est corrélée négativement à toutes les autres sous-échelles de la motivation et que les motivations intrinsèques sont fortement corrélées entre elles ($r=.604$, $r=.674$, $r=.778$). La MERE affiche un $r=.538$ avec la MEIN, qui elle-même affiche un $r=.470$ avec la MEID, MEID qui affiche des corrélations variant de .345 à .533 avec les trois motivations intrinsèques. Ces corrélations décroissantes confirment donc l'existence d'un continuum d'autodétermination, comme l'ont constaté Deci et Ryan (1995). Ces résultats amènent au constat que les 28 items proposés permettent effectivement d'évaluer l'autodétermination des élèves selon un continuum d'autodétermination. Nous pouvons donc utiliser l'échelle pour comparer les résultats obtenus aux séances de pré-test et de post-test, et ainsi mesurer la variation de motivation.

3. Mesurer le comportement motivé

Différentes traces ont été fournies par le Laboratoire d'InfoRmatique en Images et Systèmes d'information pour mesurer le comportement motivé des élèves et vérifier si celui-ci est lié à une progression de la motivation. En effet, nous avons vu précédemment, qu'une augmentation de la motivation n'est pas nécessairement synonyme de comportement motivé (cf. chapitre 3, section 2, p. 48). Parmi ces différents indicateurs, nous en avons retenus plusieurs, permettant de mesurer à la fois la « performance » des élèves et leur « persévérance ». Rappelons que pour Viau (2009) les quatre principaux indicateurs de la motivation scolaire sont le choix, la persévérance, l'engagement et la performance. Ces indicateurs, contrairement aux sources de la motivation qui déterminent le niveau de motivation de l'élève, sont des conséquences de la motivation.

Dans notre cas, nous disposons de 2 indicateurs : le *Questions Ratio* qui est un indicateur de performance (*Questions Ratio* : nombre de questions justes/nombre de questions répondues) et le *Restarted Count* qui est un indicateur de persévérance (*Restarted Count* : nombre de tentatives pour améliorer le nombre de questions justes). Précisons qu'un indicateur de persévérance bas ne signifie pas forcément que l'élève n'est pas persévérant. En effet, un élève dont la performance est élevée n'aura pas nécessairement besoin de recommencer pour améliorer son score, d'autant que pour passer à l'exercice suivant, un minimum de 70% de réponses justes est attendu. Cet indicateur doit donc être considéré en même temps que l'indicateur de performance. Les élèves n'ayant pas eu le choix de faire ou de ne pas faire les exercices sur tablette, nous n'avons pas eu la possibilité de mesurer les stratégies d'autorégulations mises en place par l'élève.

Chapitre 4. Etude de l'effet enseignant sur le comportement motivé

Dans ce chapitre nous présenterons la méthode retenue pour définir le style motivationnel de l'enseignant (cf. section 1 ci-après) qui nous permettra ensuite de déterminer s'il existe un effet enseignant permettant d'expliquer des différences de comportements motivés entre élèves de classes différentes (cf. section 2, p. 114).

1. Déterminer le style motivationnel de l'enseignant

Sarrazin et al. (2006) se sont particulièrement intéressés aux éléments pouvant favoriser un climat de maîtrise (2006, p. 153) ainsi qu'aux éléments soutenant l'autonomie (2006, p. 167). Ils ont réalisé une classification qui permet d'identifier, lors de la réalisation d'une séance d'enseignement, les éléments favorisant un climat de maîtrise et favorisant les besoins d'autonomie, de compétence et d'appartenance :

- a) Pour savoir si un enseignant soutient l'autonomie ou au contraire fait preuve de contrôle, il est nécessaire de focaliser notre attention sur la façon dont il implique les élèves dans la tâche qui leur est demandée, notamment en repérant s'il explique l'utilité de la tâche, les incite à faire des choix, leur laisse du temps en autonomie, évite les directives du type « il faut », « tu dois », les félicite, etc.
- b) Pour repérer si l'enseignant structure plus ou moins son enseignement et soutient le besoin de compétence des élèves, ces auteurs conseillent également de repérer si l'enseignant propose des tâches représentant un défi, fixe des objectifs atteignables, donne des feedbacks individualisés, évite les feedbacks collectifs trop rapides, etc.
- c) Enfin, pour mesurer l'implication de l'enseignant, il s'agit de vérifier s'il fait preuve d'empathie, fait preuve de compréhension face aux difficultés rencontrées, évite les remarques pouvant « piquer l'égo », et soutient ainsi leur besoin d'appartenance.

Nous nous sommes inspirés de cette classification dans le cadre de notre recherche et l'avons enrichie des invariants implémentés lors de la co-conception qui visent à créer les conditions permettant de favoriser l'autonomie des élèves, ainsi que d'une description de l'environnement classe (disposition des tables, les outils mobilisés, la façon dont ils sont

mobilisés à la fois par l'enseignant mais aussi par les élèves, etc.). Cette objectivation de l'action doit permettre de dire si l'enseignant facilite l'autonomie ou au contraire la contraint. Une liste non exhaustive des actions et des dispositifs qui permettent de définir un climat de maîtrise, ont été répertoriées et listées (cf. tableau 11 ci-dessous) :

Soutien à l'autonomie (besoin d'autonomie)	Structuration de l'enseignement (besoin de compétence)	Implication de l'enseignant (besoin d'appartenance)
Ex. Expliquer l'utilité de la tâche, inciter à faire des choix, éviter un ton directif, mettre en autonomie, s'entraîner, intéresser, etc.	Ex. Proposer des tâches représentant un défi, fixer des objectifs atteignables, différencier, donner des feedbacks individualisés, éviter les feedbacks collectifs trop rapides, permettre aux élèves d'échanger entre eux, etc.	Faire preuve d'empathie, être compréhensif, éviter les remarques négatives non constructives, féliciter, etc.

Tableau 11: Grille permettant d'identifier caractérisant un climat de maîtrise (d'après Sarrazin et al., 2006)

Pour Sarrazin et al. (2006), le soutien à l'autonomie et la structuration de l'enseignement sont déterminants du style motivationnel, l'implication de l'enseignant détermine quant à elle le comportement motivé de l'élève. Autrement dit, il convient ensuite de repérer les degrés de structuration et de contrôle (cf. figure 19 ci-après) pour déterminer le style de l'enseignant (contrôlant, soutenant l'autonomie, permissif ou inconsistant).

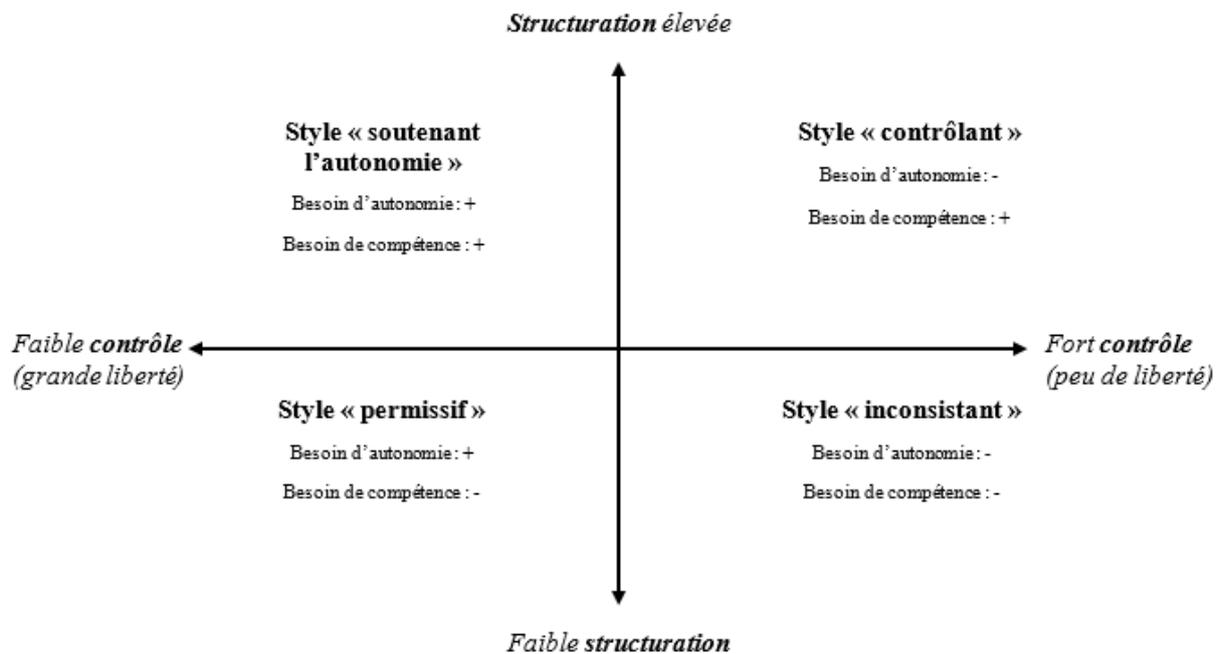


Figure 19: Degrés de structuration et de contrôle permettant d'établir le style motivationnel enseignant (d'après Sarrazin et al., 2006)

Cependant ces auteurs n'explicitent pas comment mesurer ces degrés de contrôle et de structuration, et que faire des éléments relatifs à l'implication des enseignants. Or ils expliquent très bien qu'un enseignant qui est impliqué favorise davantage le comportement motivé de ses élèves contrairement à un enseignant « hostile » (Skinner et Hedge, 2002). Nous avons donc fait le choix d'attribuer :

- 1 point à chaque élément favorisant l'autonomie, une structuration élevée ou l'implication positive de l'enseignant
- 1 point à chaque élément contrôlant, relatif à une faible structuration de l'enseignement ou une faible implication de l'enseignant
- Et d'ajouter le score d'implication de l'enseignant lorsqu'il est positif au score d'autonomie, de le retrancher à ce dernier lorsqu'il est négatif

Ce système de mesure, bien que perfectible, permettra de comptabiliser un score de structuration sur l'axe des ordonnées ainsi qu'un score d'autonomie sur l'axe des abscisses, et de positionner les enseignants sur notre graphique.

2. L'observation *in situ*

Pour identifier les différents éléments permettant de définir le style motivationnel de l'enseignant, nous avons eu recours à l'observation *in situ*, que l'on pourrait qualifier d'observation sociale et expérimentale (Ciccone, 2012). Ces observations sont réalisées à partir des captations vidéos de séances portant sur la distributivité double ; séance sur laquelle portent les entretiens d'explicitation. Pour éviter de perturber davantage l'activité d'apprentissage, nous n'avons pas été présents pendant les captations vidéos. Ainsi, le potentiel *biais*, créé par la présence de la caméra en fond de classe, a été observé de façon identique dans chacune des classes filmées.

L'observation *in situ* vise à faire le « *récit de scènes, de moments de vie, de corps agissants, d'évènements interactionnels singuliers* » (Pandraud, 2013, p.1). Conscients que cette focalisation externe ne peut être totalement directe, puisque l'observateur-narrateur peut être influencé par ses propres perceptions, nous avons focalisé notre attention sur les personnes, les objets, les évènements, les actions et les situations (Molino, Lafhail-Molino, 2003). Plus spécifiquement, il s'agissait de s'intéresser à la situation d'apprentissage de la distributivité double, moment particulier qui se définit par les interrelations au sein du microsystème-classe

au sein du couplage structurel élève-EIAH-objet de savoir-enseignant (Guérin, 2012). L'objectif ici était de comprendre comment l'ensemble s'actualise au cours de l'activité, au gré des interventions de l'enseignant mais aussi des élèves, des problèmes et de leur résolution. L'observation effectuée se veut descriptive et narrative en faisant le récit chronologique de ce qui se passe, des événements particuliers se produisant. Puis nous nous sommes attachés à identifier les éléments permettant de caractériser le soutien à l'autonomie, la structuration de l'enseignement et l'implication de l'enseignant. Sur ce dernier point, nous nous sommes attachés à décrire l'atmosphère ou un climat particulier.

Les résultats de ces observations ont permis de caractériser le style motivationnel de l'enseignant. Nous avons ensuite croisé ces résultats à ceux issus des entretiens d'explicitation, notamment pour savoir si parmi les affordances implémentées certaines sont caractéristiques d'un style contrôlant *versus* non contrôlant (cf. tableau 11, p.115). Plus généralement, il s'agit d'étudier si les affordances spécifient le style motivationnel de l'enseignant.

3. Triangulation des données

Pour déterminer s'il existe un effet de l'enseignant sur les différences de comportements observés entre élèves de classes différentes (hypothèse 4), nous avons croisé les données sur la motivation et les comportements motivés, aux styles motivationnels identifiés, qui ont été déterminés à la fois par les observations et par l'étude des affordances réelles. Ainsi, il est possible de dire si le fait de percevoir des affordances réelles favorise un style plutôt qu'un autre et si ces variations de perceptions ont un effet sur le comportement motivé des élèves.

Même si ces résultats ne sont pas généralisables puisqu'ils portent sur une seule séance, il est possible d'identifier des régularités et, plus généralement, des hypothèses explicatives, à partir des entretiens et captations vidéo de 8 enseignants (3 lors de la phase de test et 5 lors de la phase expérimentale).

Troisième partie

Résultats de la phase de test

Dans cette partie nous présenterons les résultats issus de la phase de test du prototype qui illustrent une partie des interrelations qui se jouent au sein de l'écosystème classe. Ils permettent, bien que l'EIAH ne soit pas encore achevé, de percevoir des premières différences de variations de la motivation en fonction des caractéristiques des élèves, du niveau de motivation initiale (cf. chapitre 1, p. 119) et du style motivationnel enseignant (cf. chapitre 3, p. 150). Ces premiers résultats permettent également de vérifier si la co-conception favorise la perceptions d'affordances à la fois chez les enseignants co-concepteurs mais aussi chez les enseignants testeurs, sachant que c'est une phase de test et, donc, que des ajustements seront opérés par la suite au niveau ergonomique et pédagogique (cf. chapitre 2, p. 124).

Chapitre 1. Effet du prototype sur la motivation

Dans ce chapitre, nous étudierons l'effet du prototype sur la variation de motivation des élèves en fonction de leurs caractéristiques individuelles (cf. section 2, ci-après) et de leur niveau de motivation initiale (cf. section 3, p. 122).

1. Présentation des données

Nous n'avons constaté aucune donnée manquante pour le questionnaire réalisé en pré-test, cependant, certains élèves présents lors du pré-test étaient absents au post-test. Nous en avons tenu compte lors de l'analyse en les retirant des calculs statistiques.

Notre étude a porté sur les données de 163 élèves (sur les 288 initialement prévus), répartis en 7 classes, ce qui représente 56,4% d'élèves en zone rurale, 43,6% en zone urbaine, 88,3% d'élèves en collège ordinaire et 11,7% en zone d'éducation prioritaire.

La proportion de filles et de garçons est respectivement de 47,2% contre 52,8%. L'âge médian est de 13 ans avec un minimum à 11 et un maximum à 15. Nous avons constaté que 4,3% des élèves avaient moins de 13ans, 93,9% entre 13 et 14 ans, et 1,8% avaient plus de 14ans. Le pourcentage d'élèves de moins de 13 ans ou de plus de 14 ans est quasi insignifiant, c'est pourquoi nous ne traiterons pas les données suivant la variable âge.

Classe	Nb élèves	Nb Filles/ garçons	Age Moyen / Ecart-type	Enseignant	Collège	Zone	Type
A	22	11/11	13.36/0.581	P3	A	Rurale	ordinaire
B	25	12/13	13.36/0.490	P1	B	Rurale	ordinaire
C	24	13/11	13.42/ 0.584	P2	B	Rurale	ordinaire
D	19	8/11	13.32/ 0.582	P4	C	Citadine	Zone d'éducation prioritaire
E	26	10/16	13.50/0.752	P5	D	Citadine	ordinaire
F	25	11/14	13.32/0.690	P5	D	Citadine	ordinaire
G	22	12/10	13.14/ 0.560	P3	A	Rurale	ordinaire

Tableau 12: Répartition de l'échantillon classes en fonction de l'enseignant, du collège, de la zone et du type de collège

Du fait de l'absence de normalité de distribution de certaines variables, ou d'un manque d'homogénéité de certaines autres (coefficients de voussure et/ou d'asymétrie anormaux), et la

présence de valeurs extrêmes, nous avons eu recours à des tests non paramétriques (cf. livre des annexes, 1^{ère} partie, chapitre 2, section 1, p. 86). Des tests H de Kruskal-Wallis et U de Mann-Whitney ont été effectués pour déterminer s'il existe des différences significatives de motivation entre élèves en fonction des variables sexe, zone de collège, collège et classe, et donc de consolider notre hypothèse (hypothèse 1). Il s'agit de tests équivalents au test ANOVA à un facteur (inter-sujets). La particularité de ces tests est de comparer non pas des moyennes mais des médianes.

Puis un test des rangs signés de Wilcoxon, comparant les scores obtenus en pré-test et en post-test pour chacune des sous-échelles, et donc les médianes deux à deux, a permis de mesurer l'effet de l'EIAH sur la motivation des élèves.

2. Une motivation dépendante des caractéristiques des élèves

Pour mesurer les variations de motivation des élèves suite à l'utilisation de LudiMoodle en classe, nous avons dans un premier temps mesurer cette variation au niveau global, puis selon différents niveaux d'analyse : zone du collège, sexe et niveau de motivation initiale.

Les résultats du test de Wilcoxon montrent globalement, une diminution de la motivation et une progression de l'amotivation de l'ensemble des élèves (cf. tableau 13 ci-dessous).

Variations de motivation	Δ AMOT	Δ MERE	Δ MEIN	Δ MEID	Δ MIST	Δ MIAC	Δ MICO
Z	2,296*	-1,626	-3,073*	-2,306*	-2,828*	-2,873*	-4,358**

Tableau 13 : Variations globales significatives des scores de la motivation (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

Cette démotivation prend néanmoins des formes différentes selon la zone du collège et le sexe des étudiants. En effet, les élèves de zone urbaine sont plus motivés que ceux de zone rurale à faire des mathématiques pour apprendre de nouvelles choses (MICO ; $z = -2,577$; $p = .01$) et par plaisir (MIST ; $z = -2,598$; $p = .003$).

Différences entre zones en pré-test	Différences entre zones en post-test
MICO rurale<urbaine ($z = -2,577^*$)	MIAC rurale<urbaine ($z = -2.209^{**}$)
MIST rurale<urbaine ($z = -2,598^{**}$)	MIST rurale<urbaine ($z = -2.43^*$)

Tableau 14: Différences de motivation et de variation de motivation suivant la zone de collège (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

Il est aussi remarqué que les garçons sont plus motivés que les filles à faire des mathématiques par plaisir (MIST) et pour relever des défis (MIAC, cf. tableau 15 ci-dessous).

Différences entre sexes en pré-test	Différences entre sexes en post-test
MIAC filles<garçons (z= -2.126*)	MIAC filles<garçons (z= -2.115*)
MIST filles<garçons (z= -3.112**)	MIST filles<garçons (z= -2.699*)

Tableau 15: Différences de motivation et de variation de motivation suivant le sexe de l'élève (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

Plus précisément, il est remarqué que les filles de zone rurale sont davantage motivées aux récompenses que celles de zone urbaine ($z = -2,157$; $p = .031$), alors que les garçons de zone urbaine sont davantage motivés que ceux de zone rurale à faire des mathématiques par plaisir ($z = -2,789$; $p = .005$), pour relever des défis ($z = -2,203$; $p = .028$) ou pour apprendre de nouvelles choses ($z = -2,096$; $p = .036$).

Ces premiers résultats montrent des écarts motivationnels différents en fonction des caractéristiques individuelles des élèves et des types de motivations spécifiques.

Il est notamment constaté que la seule variable de motivation post-test permettant de différencier les élèves (toutes classes et collèges confondus) est la motivation à faire des mathématiques par plaisir (MIST, $H = 16.803$; $p = .001$). Nous constatons, là aussi, des différences en fonction du sexe et de la zone du collège. Les filles éprouvent moins de plaisir que les garçons à faire des mathématiques (MIST). Ce résultat, observé lors du pré-test ($z = -3,112$; $p = .002$), s'observe également en post-test ($z = -2.075$; $p = .038$). De manière encore plus spécifique, les garçons de zone urbaine seraient plus motivés que ceux de zone rurale à faire des mathématiques par plaisir ($z = -2,789$; $p = .005$). Les élèves « masculins-ruraux » ont vu leur score de motivation à faire des mathématiques par plaisir diminué ($z = -1,984$; $p = .035$), ce qui n'est ni le cas pour les garçons urbains, ni pour les filles rurales et urbaines.

3. Un effet différent suivant le niveau de motivation initiale

Les différences observées sur la MIST (cf. section précédente) s'expliquent aussi en fonction du niveau de motivation initiale (cf. tableau 16 ci-dessous) : pour les élèves faiblement motivés à faire des mathématiques par plaisir (quartile 1 inférieur à 7) leur motivation augmente sur ce même type de motivation ($z = 2.445$; $p = .014$), contrairement aux élèves les plus motivés

initialement (quartile 3 supérieur à 13).

MIST<7	MIST [7 ; 10]	MIST]10 ; 13]	MIST>13
MIST* (z= 2.445 ; p=.014)	MEID (z= -2.061 ; p=.039) MICO (z= -3.843 ; p=.000)	MIST (z= -3.759 ; p=.000) MIAC (z= -2.555 ; p=.011)	AMOT*(z=2.536 ; p=.011) MERE (z=-2.884 ; p=.011) MEIN (z= -4.124; p=.000) MIST (z= -2.757; p=.010) MIAC(z= -2.021 ; p=.043)

Tableau 16: Variations significatives de la motivation en fonction du niveau de MIST initiale (* variation significativement positive)

Ce résultat corrobore celui observé, de manière plus générale, entre le niveau motivation initiale et l'écart de variation : au plus un élève est initialement peu motivé pour un type de motivation, au plus il est motivé pour cette même motivation ; et, inversement, plus l'élève est motivé au départ, plus sa démotivation est grande suite à l'expérimentation.

		Δ MICO	Δ MIAC	Δ MIST	Δ MEID	Δ MEIN	Δ MERE	Δ AMOT
AMOT initiale	Coefficient de corrélation	-,143*	-,017	-,035	-,017	-,005	-,096	-,317**
MERE initiale	Coefficient de corrélation	-,041	-,102	-,065	,011	,022	-,297**	-,010
MEIN initiale	Coefficient de corrélation	,042	-,022	-,002	-,007	-,223**	-,085	,036
MEID initiale	Coefficient de corrélation	-,122*	-,073	-,006	-,252**	-,082	-,066	,055
MIST initiale	Coefficient de corrélation	,034	-,067	-,260**	-,045	-,071	-,058	,020
MIAC initiale	Coefficient de corrélation	,030	-,229**	-,114	-,035	-,073	-,047	,025
MICO initiale	Coefficient de corrélation	-,115	,014	-,052	-,086	-,059	-,001	,054

Tableau 17: Test de corrélation entre motivation initiale et variation de la motivation (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

Ce résultat s'observe principalement chez les filles. En effet, comme indiqué dans le tableau 18 ci-dessous, les motivations initiales des garçons semblent expliquer principalement leur variation de régulation externe (MERE).

		Δ MICO	Δ MIAC	Δ MIST	Δ MEID	Δ MEIN	Δ MERE	Δ AMOT
AMOT initiale	Coefficient de corrélacion	-,221*	,044	-,075	-,137	-,001	,127	-,300**
MERE initiale	Coefficient de corrélacion	,077	-,032	-,024	,095	,113	-,503**	-,062
MEIN Initiale	Coefficient de corrélacion	,031	-,048	,050	,012	-,119	-,211*	,037
MEID Initiale	Coefficient de corrélacion	-,028	-,080	,044	-,216*	,021	-,248*	-,048
MIST Initiale	Coefficient de corrélacion	,103	,028	-,181*	-,083	-,001	-,246*	-,014
MIAC Initiale	Coefficient de corrélacion	,035	-,154	-,096	-,109	-,077	-,189*	-,003
MICO initiale	Coefficient de corrélacion	-,117	,058	-,030	-,097	-,042	-,241*	-,058

Tableau 18: Test de corrélation entre motivation initiale et variation de la motivation des garçons (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

L'ensemble des résultats de ce chapitre montre, d'une part, des motivations différentes selon les caractéristiques individuelles des élèves (sexe et zone de collège) ; et, d'autre part, un effet de la motivation initiale sur la variation de motivation du même type. Autrement dit, et de manière très générale, l'intégration de cet EIAH gamifié favoriserait davantage la motivation des élèves peu ou pas motivés en mathématiques alors qu'il démotiverait les élèves au départ les plus intéressés.

Chapitre 2. Effet de la co-conception sur les affordances

Dans ce chapitre l'affordance sera étudiée au regard des invariants socioculturels implémentés. Les résultats des entretiens d'explicitation seront présentés par enseignant, en commençant par une description du prescrit, ce qui permettra une première prise d'information sur l'environnement de cet enseignant et, dans le même temps, de nous familiariser avec la notion abordée dans cette séance. Puis nous focaliserons notre étude sur les affordances réelles que nous comparerons aux invariants implémentés lors de la co-conception, avant d'en étudier le jugement qui en est fait par l'enseignant et son continuum avec ses affordances intentionnelles. Enfin, les résultats de chaque enseignant seront croisés pour déterminer s'ils ont perçu des affordances communes ou différentes.

1. Analyse de l'entretien de l'enseignant P1

Pour rappel, nous avons choisi de numéroter chacune des répliques des enseignants, et de sous-numéroter celles trop longues ou présentant des idées différentes (ex. 1, puis 1.a, 1.b, etc. ; cf. livre des annexes, 1^{ère} partie, chapitre 1, section 1, p. 22). Chaque enseignant s'est vu attribué la lettre P suivi d'un numéro d'identification afin d'anonymiser ses données. La retranscription de l'entretien et son traitement figurent en annexe (cf. livre des annexes, 1^{ère} partie, chapitre 1, p. 13).

1.1. Description du prescrit de l'enseignant P1

Le premier interviewé, que nous nommerons P1, est âgé de 42 ans, de sexe masculin, vit en couple avec des enfants. Il est professeur de mathématiques depuis 18 ans, dont 17 ans dans le même établissement rural de type ordinaire. Il est également référent TICE dans son collège et estime avoir environ 30% d'élèves en difficulté par classe de 26 élèves. Il est co-concepteur.

Concernant la séance de la double distributivité, P1 l'identifie comme une notion particulièrement difficile d'un point de vue mathématique, peu concrète et qui intéresse peu les élèves.

4.b La double distributivité en elle-même ne les intéresse absolument pas [...] 30.b c'est pas visuel, c'est pas. Y a pas de partie recherche avec un problème concret, enfin très peu. On est sur du calculatoire, on est sur ce qui en maths nous pose le plus de soucis, pour intéresser les élèves. On intéresse nos bons élèves, qui sont scolaires et qui adorent voilà, les nouvelles techniques ça j'adore, mais notre élève moyen ou faible on l'accroche pas avec ça (P1).

Il ajoute qu'il s'agit d'une partie essentiellement calculatoire, application directe du cours, ce qui pose le plus de soucis aux élèves. Concrètement, les consignes au niveau du programme sont de faire du concret et de simplifier. C'est pourquoi il a l'habitude d'illustrer ce cours par des images, d'éviter les calculs complexes et les nombres relatifs :

38.a Euh, les tendances, on nous demande de faire du concret, donc là on est sur un chapitre où c'est particulièrement délicat [...] 38.c on nous demande de faire simple [...] 38.d de pas partir dans les calculs complexes [...] Ils vont bloquer sur une simple table de multiplication, sur, dès qu'il y a un nombre négatif ils coincent. Euh, voilà des, des opérations $11+13$, ça peut me coincer un tiers de mes élèves [...] 50.b et puis quand on fait du concret faut insérer des images, faut que ça soit visuel, euh les gamins faut que ça les accroche (P1).

Il différencie également les apprentissages pour faciliter la compréhension des élèves :

193 Mais sinon les stratégies oui pour diversifier, on en a beaucoup, et on adapte en fonction de la classe. Donc là sur mes 4 classes, j'en ai au moins 3, 3 profils différents. Donc on va faire en fonction de ce qui marche, de l'élève (P1).

Il essaie de rendre les élèves plus autonomes et de faire qu'ils s'entraînent, notamment en mobilisant le logiciel Labomep en salle informatique. Il propose une aide en ligne et des feedbacks automatiques, en les laissant se « débrouiller » ou en leur laissant la possibilité de s'entraider :

179 ça m'arrive assez souvent de partager la classe en deux, voire en trois. Euh typiquement, garder les plus faibles sur les deux rangées ici (montre le devant de la classe), mes moyens sur les deux grandes tables avec des travaux à leur niveau et puis les plus forts sur informatique avec les ordinateurs au fond, qui travaillent en autonomie complète [...] 183.a Donc eux je leur dis, je vous laisse vous débrouiller, éventuellement vous communiquez entre vous si vous avez besoin, et en fait en pratique les bons élèves ils se débrouillent [...] 183.b L'outil informatique quand ils ont une question, ils ont une aide, ils regardent l'aide, ils testent, ils se plantent, ils retestent, ça y est j'ai compris, donc ils sont, alors ils seraient pas 100% autonomes (P1).

Voyons à présent les affordances réelles perçues par P1 lorsqu'il a réalisé cette séance, non pas avec Labomep mais avec LudiMoodle.

1.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 pendant l'activité

Concernant le déroulement de la séance, P1 dit que le fonctionnement est toujours le même, à savoir une séance complète sur tablette avec cours et exemples faits la séance précédente. P1 précise qu'il a dans un premier temps branché la Moodle box et la borne wifi, rendu visible la séance sur la double distributivité puis demander à un élève par rangée de distribuer les tablettes. Les élèves se sont ensuite connectés au wifi puis à LudiMoodle grâce à un identifiant et un mot de passe qui leur avaient été attribués. Afin de simplifier l'utilisation de LudiMoodle et d'éviter des erreurs, il a fait un rappel des consignes d'écriture :

28 Oui alors comme à chaque fois, il faut leur rappeler un peu les consignes notamment cette histoire d'ordonner x carré, puis après les x puis après les nombres (P1).

Pour permettre à ses élèves de s'entraîner, P1 a rappelé que les exercices n'étaient pas évalués et qu'ils avaient un feedback automatique leur permettant d'être totalement autonomes :

6.d Donc autorisation de se tromper, euh, autorisation de refaire, de, même de demander à un voisin du moment que c'est sans faire trop de bruit [...] 68.a Alors ils devaient faire une série de question avant d'avoir les réponses [...] 78.a Aucune note, aucune évaluation 78.b On leur a présenté ça comme de l'entraînement (P1).

Les élèves pouvaient s'ils le souhaitaient, s'entraider tout en restant discrets et en l'ayant signalé auparavant à l'aide d'un tétraèdre orienté sur leur table :

189.a Ils avaient le droit de parler avec le voisin, voire même de se retourner [...] 201.c ce qui m'intéresse justement c'est qu'ils cherchent par eux-mêmes, qu'ils s'entraident entre eux [...] 189.b Sur le tétraèdre y avait un, une, les faces étaient, enfin une des pointes en haut, c'était je travaille en groupe. Donc quand ils mettaient ça, ils avaient officiellement le droit de communiquer avec le voisin, la seule consigne c'était le volume sonore, un volume raisonnable (P1).

Pendant cette séance, P1 souhaite se faire discret pour que ses élèves soient le plus autonomes possible. Il est intervenu au tableau lorsque les élèves étaient en difficulté :

205 Euh, en dire le moins possible des fois c'est la meilleure chose et par contre quand, j'ai dû faire 364 interventions dans l'heure quand, quand tous bloquaient sur le même truc, voilà, quand tout le monde est coincé au même moment, que ça démarre pas, allez on prend un petit temps pour expliquer tout ça, et là le tableau est important pour tous ces moments-là (P1).

Il a également choisi de rendre plus concrète cette notion en réalisant un exercice problème :

191.a J'ai fait, j'ai fait au plus simple. J'ai fait quelque chose qu'ils connaissaient bien, surtout sur le fonctionnement, ils l'ont de temps en temps, bon ben pas sur tablette mais je vois un exercice classique où je leur dis ben, 10 min de recherche individuelle après on est par deux, on travaille en groupe et puis après on met en commun [...] 191.b C'est les grands classiques sur du, sur du problème, sur du problème concret (P1).

Enfin, P1 précise qu'il y avait des éléments ludiques distribués aléatoirement aux élèves :

219 Oui. Y en avait une par élève, alors elle se retrouvait plusieurs fois dans la classe [...] 221 Et chaque élève avait pas la même que le voisin en général [...] (P1).

P1 a donc perçu en situation des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras dans le tableau 19 ci-dessous) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture
Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Utiliser un tétraèdre
Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller Se faire discret Recourir aux feedbacks automatiques
S'entraîner	Ne pas évaluer Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Faire du concret	Faire un exercice problème
Intéresser	Insérer aléatoirement des éléments ludiques

Tableau 19: Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

1.3. Evaluation des affordances réelles perçues

P1 est revenu sur les objectifs qu'il s'était fixés pour cette séance. Il constate que l'objectif de « simplifier » n'a pas été atteint. Il suggère que dans les futurs exercices co-conçus, les chiffres n'excèdent pas 5, qu'il n'y ait aucun piège quitte à répéter plusieurs fois des problèmes basiques :

10.c il faut vraiment qu'on lui montre des trucs, ce que c'est que simple, c'est vraiment des choses, pas de chiffres plus grands que 5 [...] 12.a Pas de, euh, aucun piège et parfois répéter 10 ou 20 fois des problèmes basiques, pour que l'élève se rassure et notamment nos élèves en difficulté (P1).

Si LudiMoodle a été mobilisé comme exerciceur, il a permis aux élèves – certes de de s’entraîner – mais il ne leur a pas permis d’être autonomes puisqu’il il a dû faire de nombreuses interventions au tableau pour faire de la remédiation, d’autant le feedback proposé était insuffisant et qu’il comportait certaines erreurs :

12.c Si on inversait euh les termes dans la somme, ça comptait faux, donc faut leur expliquer que $3x+2$ qui normalement est pareil que $2x+3$, et ben là non, sur l’ordinateur c’est $3x+2$, d’abord les x après les nombres, si y a des x au carré ben on les met en premier. Donc y avait beaucoup de consignes, j’allais dire superflues [...] 18.c Ça, ça leur plaît et ça leur permettait de répéter leurs gammes [...] 30.b Donc là l’outil tablette était très bien là-dessus [...] 68.a Ben du coup il faut qu’il ait fait les 10 fausses pour s’apercevoir que tout est faux [...] (P1).

Pour P1, les élèves n’ont pas acquis de connaissances grâce à LudiMoodle, hormis les bons élèves qui ont su maîtriser rapidement « l’outil ». Il reconnaît que cet objectif reste difficile à évaluer, aucune évaluation n’ayant été prévue en amont et en aval de l’expérimentation :

70.c on a juste fait la même chose (que Labomep) en beaucoup moins bien, donc c’est pas [...] 151 Les bons élèves qui maîtrisaient déjà rapidement l’outil, ont répété et se sont rassurés, les moyens, pff, je sais pas ce qu’ils ont appris, et les faibles c’est sûr que non ! (P1).

Quant à l’objectif qu’il s’était fixé d’intéresser les élèves, il a été réalisé de façon partielle :

60 Euh, les élèves n’ont pas vu la partie ludification [...] 4.a Pour intéresser les élèves. Déjà ce qui les intéresse c’est la tablette, c’est l’outil en lui-même, voilà, hein ça les change énormément par rapport à leurs habitudes. Donc ils accrochent là-dessus [...] 137. Mais ils ne voyaient pas la partie ludique puisqu’elle était cachée par le clavier en fait (P1).

Il manquait, selon lui, des illustrations et des exercices problèmes :

50.c Là c’était beaucoup de texte à lire, beaucoup de, des formules mathématiques mais peu d’images, donc rien, rien qui, rien qui accroche malheureusement [...] 14.7 Voilà, et donc ça, faut qu’on puisse revenir là-dessus, sinon, sinon faut qu’on change de chapitre, qu’on se mette sur d’autres choses mais on peut pas se limiter à des qcm en maths (P1).

En conclusion, P1 constate que les défauts de conception ont fini par laisser des élèves qui pourtant étaient très motivés et volontaires, ce qui l’a conduit à ne pas réaliser le module 2 sur les puissances :

118 au final, la première heure ils se sont bien mis dedans, ensuite ils ont joué le jeu poliment, enfin bon ils ont, ils ont été vaillants, puis quand ça s'est terminé, que je leur ai dit c'est la dernière... bon ben tant mieux ! (P1).

Nous constatons que P1 émet un jugement positif ou au contraire négatif sur des affordances qu'il a perçues, et d'autres qu'il ne semblait pas avoir perçues pendant l'activité. Nous avons signalé ces dernières, les affordances non perçues pendant l'activité mais perçues suite à l'activité, en couleur grisée dans le tableau 20 ci-dessous :

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Faciliter l'utilisation (-)	Anticiper les règles d'écriture (-)
Faire de la remédiation (-)	Autoriser les échanges (-) Annoter au tableau (-) Utiliser un tétraèdre (+)
Mettre en autonomie (-)	Laisser se débrouiller (-) Se faire discret (+) Recourir aux feedbacks automatiques (-)
S'entraîner (+)	Ne pas évaluer (-) Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
Faire du concret (-)	Faire un exercice problème (-) Insérer des images (-)
Intéresser (-)	Insérer aléatoirement des éléments ludiques (-) Mobiliser la tablette numérique (+)
Simplifier (-)	Eviter les calculs complexes (-) Eviter les nombres relatifs (-)

Tableau 20: Evaluation des affordances réelles perçues par P1 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées ; grisé= affordances évaluées mais non perçues en situation)

Nous essaierons dans la section suivante de comprendre pourquoi certaines affordances réelles ont été jugées négativement (outre les problèmes ergonomiques), en les comparant notamment aux affordances intentionnelles perçues et au prescrit de P1.

1.4. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité

P1 indique qu'il a participé à la co-conception de l'EIAH. Les objectifs identifiés, lors des séances de co-conception, étaient de proposer des exercices plus simples que ceux proposés par Labomep (c'est-à-dire sans nombres relatifs) et plus concrets :

40.b Donc voilà, c'est pour ça que les, l'objectif était vraiment de faire des exos au ras des pâquerettes [...] 143 On avait donné des consignes pour faire plus simple [...] 40.c où il y a uniquement des, la partie distributivité et rien d'autre qui parasite avec des nombres négatifs, des choses comme ça (P1).

Il s'agissait également de permettre aux élèves de s'entraîner, d'être en autonomie relative et de différencier les apprentissages :

6.e Donc l'objectif était vraiment de les mettre en activité, qu'ils fassent, qu'ils essayent, qu'ils se trompent mais qu'ils essayent au moins [...] 50.a En fait quand on a créé les exercices, on a essayé de mettre du concret mais c'était assez compliqué à implémenter [...] 177.a Les tablettes ça peut permettre de différencier 177.b ne serait-ce que parce que chacun va à sa vitesse [...] 203. Mais les mettre en autonomie c'est compliqué, même à leur âge (P1).

Enfin, l'attribution d'éléments de jeu devait permettre d'intéresser les élèves et de déclencher des comportements motivés :

18. Donc là, l'avantage c'est que ça me permettait de faire du répétitif de façon ludique (P1).

Nous avons regroupé les affordances intentionnelles perçues P1 en amont de l'activité dans le tableau ci-après.

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
Simplifier	Eviter les nombres relatifs Eviter les calculs complexes
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
Différencier	Adapter la vitesse
Intéresser	Insérer des éléments ludiques

Tableau 21: Affordances intentionnelles perçues par P1 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

A l'issu de ces résultats, nous comprenons pourquoi P1 n'a pas évalué de façon positive certaines affordances réelles perçues. P1 pensait pouvoir simplifier en évitant de mettre les nombres relatifs et les calculs complexes. Or, au cours de l'activité, il s'est aperçu que cela n'était pas possible. Il a dû s'y adapter en faisant de la remédiation et en écrivant les consignes au tableau pour faciliter le déroulement de l'activité.

Ces intentions découlent directement du prescrit de P1, ce qui signifie qu'il n'a pas anticipé en amont que mobiliser cet EIAH pouvait modifier sa façon de présenter la distributivité double. Ceci est d'autant plus curieux qu'il a participé à la co-conception de cet EIAH. Il a néanmoins perçu trois des quatre invariants implémentés en amont ce qui suggère que l'EIAH est, pour partie, affordant notamment pour « s'entraîner » qui est estimé positif par cet enseignant.

Cette perception a potentiellement influencé son style motivationnel et le comportement motivé de ses élèves. P1 a perçu un continuum entre l'intentionnel et le réel pour les affordances

épistémiques « s’entraîner », « mettre en autonomie » et « intéresser », correspondant respectivement à « mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur », « recourir aux feedbacks automatiques », « insérer des éléments ludiques » (cf. tableau 22 ci-dessous). Cette multiplicité d’affordances peut caractériser le style motivationnel de cet enseignant.

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l’activité	Simplifier	Eviter les nombres relatifs Eviter les calculs complexes
	S’entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
	Différencier	Adapter la vitesse
	Intéresser	Insérer des éléments ludiques
Affordances réelles perçues pendant l’activité	Faciliter l’utilisation	Anticiper les règles d’écriture
	Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Utiliser un tétraèdre
	Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller Se faire discret Recourir aux feedbacks automatiques
	S’entraîner	Ne pas évaluer Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Faire du concret	Faire un exercice problème
	Intéresser	Insérer aléatoirement des éléments ludiques
Evaluation des affordances réelles perçues	Faciliter l’utilisation (-)	Anticiper les règles d’écriture (-)
	Faire de la remédiation (-)	Autoriser les échanges (-) Annoter au tableau (-) Utiliser un tétraèdre (+)
	Mettre en autonomie (-)	Laisser se débrouiller (-) Se faire discret (+) Recourir aux feedbacks automatiques (-)
	S’entraîner (+)	Ne pas évaluer (-) Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
	Faire du concret (-)	Faire un exercice problème (-) Insérer des images (-)
	Intéresser (-)	Insérer aléatoirement des éléments ludiques (-) Mobiliser la tablette numérique (+)
	Simplifier (-)	Eviter les calculs complexes (-) Eviter les nombres relatifs (-)

Tableau 22: Affordances perçues par P1 lors de la phase test (gras= affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

2. Analyse de l'entretien de l'enseignant P2

2.1. Description du prescrit de P2

Le second interviewé, P2, est âgé de 35 ans. De sexe masculin, il vit en couple avec deux enfants. Il est professeur de mathématiques depuis 10 ans dont 3 ans dans le même établissement rural de type ordinaire. Il est également professeur principal et estime avoir entre 12 et 30% d'élèves en difficulté par classe de 28 élèves. Il est co-concepteur. La retranscription de l'entretien figure en annexe (cf. livre des annexes, 1^{ère} partie, chapitre 1, p. 53).

P2 explique qu'il s'agit d'une séance en calcul littéral avec mise en application de la notion de double distributivité, méthode de calcul que les élèves doivent acquérir mais qu'ils n'apprécient pas beaucoup. Cette méthode de calcul consiste à savoir développer et factoriser des expressions en calcul littéral :

90.b Les x, ça fait un an ou deux qu'ils en entendent parler et ils aiment pas beaucoup ça, euh, à l'écrit sur, sur le tableau, sur le cahier, y a une réticence de la majorité d'entre eux [...] 180.b Le but pour nous c'est qu'ils sachent d'un point de vue technique, qu'ils sachent écrire et développer et factoriser avec du calcul littéral [...] 86.d Une fois qu'ils maîtrisent la technique, parce que c'est malheureusement à ce moment-là qu'on peut commencer à faire des choses (P2).

Selon lui, la technicité du calcul n'est pas demandée en classe de 4^{ème}. Elle reste à l'appréciation de l'enseignant qui s'adapte en fonction des élèves de sa classe :

80.b Après qu'ils sachent bien développer ou pas bien développer, je dirais, la technicité du calcul, elle est pas demandée [...] On demande plus de factoriser par, les identités remarquables sont plus au programme [...] On en parle malgré tout soyons clairs [...] 82 Mais factoriser avec les identités remarquables, j'ai fait ça avec une classe, pas avec l'autre (P2).

Les objectifs sur ce chapitre sont de simplifier, donner du sens aux savoirs et, dans une moindre mesure, de faire du concret :

72.a Le calcul littéral est à traiter en mettant, en, en perdant un petit peu, en prenant ses distances avec la technique, en essayant de mettre du sens ». [...] 74.b Après sur les situations, les situations euh les situations concrètes au collège, elles sont rarement réellement intéressantes parce que les situations concrètes se complexifient assez vite. Si elles sont concrètes pour de vrai, elles seront mathématiquement complexifiées, pour le lycée c'est plus intéressant (P2).

Pour donner du sens aux savoirs et les simplifier, P2 précise qu'il a reçu une formation en calcul littéral au cours de laquelle il a appris à lever la difficulté liée à l'introduction de la

lettre dans le calcul. Il utilise pour se faire la technique de la Playstation, recourt aux tours de magie ou aux programmes de calcul :

22 Le fait de faire des formes, c'est plus une histoire de contenant, ça lève un peu, plus ou moins, cette difficulté là-dessus [...] 24.b Du coup je leur en parle du coup de l'historique des boutons de la Playstation. Ça permet de détendre l'atmosphère à ce moment-là, parce que le calcul littéral... [...] 72.a Le truc qui marche, qui est de plus en plus à la mode, et qui marche bien si on le fait bien, c'est utiliser des programmes de calcul [...] 74.c Pour le calcul littéral y a quelque chose qui marche bien c'est les tours de magie (P2).

Voyons à présent les affordances réelles perçues par P2 lorsqu'il a réalisé cette séance, non pas avec des tours de magie, ou des programmes de calcul, mais avec LudiMoodle.

2.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 pendant l'activité

P2 déclare commencer cette séance par une correction des exercices à faire à la maison qu'il a notés au tableau. Il a vidéoprojeté la formule de la distributivité double sous sa forme générale avant de demander aux élèves de coller dans leur cahier le photocopie du cours. Puis, il a noté au tableau la forme illustrée de la distributivité double sous forme de Playstation qu'il a illustrée par un exemple avec des nombres positifs. Il a laissé les élèves résoudre l'exemple et présenté, 10 minutes plus tard, un autre exemple avec des nombres relatifs :

6.d Euh... donc voilà, c'est euh on calcule les exercices, les quelques devoirs qu'il y avait à faire, je pense qu'on n'a pas trop de temps à passer là-dessus, et après on se lance dans LudiMoodle et les élèves travaillent en autonomie théorique [...] (P2).

Les élèves sont alors passés sur tablette. Il s'est connecté à LudiMoodle et a rendu visible la séance pour que les élèves puissent faire les exercices. Il a donné ses consignes, noté des éléments de rappel au tableau afin d'éviter les erreurs d'écriture :

12.c et y a des gros, gros soucis, avec les séances précédentes, j'ai pu anticiper, mais des gros soucis de manipulation de la tablette, de langage algébrique, sur la notation puissance, ce genre de choses [...] 12.d j'écris en gros et j'encadre, voilà, il faut systématiquement que je leur rappelle que c'est au tableau, voilà [...] 15 Et au niveau des choses qui sont écrites au tableau, donc ça, ça fait partie de l'anticipation de la séance [...] 18 Y avait la formule dans sa forme générale [...] 29 Voilà, j'ai fait un exemple au tableau pour que ceux qui n'en ont pas eu besoin puisse commencer et ceux qui en ont eu besoin aient pu essayer eux-mêmes sans s'appuyer sur l'exemple (P2).

P2 a autorisé le travail en groupe afin de favoriser l'entraide, même si les élèves sont censés être en autonomie notamment grâce aux feedbacks automatiques :

132.a Ah ben de fait ils ont travaillé en groupe (P2).

P2 a donc perçu des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture
Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le vidéoprojecteur Créer des groupes de travail
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Donner du sens	Recourir à la technique de la Playstation

Tableau 23: Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 lors de la phase test (gras=affordances implémentées)

2.3. Evaluation des affordances réelles perçues

P2 constate que ses élèves ont acquis des compétences autres que celles acquises par ses élèves des années précédentes, notamment des compétences calculatoires, comme savoir factoriser. Cependant, ils ont eu du mal à transférer ces acquis sur papier du fait d'une conception des exercices trop cadrée :

152 Je pense que mine de rien la tablette rentre dans un mode très euh, très téléguidé, très linéaire et que donc du coup, ils ont euh, une ou deux tâches à penser [...] 154 Et c'est tout, et que quand on leur demande d'écrire, bah du coup, y a plus de tâches, pas forcément parasites, en l'occurrence, ça ne l'est pas, mais ne serait-ce qu'écrire, savoir par quoi commencer : grand A = il est prémâché, il est prémâché, ils y font pas attention, ils regardent les carreaux quoi, ils regardent les cases, alors que quand c'est à eux d'écrire quelque chose, le cadre est pas le même et les repères sont plus là [...] 164.a Tout ce sur quoi j'avais du mal avec les années précédentes, j'ai eu du mal. Ben comme le fait que $2x \cdot 3x$ ça fait $6x^2$, ça maintenant c'est acquis [...] 166 Comme le fait qu'euh... $2x \cdot 3x$ ça fait $6x$ carré, maintenant c'est acquis [...] 168.a Parce que la tablette justement c'est le savoir-faire qui était beaucoup travaillé (P2).

Il constate que seuls les bons élèves ont été autonomes, ce qu'il attribue au manque de feedbacks automatiques :

10.b dans les faits, l'autocorrection étant à la fin de toute la séance et pas question par question, euh... ils (les élèves) prennent plus l'autocorrection comme : « j'ai fait faux, pourquoi j'ai fait faux ? » et ils demandent : « monsieur, j'ai fait faux, je comprends pas » au lieu d'avoir la réponse immédiate à leur question qui leur permettent de se dire tant que c'est à peu près frais, de se dire, éventuellement pour ceux qui veulent, parce que le phénomène de : « monsieur j'ai

fait faux, pourquoi j'ai fait faux ? », il sera toujours là, et d'ailleurs l'autocorrection, c'était plus, je sais pas si vous voyez mais c'était plus une comparaison de résultats qu'une réelle autocorrection [...] 44. Les élèves autonomes ils ont été relativement autonomes (P2).

Il précise que les élèves ont été intéressés par cette façon de faire cours, ce qu'il attribue à l'effet nouveauté et au support tablette:

90.a Mais, encore une fois, je crois que je ne l'ai pas encore dit mais euh les élèves au départ ils étaient vachement emballés par les tablettes, c'est un effet de nouveauté je pense aussi, ils étaient vachement emballés par la tablette et je pense, mine de rien [...] 148 Parce qu'encore une fois, ça les met au travail, l'effet nouveauté est pas non plus à négliger [...] 162 La tablette moi je trouve que c'est un moyen intéressant de les libérer de la, du cadre scolaire qui commence à freiner certains (P2).

Néanmoins, il nuance ce constat. En effet, les élèves ont été très intéressés au début, puis se sont lassés, ce qu'il attribue aux problèmes techniques rencontrés, au manque de préparation des séances, de visibilité des éléments de jeu, au côté redondant des exercices proposés, au manque de progressivité, qui ont complexifié finalement les exercices :

12.c Gros soucis de manipulation de la tablette et d'écriture euh, voilà, de langage algébrique sur la notation des puissances, euh, ce genre de choses [...] 44.b Le fait qu'il y ait des moins, des carrés avec, séparés par des moins à partir de la deuxième, à mon avis c'est pas un bon choix [...] 62 La réponse attendue elle est telle quelle. Ils n'ont pas le temps dans le temps imparti [...] 94 oui, alors ils sont passés complètement à côté (les éléments de jeu) [...] 96.a A cause de la situation... des fonctions ludiques qui est tout en bas après avoir scrollé sur l'écran [...] 96.a Y a pas d'animation, y a pas d'enjeu, y a pas réellement d'enjeu ludique (P2).

Enfin, P2 estime que la tablette induit un côté individualiste chez les élèves, que les consignes globales ne fonctionnent plus et que la séance est beaucoup plus bruyante. D'ailleurs même ses annotations au tableau ne suffisaient plus à faire de la remédiation :

12.e La tablette induit un mode de fonctionnement extrêmement individualiste et donc un rythme de travail individuel donc les, mmh, consignes globales ne marchent plus dans ces cas-là, quand ils ont les tablettes dans les mains, c'est comme s'ils étaient sur ordinateur, d'ailleurs c'est pareil, c'est le même principe, les consignes globales ne marchent plus, donc quand on a un outil qui n'est pas très bien pensé et donc qui suscite des interrogations, il faut répondre aux interrogations (P2).

Nous constatons que P2 émet un jugement positif ou au contraire négatif sur des affordances qu'il a perçues, qu'il n'émet aucun jugement pour deux d'entre elles. Il émet aussi

un jugement pour certaines qu'il ne semblait pas avoir perçu pendant l'activité. Nous avons signalé ces dernières dans le tableau 24 ci-dessous de façon grisée :

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture
Faire de la remédiation (-)	Autoriser les échanges (-) Annoter au tableau (-) Mobiliser le vidéoprojecteur (-) Créer des groupes de travail (-)
Mettre en autonomie (-)	Recourir aux feedbacks automatiques (-)
S'entraîner (+)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
Donner du sens	Recourir à la technique de la Playstation
Intéresser (+)	Mobiliser la tablette numérique (+) Insérer des éléments de jeu (-)

Tableau 24: Evaluations des affordances réelles perçues par P2 lors de la phase test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

Essayons maintenant de comprendre pourquoi certaines affordances réelles ont été jugées négativement en les comparant aux affordances intentionnelles perçues et au prescrit.

2.4. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité

P2 précise qu'il n'a eu qu'une seule journée de co-conception pour préparer toutes les séances d'exercices en calcul littéral et pour les puissances. L'objectif de faire du consensuel avait été retenu, ce qui consistait à créer un exerciceur qui convienne au plus grand nombre au risque de perdre un peu de sens :

86.a On est allé au plus simple, au plus efficace et au plus consensuel, puisqu'il faut chercher un outil qui ne me convienne pas, qui convienne pas à Monsieur [...] 86.b et donc là on est, sur cette séance on est sur du calcul bête et méchant. Y avait pas de, là on était dans la technique [...] 86c On était pas dans le sens [...] 240. euh la plus à même de s'adapter à tout le monde, la façon de faire la plus à même de s'adapter à tout le monde, c'est les exerciceurs, c'est-à-dire une banque d'exercices, sur certains thèmes, je vais chercher, j'ai besoin de ce thème, je vais chercher les exercices (P2).

Il était prévu que les élèves soient en autonomie grâce aux feedbacks automatiques :

10.a En théorie ils sont censés avoir une plateforme qui leur propose un exercice avec le système d'autocorrection [...] 12.a Donc voilà, ils sont censés être en autonomie avec l'autocorrection (P2).

P2 précise que l'apprentissage de la distributivité double devait se faire de manière progressive et ludique :

180.c La tablette permet de euh, de mettre un cadre et de mettre l'accent euh sur une, deux compétences, puis une troisième en même temps, puis une quatrième en même temps, pour aller progressivement, de manière un peu plus, bon allez ludique, déjà numérique, électronique, y a un écran c'est quand même pas pareil, et puis ensuite y a une ludification, un jeu, donc un investissement de l'élève et à termes ils arrivent à faire des choses sur papier, puisque petit à petit on enlève les béquilles, on enlève les cadres [...] 186.a Alors non, on avait prévu à la fin de chaque séance des exercices de fin où on savait, quand on avait prévu la séance, on savait que tous les élèves n'allaient pas y arriver [...] 186.b Donc c'étaient des exercices pour ceux qui vont vite, pour qu'ils puissent ne pas s'ennuyer (P2).

Nous avons regroupé les affordances intentionnelles perçues P2 en amont de l'activité dans le tableau ci-après.

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser
Différencier	Adapter la difficulté Adapter la vitesse
Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques

Tableau 25: Affordances intentionnelles perçues par P2 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

P2 avait perçu la possibilité de faire maîtriser une technique à ses élèves. Or, il déclare ne pas avoir perçu cette possibilité au cours de l'activité. Il s'aperçoit, finalement, que ses élèves ont acquis des automatismes et qu'ils savent factoriser. Nous pouvons donc considérer qu'il a perçu une nouvelle affordance pragmatique suite à l'action : « acquérir des automatismes ». Le fait qu'il perçoive de façon négative la remédiation et la mise en autonomie s'expliquerait par les problèmes ergonomiques rencontrés qui ont généré beaucoup de questions et d'incompréhension. Cela peut aussi s'expliquer par un manque d'anticipation en amont de l'activité puisqu'il n'a pas perçu l'affordance intentionnelle « faire de la remédiation ».

P2 a perçu un continuum de perception entre l'intentionnel et le réel pour les affordances épistémiques « s'entraîner » et « mettre en autonomie » liées aux affordances pragmatiques « insérer des éléments ludiques » et « mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur » (cf. tableau 26 ci-dessous). Remarquons que cet enseignant n'a pas de continuum sur les affordances « mettre en autonomie » et « recourir aux feedbacks automatiques », contrairement à P1 pouvant expliquer des différences de style motivationnel.

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciseur
	Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser
	Différencier	Adapter la difficulté Adapter la vitesse
	Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture
	Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le vidéoprojecteur Créer des groupes de travail
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciseur
	Donner du sens	Recourir à la technique de la Playstation
Evaluation des affordances réelles	Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture
	Faire de la remédiation (-)	Autoriser les échanges (-) Annoter au tableau (-) Mobiliser le vidéoprojecteur (-) Créer des groupes de travail (-)
	Mettre en autonomie (-)	Recourir aux feedbacks automatiques (-)
	S'entraîner (+)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciseur (+)
	Donner du sens	Recourir à la technique de la Playstation
	Intéresser (+)	Mobiliser la tablette numérique (+) Insérer des éléments de jeu (-)

Tableau 26: Affordances perçues par P2 lors de la phase test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

3. Analyse de l'entretien de l'enseignant P3

Le dernier interviewé pour cette phase test, P3, est âgé de 33 ans. De sexe masculin, célibataire et sans enfants, il est professeur de mathématiques depuis 9 ans dont 7 ans dans le même établissement rural de type ordinaire. Il est également professeur principal et référent TICE dans son collège et estime avoir environ 30% d'élèves en difficulté par classe de 26 élèves. Il est enseignant testeur de LudiMoodle. Cet entretien s'est effectué par téléphone à sa demande. La retranscription de l'entretien figure en annexe (cf. livre des annexes, 1^{ère} partie, chapitre 1, p. 69).

3.1. Description du prescrit de l'enseignant P3

P3 précise que cette séance concerne la double distributivité. Les documents d'accompagnement sur Eduscol³⁷ conseillent de donner du sens aux savoirs enseignés afin que les élèves comprennent à quoi sert le calcul littéral, de simplifier en évitant les calculs complexes faisant appel aux nombres relatifs et de s'entraîner :

35.b C'est vrai que les programmes préconisent de faire en 4^{ème} du calcul littéral sans nombres relatifs [...] 121.a On n'est pas tant dans la technique, on est plus dans la résolution de problèmes, dans comprendre le sens, euh, donner du sens aux savoirs, etc., et donc passer par, en résolvant des exercices [...] 123.b et ça, ça se traite par la résolution de problèmes (P3).

Par ailleurs, la double distributivité ne fait pas partie selon lui des attendus de fin de cycle. C'est la raison pour laquelle l'équipe pédagogique de son collègue l'aborde d'ordinaire en classe de 3^{ème}. Les programmes préconiseraient selon lui de rester sur de la découverte du calcul littéral, sur la simple distributivité :

111 Les programmes sont clairs, y a juste un minimum de contenu, euh par exemple la double distributivité fait pas partie, non pas du, des attendus de fin de cycle mais des exemples d'activités qui permettent de mobiliser la simple distributivité [...] 217.b On est quand même pas mal dans la découverte du calcul littéral et je pense que laisser la double distributivité en 3^{ème} ce serait plus intéressant. Euh, c'est ce que nous, on fait au collège en terme de progression par cycle défini avec les collègues. Donc voilà, je pense que c'est pas très utile d'aller jusque-là en 4^{ème} (P3).

P3 précise qu'habituellement, il utilise le logiciel Labomep, en salle informatique. Il s'agit d'un logiciel très orienté vers la technique et créé par des professeurs de mathématiques :

C'est un logiciel de mathématiques fait par une association de profs de maths, ça c'est plus un site internet en fait. Les élèves se connectent, etc., alors y a les mêmes types de logiciel, alors on est très dans la technique en fait (P3).

Voyons à présent les affordances réelles perçues par P3 lorsqu'il a réalisé cette séance non pas avec Labomep, mais avec LudiMoodle.

³⁷ Eduscol : portail national d'informations et de ressources à destination des professionnels de l'éducation, <https://eduscol.education.fr>

3.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité

P3 est revenu sur la simple distributivité pour justifier la double distributivité, permettant ainsi aux élèves de comprendre ce qu'est la distributivité double et de maîtriser cette technique :

63.a Donc voilà c'était un exercice de calcul simple pour remobiliser la simple distributivité qui permet de justifier la double après (P3).

Il a sélectionné les exercices les plus simples sur la tablette et a pris la décision de ne pas aller aussi loin dans la difficulté que ce qui était prévu :

171. Nous ce qu'on pouvait modifier c'était montrer où cacher certains exercices et certaines parties [...] 173.a Donc ça voilà, ça je l'ai fait, euh y a des exercices euh, je pensais que c'était même pas la peine d'y aller et que je voulais pas aller si loin dans le degré de technicité, c'était pas intéressant (P3).

Pour donner du sens à la double distributivité, P3 déclare qu'il est parti d'une activité portant sur des calculs d'aires, ce qui devait permettre de créer une image mentale. Il a présenté au tableau un rectangle subdivisé en 4 sous-rectangles et a demandé à ses élèves de calculer l'aire de chacun (les 4 sous-rectangles et le rectangle initial). Il a ensuite écrit l'égalité au tableau. Une fois que ses élèves ont compris la notion, il leur a proposé un exercice rituel vidéo-projeté. Puis il est passé à l'institutionnalisation de la notion. Enfin, la demi-heure restante a été consacrée aux exercices sur tablette :

19.a Réfléchir aux deux, aux quatre façons de, de calculer l'aire de ce rectangle-là, alors soit en calculant l'aire globale d'un coup, soit en cherchant l'aire des quatre sous-morceaux des rectangles [...] 59 Donc y a eu un exercice rituel en début de cours, comme chaque début de cours [...] 5 Bah y a eu le vidéoprojecteur pour projeter l'exercice rituel en début de cours, après le travail sur la double distributivité je l'ai fait au tableau simple [...] 21 Donc après on les a mis sur tablettes et puis euh... créé des exercices d'application de cette notion (P3).

Pour P3, le feedback automatique devait permettre aux élèves de travailler en autonomie :

53 Non c'est ça, y a en gros, fin y avait un feedback à la fin de chaque exercice mais chaque exercice comportait plusieurs questions donc du coup le feedback arrivait qu'à la fin des six, sept questions (P3).

Il a ensuite créé des groupes de travail et autorisé les échanges entre élèves, afin qu'ils s'entraident :

99. Individuel et tablettes, même s'ils étaient disposés en îlots et j'autorisais quelques échanges entre élèves pour s'aider, etc. (P3).

Les éléments ludiques et la tablette étaient là, selon lui, pour intéresser les élèves :

29. Donc y avait tous les éléments ludiques qui étaient planifiés dans la tablette, qui étaient fait mmh, pour motiver un peu plus les élèves [...] 31.a Euh oui donc certains avaient un score, d'autres un avatar qui évoluait en fonction des réponses, d'autres avaient une barre de progression en fonction du groupe classe pour voir où ils en étaient (P3).

P3 a donc perçu en situation des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Donner du sens	Recourir au calcul d'aires Recourir à un exercice rituel Créer une image mentale
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
Simplifier	Sélectionner les exercices sur LudiMoodle
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique
Faire de la remédiation	Annoter au tableau Mobiliser le vidéoprojecteur Créer des groupes de travail Autoriser les échanges

Tableau 27: Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

3.3. Evaluation des affordances réelles perçues

Pour P3, les objectifs donner du sens aux savoirs afin de faire comprendre la double distributivité, et, par là-même, faire acquérir des connaissances, n'ont pas été atteints. Il nous confie avoir dû revenir sur la notion après l'expérimentation. Il pense que la notion, qui relève plus du raisonnement que de la technicité, n'est pas adaptable sur tablette :

155 Et donc du coup ils ont pas trop vu le sens quoi, donc après je l'ai retravaillé, et je suis encore en train de retravailler le sens. Le calcul littéral, on a l'impression que c'est du calcul mais en fait non, c'est tout sauf du calcul, c'est compliqué et puis on est dans la démonstration, dans la réflexion, dans le raisonnement, dans plein de choses. Et c'est difficilement, comment dire, évaluable par un ordinateur je pense [...] 159 C'est peut-être pas le meilleur à adapter sur tablette et en tous cas il fallait faire autrement (P3).

Il constate que les élèves n'essayaient pas de comprendre leurs erreurs ou de refaire l'exercice pour améliorer leur résultat. Il indique aussi avoir été beaucoup sollicité par les élèves, impliquant beaucoup de remédiation pour expliciter la notion. De ce fait, cela lui a demandé un travail important de réorganisation de la séance :

49 Donc du coup la motivation des élèves elle a été surtout par moi, je me suis beaucoup déplacé, j'ai beaucoup relancé les élèves, les aider, essayer de corriger les erreurs, expliquer, etc. Voilà et du coup euh... ça été une séance un peu excédante [...] 211 Il a fallu tout le temps re-réfléchir comment ramener les élèves et reprendre ce qui avait été vu la veille sur les tablettes, pour être sûr que ce soit bien compris et dans le bon sens [...] Y a eu un vrai travail de réorganisation de la séquence et d'adaptation au fil de l'eau pour coller au plus près des besoins des élèves (P3).

Il ajoute que pour la partie sur les puissances, il a revu complètement son organisation, travaillant le sens dans un premier temps, se servant de LudiMoodle comme un support d'entraînement. Il concède que l'objectif maîtriser une technique a été acquis, notamment savoir factoriser. Cependant, il regrette qu'il n'y ait pas eu de différenciation pédagogique et que savoir développer n'est pas été suffisamment travaillé :

149.a Bah on va dire que la connaissance technique, si je pense que mmh, ils ont compris les choses, etc. [...] 201. Pas de prise en compte de la différenciation [...] 195. La réduction elle a un sens pour certains exercices, et pour d'autres elle n'en a pas, voilà. Faut voir, faut travailler dessus avec cet élève et faut pas imposer de tout le temps réduire, je trouve. Fin, c'est mon point de vue [...] 163.a J'ai des évaluations thématiques, qui sont centrées sur la technique et les exercices très simples, donc qui reprennent beaucoup ce qui a été fait dans Labomep, euh dans LudiMoodle pardon (P3).

Remarquons qu'il n'attribue pas l'acquisition de cette compétence calculatoire à la simple utilisation de LudiMoodle, mais davantage au travail de révision de la notion, d'entraînement, qu'il avait mis en place en amont :

163.b Pour les élèves qui ont fait un minimum d'effort et tout, je pense qu'il y a pas mal de choses d'acquises, et je suis plutôt satisfait [...] Je pense que le tout a fait que ça a marché. Euh, après les élèves qui ont pas retravaillé et se sont contentés du travail en classe, de LudiMoodle et le jour où j'ai fait la séance de révision, se sont pas trop investis, euh, ont encore des choses à revoir (P3).

P3 constate que les élèves ont eu du mal à faire les exercices tout seuls, qu'ils se sont entrainés ou/et l'ont beaucoup sollicité. Il explique le comportement individualiste de certains élèves par l'usage de la tablette, qui a selon lui, isolé les élèves du reste du groupe classe et les a rendus impatientes :

107. Euh c'est des petits échanges, plus sur comment, pourquoi ça marchait pas, etc. J'ai pas vu une, alors je dis ça avec mes souvenirs, mais y a pas eu de gros échanges sur le contenu, le savoir [...] 203.a Je suis beaucoup allé, je me suis beaucoup déplacé, allé relancer les élèves, essayer de les aider, essayer de corriger les erreurs, d'expliquer, etc. voilà. Ça a été une séance un peu épuisante ! [...] 103 Ils sont un peu isolés avec leur tablette et ils oublient un peu le reste du monde et donc du coup sont un peu dans le, un petit côté égocentrique quoi, ils veulent qu'on leur réponde tout de suite, vite, etc. (P3).

Par ailleurs, P3 a remarqué un manque de feedbacks ou de nombreux feedbacks erronés, ce qu'il attribue au fait que Moodle est un logiciel de comparaison de chaînes de caractères et non un logiciel de mathématiques :

53. Y avait un feedback à la fin de chaque exercice, mais chaque exercice comptait plusieurs questions donc du coup le feedback arrivait qu'à la fin des 6-7 questions [...] 47. Y a des réponses qui ont été comptées fausses alors qu'elles étaient justes puisque le logiciel n'est pas un logiciel de maths, c'est juste un logiciel de comparaison de chaînes de caractères (P3).

Pour P3, la présence de nombres relatifs a complexifié inutilement les exercices et perturbé les élèves :

43. Et après les nombres négatifs. C'est un point je pense qui a gêné la motivation des élèves donc ils se sont retrouvés avec des erreurs ils comprenaient pas pourquoi, il a fallu mmh y répondre etc. Et si je me souviens, y a un élève qui avait compris un peu le sens mais le problème c'est qu'il... par exemple mmh $3*(4-3)$: il avait compris qu'il fallait faire $3*4 + 3*(-3)$ (P3).

En ce qui concerne les éléments ludiques, P3 note que les élèves ne les ont pas perçus, ce qu'il attribue à la façon dont l'interface graphique a été conçue, mais que le fait de travailler sur tablette les a motivés :

31.b mais donc après ce qui s'avère dans la réalisation, c'est que les élèves n'ont pas du tout vu les éléments ludiques [...] 33. Euh bah c'est dû à quoi, c'est dû à l'interface graphique ». Il concède cependant que l'outil tablette a tout de même intéressé les élèves, malgré les difficultés conceptuelles rencontrées et citées précédemment [...] 207. Y a quand même eu un petit intérêt sur le fait que c'était sur tablette et qu'ils sont résistants, qui je pense n'est pas durable dans le temps. Pour l'instant il est encore là, les exercices sur tablette, ça les intéresse encore (P3).

Nous constatons que P3 émet un jugement positif ou au contraire négatif sur des affordances qu'il a perçues, qu'il n'émet aucun jugement pour certaines d'entre elles, et qu'il émet un jugement pour des affordances qu'il ne semblait pas avoir perçu pendant l'activité. Nous avons signalé ces dernières dans le tableau ci-après de façon grisée :

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Donner du sens (+/-)	Recourir au calcul d'aires Recourir à un exercice rituel Créer une image mentale
Mettre en autonomie (-)	Recourir aux feedbacks automatiques (-)
Simplifier	Sélectionner les exercices sur LudiMoodle
S'entraîner (-)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (-)
Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (-) Mobiliser la tablette numérique (+)
Faire de la remédiation (-)	Annoter au tableau (-) Mobiliser le vidéoprojecteur (-) Créer des groupes de travail (-) Autoriser les échanges (-)
Maîtriser une technique (+)	Savoir factoriser (+) Savoir développer (-)

Tableau 28: Evaluations des affordances réelles perçues par P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées ; gris=affordances évaluées mais non perçues en situation)

Dans la section suivante, nous tenterons de comprendre pourquoi certaines affordances réelles ont été jugées négativement en les comparant notamment aux affordances intentionnelles perçues et au prescrit de P3.

3.4. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité

P3 rappelle qu'il n'était pas présent aux journées de co-conception mais qu'il a cependant participé à la correction des exercices en calcul littéral, implémentés dans LudiMoodle, ainsi qu'à la journée consacrée au choix des éléments de jeu :

81. J'ai pas pu participer à la conception des exercices [...] 83. Je leur ai fait un corrigé de tous les exercices de calcul littéral et on s'est revus après, pour réfléchir aux éléments ludiques qu'on proposait aux élèves (P3).

Il constate que l'objectif retenu par les autres enseignants co-concepteurs était de faire que les élèves maîtrisent une technique mais que lui souhaitait surtout donner du sens :

15. Je voulais qu'ils comprennent la notion avant d'aller sur les tablettes [...] 127.a Bah c'est pas ça, on a besoin de la technique pour pouvoir résoudre un problème mais du coup il a peut-être pris beaucoup de place dans la séquence alors que... mais parce que aussi on avait proposé des problèmes et que pour incrémenter ces problèmes c'est compliqué (P3).

P3 souhaitait que ses élèves s'entraînent et travaillent de façon autonome :

45 Oui faire des calculs. On, en maths, en tous cas, on fait des gammes quoi, on répète, on répète [...] 51.a Euh la façon de travailler oui parce que normalement c'est un outil qui est censé permettre de travailler un peu en autonomie (P3).

Il percevait, dans l'application LudiMoodle, un moyen de favoriser l'autonomie des élèves grâce au feedbacks automatiques.

51.a Normalement c'est un outil qui permet de travailler en autonomie et d'avoir un feedback automatique par la machine

Enfin, il pensait que la tablette et les éléments ludiques devaient intéresser les élèves :

23. je comptais un peu sur la tablette pour les motiver [...] 27. ben parce que déjà c'était l'utilisation de l'outil numérique, ils apprécient forcément [...] 29. Y avait tous les éléments ludiques qui étaient planifiés dans la tablette, qui devaient motiver un peu plus les élèves (P3).

Nous avons regroupé les affordances intentionnelles perçues par P3 en amont de l'activité dans le tableau ci-après.

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
Donner du sens	Créer une image mentale
Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser
Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques

Tableau 29: Affordances intentionnelles perçues par P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

P3 avait prévu, en amont de la séance, de donner du sens à cette notion comme il le fait d'habitude (avant de laisser ses élèves travailler sur Labomep). Or, il s'est aperçu, au cours de l'activité, que cette affordance n'était pas implémentée dans l'EIAH, ce qui l'a conduit à modifier sa séance d'enseignement. C'est pourquoi il semble plutôt mitigé sur ce point.

Cet enseignant comptait sur les éléments de jeu pour intéresser ses élèves. Il espérait aussi que les feedbacks favorisent l'autonomie de ses élèves. S'il a perçu ces possibilités pendant l'activité, il les a cependant jugées inefficaces notamment du fait des problèmes ergonomiques.

P3 a cependant perçu une affordance non implémentée : « simplifier » en sélectionnant les exercices sur LudiMoodle. De ce point de vue, nous pouvons supposer que l'EIAH a été

partiellement affordant. Au-delà de ces jugements, il a malgré tout perçu un continuum entre l'intentionnel et le réel pour les affordances épistémiques « s'entraîner », « mettre en autonomie » et « intéresser », correspondant respectivement à « mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur », « recourir aux feedbacks automatiques » (cf. tableau 30 ci-dessous).

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	Donner du sens	Créer une image mentale
	Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser
	Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Donner du sens	Recourir au calcul d'aires Recourir à un exercice rituel Créer une image mentale
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
	Simplifier	Sélectionner les exercices sur LudiMoodle
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique
Evaluation des affordances réelles	Donner du sens (+/-)	Recourir au calcul d'aires Recourir à un exercice rituel Créer une image mentale
	Mettre en autonomie (-)	Recourir aux feedbacks automatiques (-)
	Simplifier	Sélectionner les exercices sur LudiMoodle
	S'entraîner (-)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (-)
	Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (-) Mobiliser la tablette numérique (+)
	Faire de la remédiation (-)	Annoter au tableau (-) Mobiliser le vidéoprojecteur (-) Créer des groupes de travail (-) Autoriser les échanges (-)
	Maîtriser une technique (+)	Savoir factoriser (+) Savoir développer (-)

Tableau 30: Affordances perçues par P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

Dans la section suivante, les affordances perçues par chacun de ces enseignants seront croisées afin de voir s'il existe des régularités de perception, ou des variations liées à une adaptation de chacun à son contexte d'enseignement.

4. Analyse croisée des trois entretiens

Dans cette partie nous comparerons les affordances réelles, leurs évaluations et les affordances intentionnelles perçues des trois enseignants dans la perspective de dégager des régularités et de caractériser leur spécificité.

4.1. Affordances réelles perçues pendant l'activité par l'ensemble des enseignants

Sur les quatre invariants implémentés dans LudiMoodle, tous les enseignants en ont perçu deux, à savoir : « mettre en autonomie » grâce aux feedbacks automatiques, permettre aux élèves de « s'entraîner » en mobilisant LudiMoodle comme un exerciceur. Ce résultat permet de consolider notre hypothèse (hypothèse 3.1). Seuls P1 et P3 ont perçu la possibilité d'intéresser. Aucun d'entre eux n'a, en revanche, perçu la possibilité de différencier (cf. tableau 31 ci-dessous).

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller (P1) Se faire discret (P1) Recourir aux feedbacks automatiques (P1 et P2)
Intéresser	Insérer aléatoirement des éléments ludiques (P1 et P3)
S'entraîner	Ne pas évaluer (P1) Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Simplifier (P3)	Sélectionner les exercices sur LudiMoodle (P3)
Faire de la remédiation	Créer des groupes de travail (P2 et P3) Mobiliser le vidéoprojecteur (P2 et P3) Mobiliser un tétraèdre (P1) Annoter au tableau Autoriser les échanges
Faciliter l'utilisation (P1 et P2)	Anticiper les règles d'écriture (P1 et P2)
Donner du sens (P2 et P3)	Utiliser la technique de la Playstation (P2) Recourir au calcul d'aires (P3) Faire un exercice rituel (P3) Créer une image mentale (P3)
Faire du concret (P1)	Faire un exercice problème (P1)

Tableau 31: Affordances réelles perçues pendant l'activité lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

Les enseignants ont également perçu une affordance commune non implémentée : faire de la remédiation (hypothèse 3.2 validée). D'autres affordances n'ont été perçues que par certains : faciliter l'utilisation (P1 et P2), faire du concret (P1), donner du sens (P2 et P3) et simplifier (P3).

4.2. Evaluation des affordances réelles perçues

Lors de l'analyse des entretiens, nous nous sommes aperçus que l'efficacité perçue pour une même affordance réelle, n'était pas la même selon l'enseignant interrogé. Afin de rendre compte de ces variations, nous avons réuni ces affordances (cf. tableau 32 ci-dessous). Puis il a été précisé celles jugées positives et négatives, en fonction de l'enseignant considéré.

Affordances effectives		Efficacité perçue	
Epistémiques	Pragmatiques	+	-
S'entraîner	Ne pas évaluer (P1) Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur	P1/P2	P1 P3
Faire de la remédiation	Créer des groupes de travail (P2 et P3) Mobiliser le vidéoprojecteur (P2 et P3) Mobiliser un tétraèdre (P1) Annoter au tableau Autoriser les échanges	P1	P2/P3 P2/P3 P1/P2/P3 P2/P3
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques Laisser se débrouiller (P1) Se faire discret (P1)	P1	P1/P2/P3 P1

Tableau 32: Evaluation des affordances réelles perçues lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

4.3. Affordances intentionnelles perçues dans l'activité par l'ensemble des enseignants

L'analyse des entretiens montre que les 3 enseignants interrogés ont perçu trois affordances épistémiques communes : s'entraîner, mettre en autonomie, intéresser. En revanche, la possibilité de différencier en adaptant la difficulté ou en adaptant la vitesse, n'a été perçue que par P1 et P2. Par ailleurs, P1 est le seul à avoir perçu la possibilité de simplifier en évitant de mettre des nombres relatifs et les calculs complexes. Seuls P2 et P3 ont perçu la possibilité de maîtriser une technique en sachant développer et factoriser. Autrement dit, trois des invariants (écrits en gras) sur les quatre implémentés, ont été perçus (cf. tableau 33 ci-dessous).

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
S'entraîner	Mobiliser l'environnement numérique comme un exerciceur
Intéresser	Insérer des éléments ludiques
Différencier (P1 et P2)	Adapter la difficulté (P2) Adapter la vitesse (P1 et P2)
Simplifier (P1)	Eviter les nombres relatifs (P1) Eviter les calculs complexes (P1)
Maîtriser une technique (P2 et P3)	Savoir développer (P2 et P3)

Tableau 33: Affordances intentionnelles perçues dans l'activité par l'ensemble des enseignants lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)

Remarquons que P1 semble davantage vouloir favoriser l'adaptation, la différenciation, l'entraînement, alors que P2 et P3 semblent davantage favoriser l'acquisition de compétences.

Les enseignants ont tous déclaré que les objectifs pédagogiques n'avaient pas tous été atteints. Ils attribuent cela à des problèmes d'ergonomie, notant un manque d'adaptation de LudiMoodle au format tablette (des tablettes de formats différents nécessitant de zoomer/dézoomer qui empêche la visualisation des éléments ludiques), des réponses comptées erronées (Moodle compare des chaînes de caractères), des contraintes d'écriture de l'exposant noté « ^ » et du multiplicateur noté « * ». Ils ont également observé des problèmes de scénarisation des ressources pédagogiques avec des erreurs dans certains corrigés, la difficulté de concilier cet environnement de « type exerciceur » avec l'apprentissage des mathématiques qui se fait par problèmes, un manque de progression dans la difficulté des exercices et une trop grande présence de nombres relatifs rajoutant de la difficulté à la technicité du calcul littéral. Ils ont également noté qu'ils avaient l'habitude de travailler le calcul littéral « par petits bouts, tout au long de l'année », en mobilisant d'autres notions pour « créer du sens » et ainsi permettre aux élèves de dépasser les obstacles didactiques créés par le calcul littéral : ce qui n'a pas été le cas de l'expérimentation qui « ramasse » l'apprentissage du calcul littéral sur 6 semaines. Tous notent un manque de feedbacks ou de remédiation intermédiaire (feedback en fin d'exercice soit au bout de 10 questions). Ces différents problèmes d'écriture, d'ergonomie et d'implémentation ont été des freins à l'atteinte des objectifs suivants : simplifier, mettre en autonomie, s'entraîner et même intéresser.

Cependant, malgré ces jugements négatifs, qui sont dus pour la plupart à des problèmes d'ergonomie, tous ont perçus les possibilités de mettre en autonomie les élèves et de faire qu'ils s'entraînent, ou d'autres affordances telle que faire de la remédiation par exemple. La co-conception de l'EIAH a donc été efficace de ce point de vue. Ce résultat permet de conforter notre hypothèse 3.2.

Chapitre 3. Effet enseignant sur la variation de motivation

Dans ce chapitre, nous chercherons à déterminer si le style motivationnel des enseignants peut potentiellement influencer sur la variation de motivation des élèves (hypothèse 4), sachant, d'une part, que seuls trois enseignants ont été filmés et interrogés ; et, d'autre part, que ces résultats sont limités à l'étude de la séance 4 « distributivité double ». Nous déterminerons le style motivationnel à partir des observations descriptives et narratives réalisées (cf. section 1, ci-après). Puis nous regarderons si des différences de comportements motivés sont observés entre styles différents (cf. section 2, p. 159).

1. Style motivationnel des enseignants

1.1. Style motivationnel de l'enseignant P1

P2 commence la séance en demandant à deux élèves, qui n'avaient pas encore rendu leur autorisation, s'ils sont d'accord pour être filmés. Il leur laisse la possibilité de s'installer au fond de la classe. Il sollicite, ensuite, quelques élèves pour distribuer les tablettes. Les élèves sont assis à des tables de deux, un tétraèdre posé sur la table. En fonction de la façon dont ils positionnent le tétraèdre, ils signalent à l'enseignant s'ils s'entraident ou s'ils ont besoin de son aide.

P1 rappelle les règles d'écriture sur LudiMoodle, comme la nécessité de ne pas mettre de « * » entre un chiffre et x et d'écrire dans le sens des puissances de x décroissantes. Les élèves entrent tout de suite dans l'activité. Ils rentrent leurs identifiants et commencent à travailler, avec un calme absolu.

L'enseignant note au tableau le schéma représentant la double distributivité avec les flèches de distribution. Les élèves lui demandent s'il peut rajouter dans les parenthèses, des chiffres pour plus de facilité. Il rappelle que le carré s'écrit « ^ ». Certains élèves éprouvent des difficultés à remplir le nombre de cases indiquées. L'enseignant demande ce qu'il faut écrire dans les 4 cases au début. Un élève répond « il faut additionner ». Puis l'enseignant demande ce qu'il faut mettre dans les 3 cases en-dessous, une élève répond qu'il faut regrouper les puissances de x .

P1 passe dans les rangs. Les élèves sont studieux, silencieux. Ils travaillent seuls et ne communiquent pas entre eux. On ne perçoit que des chuchotements. Une élève semble avoir des difficultés et a besoin de plus d'étapes que celles proposées par l'EIAH. P1 lui conseille de passer par le brouillon et de recopier ensuite ses réponses. Il note une égalité au tableau pour ceux qui sont en difficulté et réexplique qu'il est nécessaire d'ordonner ses réponses pour que le logiciel compte « juste » leur réponse. Il dit que du temps où il était étudiant, c'était obligatoire d'ordonner son résultat mais qu'aujourd'hui ça n'est plus exigé, mais que de toute évidence le logiciel n'a pas été conçu comme ça. Une élève semble gênée par l'écriture de « 4a » au lieu de « 4*a ».

Tout continue à se passer dans le « silence ». Ceux qui ont besoin d'aide lèvent la main et attendent que l'enseignant passe vers eux. Une élève souhaite qu'il réexplique comment écrire le carré. Au bout de 18 minutes, l'enseignant fait un rappel sur le signe « moins » car certains ont des difficultés. Il semble que cela soit dû au fait qu'entre certaines cases il y ait déjà le « moins » de noté et qu'à la ligne d'en-dessous il ne soit plus noté, les élèves par conséquent l'oublient. D'autres ne perçoivent pas que le moins est déjà noté et l'écrivent à nouveau ce que l'EIAH interprète comme une erreur. L'enseignant leur explique que lorsqu'on a par exemple 6-7, le « moins » est attaché au chiffre 7 et pas au 6.

Les élèves semblent ne pas faire attention à la caméra. Au bout de 22 minutes, deux groupes de filles commencent à discuter entre elles, à s'entraider. Une élève demande « on fait quoi quand y a un moins et un plus ? », l'enseignant réexplique. 28 minutes plus tard, toujours autant de calme. Un élève demande à l'enseignant « à quoi ça va me servir de savoir tout ça ? », l'enseignant lui répond qu'en fonction de la filière qu'il va choisir il en aura besoin.

Quelques minutes plus tard, une élève commence à s'impatienter, elle rit, discute, etc. L'enseignant dit son prénom. Elle s'arrête aussitôt et se remet au travail. Un autre élève semble alors avoir des soucis au niveau de la retranscription sur la tablette, l'enseignant lui conseille de faire un brouillon. Dix minutes avant la fin de la séance, les élèves commencent à s'agiter. L'enseignant leur dit alors qu'ils ont été calmes jusqu'à maintenant (ce qu'il attribue à la présence de la caméra) et souhaiterait que ça continue. Certains ont encore des difficultés avec le « moins », ce qui nécessite de nouveau des explications. Deux minutes avant la fin, les élèves demandent s'ils peuvent éteindre les tablettes et les ranger. L'enseignant les autorise à se lever et les remercie pour leur calme pendant ce cours.

Nous avons noté beaucoup de bienveillance de la part de P1 malgré les difficultés rencontrées par certains élèves. Il évite de prendre un ton trop directif, laisse les élèves se « débrouiller seuls » avant de donner un feedback. Il explique, aussi, que sa position en fond de classe vise à favoriser leur autonomie. Ces différents points laissent penser qu'il est très impliqué et soutient l'autonomie.

P1 anticipe les erreurs en notant au tableau les points de vigilance. Il autorise les échanges mais les règlemente à l'aide d'un agent de liaison (le tétraèdre). Son enseignement est donc plutôt structuré (cf. tableau 34).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité (poursuite d'étude au lycée)	1	Propose des défis	-1	Compréhensif	1
Incite à faire des choix (utilisation du brouillon)	1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	1
Evite un ton directif	1	Différencie	-1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie (référence à son passé de collégien)	1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller (demande aux élèves de ne l'interroger que pour des problèmes liés aux mathématiques)	1	Autorise les échanges mais les règlemente (avec tétraèdre)	1		
Se fait discret	1	Crée des groupes de travail	0		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (55min sur tablette)	1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	1		
		Annote au tableau (Insère des flèches pour illustrer la distribution)	1		
		Disposition des tables (par deux face au tableau)	1		
Scores	5		3		4
Score autonomie	9	Score structuration	3		

Tableau 34: Style de l'enseignant P1 (phase de test)

Ces scores nous permettent de dire que P1 a un style « non-contrôlant ».

1.2. Style motivationnel de l'enseignant P2

L'enseignant commence par expliquer aux élèves pourquoi la séance est filmée. Il leur conseille de rester naturels, de ne pas hésiter à se retourner pour travailler en groupe, etc., comme ils le feraient en temps « normal ». Il leur rappelle néanmoins qu'étant filmés, ils doivent montrer une bonne image de l'établissement, comme ils le feraient en sortie par exemple.

Les tablettes sont dans la salle de mathématiques. L'enseignant avait déjà noté au tableau des exercices donnés la veille et passe à leur correction. ($A=2(x+8)$; $B=3(x-2)$; $C=-4(8+2x)$; $D=-3(x-7)$; $E=(5x-1) \cdot x$). Les élèves sont tous très attentifs et participent volontairement à la correction. L'enseignant fait un rappel sur la règle des signes : « quand on passe de la multiplication à l'addition, on applique la règle des signes », dit-il.

Puis, au bout de 5 minutes de correction, il fait sortir le cahier de leçon dans lequel est collé le photocopie du cours sur la double distributivité. Il allume le vidéoprojecteur et affiche le contenu de cours avec la formule suivante : $(a+b)(c+d)=ac+ad+bc+bd$.

L'enseignant, pour faciliter la compréhension de ses élèves, prend l'exemple des boutons de la Playstation et dessine au tableau la même égalité mais avec des ronds, des carrés, des triangles et des triangles inversés, ce qui semble faire sens aux élèves. Les élèves sont détendus, on sent une ambiance de travail sereine. Un élève dit à l'enseignant qu'il a tendance à souvent se tromper, l'enseignant lui répond en latin « *errare humanum est ignoscere divinum* », qu'il traduit par l'erreur est humaine mais faire toujours la même erreur est stupide.

Après environ 20 minutes, l'enseignant arrête le cours et pose au tableau un exemple $E=(3x+2)(5-x)$. Il leur demande de remplacer les chiffres par les formes précitées, puis repasse aux chiffres. Les élèves discutent entre eux des calculs à faire et des résultats. Certains semblent hésiter. L'enseignant leur dit alors de faire comme pour la simple distributivité, puis de faire une réduction, c'est-à-dire de regrouper les x ensemble. Il leur conseille de ranger les nombres dans l'ordre décroissant des puissances de « x ».

Les élèves se lèvent ensuite à tour de rôle pour aller chercher une tablette dans le fond de la classe. Tous connaissent leur mot de passe et leur code d'accès. Une élève note qu'ils n'ont pas encore fait la séance 3. L'enseignant répond qu'ils n'ont pas eu le temps mais qu'ils y reviendront plus tard. Les élèves travaillent par 2 ou par 4 (ceux de la rangée de devant se

retournent), seul un élève travaille seul au fond de la classe. Tous travaillent, s'entraident ou font appel à l'enseignant.

Certains élèves semblent perturbés par le fait qu'il n'y ait pas le signe « fois », l'enseignant réexplique au tableau pour qu'ils comprennent qu'on peut écrire avec ou sans le signe « fois » : c'est la même chose.

Plusieurs semblent bloqués au moment du passage à la réduction, il leur réexplique au tableau. Une seule élève semble rencontrer des problèmes avec une table de multiplication non sue. L'enseignant a écrit au tableau les 3 étapes du calcul, il réexplique comment passer de la seconde ligne à la troisième, « en mettant les termes identiques ensembles ».

Un groupe de 4 filles notent que « la tablette note faux alors que la réponse est juste », ce que l'enseignant attribue au fait qu'elles n'ont pas respecté l'ordre décroissant des puissances de x . L'enseignant m'avait fait remarqué lors de l'entretien que l'utilisation des tablettes nécessite en amont de prévoir ce qui sera écrit au tableau comme support à la compréhension, pour proposer un feedback, qui pour l'instant n'est pas disponible sur la tablette. Je ne note pas de soucis d'écriture du carré « \wedge ».

L'enseignant avait noté lors de l'entretien que les éléments de jeu ne sont pas visibles à l'écran pendant l'exercice, que les élèves ne les voient qu'en fin de séance, parce qu'il leur rappelle d'aller voir leur progression. Il pense qu'il serait plus judicieux qu'elles soient apparentes pendant toute la durée de l'exercice pour permettre aux élèves de rester motivés. Un groupe de 4 filles en fin de cours prétextent que leur tablette n'a plus de batterie et rient. L'enseignant constate alors qu'il est temps d'éteindre les tablettes.

Nous avons remarqué pendant cette séance que l'enseignant P2 intervenait fréquemment en remédiation individuelle ou collective au tableau. Il nous a d'ailleurs déclaré, lors de l'entretien, qu'il ne cessait « de courir ». Il a anticipé les règles d'écritures sur LudiMoodle pour éviter à ses élèves des erreurs d'écriture. Le fait de ne pas réglementer les échanges semble expliquer le bruit et les interventions nombreuses dont s'est plaint P2, laissant penser que peut-être la structuration de son enseignement n'était pas suffisante.

D'apparence détendu et jovial, nous avons eu le sentiment qu'il était assez autoritaire et a fait des remarques négatives à plusieurs élèves, ce qui laisse penser qu'il est moins impliqué que P1.

Enfin, le temps laissé aux élèves pour répondre aux questions est insuffisant. Les élèves n'ont passé que 20 minutes sur la tablette. C'est pourquoi son score de soutien à l'autonomie est assez bas (cf. tableau 35).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	-1	Propose des défis	-1	Compréhensif	1
Incite à faire des choix	-1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	0
Evite un ton directif	1	Différencie	-1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	-1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	0
Intéresse (formule de la Playstation)	1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	-1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges sans les réglementer	-1		
Se fait discret	0	Crée des groupes de travail	1		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (20min sur tablette)	-1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	1		
		Annote au tableau	1		
		Disposition des tables (par deux ou par 4)	-1		
Scores	2		0		0
Score autonomie	2	Score structuration	0		

Tableau 35: Style motivationnel de l'enseignant P2 (phase de test)

Les scores de l'enseignant P2 permettent de penser qu'il a un style plutôt « non contrôlant » : il n'est pas permissif mais ne soutient pas non plus l'autonomie de ses élèves.

1.3. Style motivationnel de l'enseignant P3

L'enseignant commence par expliquer la raison pour laquelle la séance est filmée. Il demande aux élèves d'être calmes et silencieux. Les tablettes sont dans la salle de mathématiques. L'enseignant ramasse les autorisations de captation vidéo. Il en manque quelques-unes. Il dit alors aux élèves que la vidéo ne sera pas diffusée tant qu'il n'aura pas toutes les autorisations et précise qu'il souhaite les avoir à la rentrée. Il projette ensuite un

exercice au tableau intitulé « Développer les expressions puis réduire ». ($A=3*(x+2)$; $B=7*(x-6)$; $C=1*(x+5)$; $D=4*(5-x)$; $E=1,6(x-0,5)$; $F=4(x+1)$; $G=7(3x-8)$; $H=6(2x+p)$).

Les élèves sont en difficultés, P3 leur propose de faire le premier avec eux. Ils interagissent. L'enseignant rappelle que l'on peut faire les additions dans n'importe quel ordre. Puis il écrit la première expression et trace des flèches de 3 vers x puis de 3 vers 2 pour qu'ils comprennent la simple distributivité. Les élèves sont plutôt calmes et attentifs.

Pour le calcul du B, un élève rencontre des difficultés avec le signe moins. L'enseignant développe au tableau. Une élève note que cela ne sert à rien de mettre les parenthèses puisqu'il n'y a que des additions. Une élève ne comprend pas que $1*x$ c'est équivalent à x. Un autre élève se fait rappeler à l'ordre car il est dissipé. Beaucoup d'élèves commencent à être en difficulté pour développer, ils commencent à s'agiter. L'enseignant demande s'il faut ramasser les carnets. Il explique ensuite à une élève que 3-2 ça n'est pas pareil que 2-3. Puis, il finit par ramasser le carnet d'un élève, à menacer un autre de faire pareil, et annonce au bout de 15 minutes qu'il est temps de corriger.

Un élève demande « comment on sait ce que ça fait $3x$? ». En fait il n'a pas compris qu'il s'agit d'un chiffre et que le but de l'exercice n'est pas de découvrir la valeur de x. Il écrit au tableau les réponses que lui donnent les élèves. Une élève ne comprend pas que $4*x$ c'est égal à $4x$. Elle dit à l'enseignant « mais c'est pas un résultat ! ». Celui-ci répond « non, c'est juste un moyen de simplifier ». Les mains se lèvent pour répondre aux exercices suivants. Puis celui-ci leur demande s'ils ont compris et dessine un rectangle composé de 2 rectangles au tableau et demande « comment faites-vous pour calculer l'aire du rectangle ? ». Un élève répond mais donne le périmètre au lieu de l'aire. Puis l'enseignant demande s'il y a d'autres façons de calculer l'aire. Un autre élève propose de calculer l'aire de chaque rectangle et de les additionner. L'enseignant remplace ensuite un chiffre par x et, explique, qu'il faut procéder de la même manière.

Il complexifie les choses en agrandissant le rectangle (composé désormais de 4 rectangles). Il note au tableau avec l'aide des élèves, les différentes possibilités de calculer l'aire globale. Puis il remplace deux chiffres par x ($(7+x)(2+x)$). Les élèves commencent à être un peu perdus. Le passage d'un chiffre à x les perturbe. Il leur explique qu'il s'agit de la double distributivité. Il prendra plusieurs exemples pour illustrer ses propos jusqu'à ce qu'il annonce qu'ils vont passer sur tablette.

P3 appelle à tour de rôle les élèves pour qu'ils viennent chercher une tablette. Puis il leur rappelle de choisir le bon réseau wifi, de vérifier que l'alarme sur les tablettes est désactivée (sinon ils auront une punition), et de se connecter sur Ludimoodle.net. Une élève n'a pas de connexion, un autre a besoin du code pour désactiver l'alarme, une autre a besoin du mot de passe. Un élève dit « *Monsieur, ça marche pas LudiMoodle !* ». L'enseignant dicte les mots de passe à deux élèves, puis dit à tous de commencer la séance 4.

Un élève signale à l'enseignant « *Monsieur, faut que je tape les codes toutes les deux secondes c'est pénible !* ». Je note plusieurs problèmes de connexion. Les élèves sont beaucoup plus bruyants qu'en 1^{ère} partie de cours. Un élève demande comment faire le carré (^). Certains se plaignent que « *c'est dur* ». Un élève demande à l'enseignant comment régler la luminosité, d'autres signalent des problèmes de wifi.

Une élève se voit demander son carnet car elle ne fait rien et rit. Du coup, le calme revient et les élèves chuchotent. Une élève dit à l'enseignant « *mais on n'a pas vu ça, le fois il est pas marqué* », l'enseignant lui répond que c'est pareil. Un élève ne comprend pas comment résoudre les exercices. L'enseignant repasse au tableau et dessine un rectangle illustrant l'exercice. Plusieurs élèves l'appellent, il finit par répondre qu'il ne peut pas être partout. Les élèves notent que le logiciel note faux leurs réponses et l'enseignant explique que c'est parce qu'il saute des étapes. Il leur dit de passer au brouillon, notamment pour le classement par ordre décroissant des puissances de x.

Une élève demande s'il voit leurs réponses, il répond que oui. Un autre dit tout haut « *Ouah, ça me stresse !* ». Puis une élève dit « *Mais j'y comprends rien !* ».

Je note que l'enseignant passe énormément de temps à venir aider chaque élève et à écrire au tableau. Un des principaux problèmes est celui du nombre de cases prévues par le logiciel qui ne correspondent pas au nombre d'étapes mentales nécessaires aux élèves pour résoudre l'exercice.

Un élève qui en a assez d'avoir faux dit « *de toute façon je vais avoir tout faux !* ». Les élèves sont de plus en plus agités et agacés par les contraintes du logiciel. La sonnerie retentit. L'enseignant demande aux élèves de se déconnecter et d'éteindre les tablettes. Puis il leur donne la correction d'exercices distribués il y a plusieurs jours avant de fournir les instructions pour la rentrée. Certains se lèvent, il leur demande de se rasseoir et leur demande de ne pas oublier les autorisations signées.

P3 semble assez directif et contrôlant lors des deux séances que nous avons filmées. Il a accordé peu de temps aux élèves pour faire les exercices. C'est pourquoi son score de soutien à l'autonomie est relativement bas.

Il reste compréhensif face aux difficultés rencontrées par les élèves, sans toutefois faire preuve d'empathie. Il a semblé très agacé par les problèmes de feedbacks rencontrés et a expliqué à de nombreuses reprises aux élèves qu'ils devaient s'adapter aux contraintes du logiciel. Son implication semble donc relativement faible.

Enfin, il a autorisé les échanges sans les réglementer. Il n'a pas anticipé les erreurs d'écritures, ce qui laisse penser que la structuration de son enseignement n'avait pas assez été pensée en amont (cf. tableau 36).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	-1	Propose des défis	-1	Compréhensif	1
Incite à faire des choix	-1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	0
Evite un ton directif	-1	Différencie	-1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	-1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	-1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges sans les réglementer	-1		
Se fait discret	0	Crée des groupes de travail	1		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (17min en moyenne sur tablette)	-1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	-1		
		Annote au tableau	1		
		Disposition des tables (par deux ou par 4)	-1		
Scores	-3		-2		-1
Score autonomie	-4	Score structuration	-2		

Tableau 36: Style motivationnel de l'enseignant P3 (phase de test)

Les scores de l'enseignant P3 montre un style motivationnel « inconsistant », c'est-à-dire qu'il fait preuve de beaucoup de contrôle et que son enseignement est peu structuré.

1.4. Synthèse des styles motivationnels

Les styles des enseignants ont été déterminés graphiquement grâce aux scores d'autonomie³⁸ et de structuration obtenus :

- P1 soutiendrait davantage l'autonomie, aurait un enseignement structuré et serait plus impliqué : il serait donc « non contrôlant » ;
- P2 aurait un enseignement peu structuré, s'impliquerait peu, mais son style motivationnel ne serait pas très affirmé : il serait plutôt « non contrôlant » ;
- P3 en revanche, aurait un enseignement peu structuré, serait peu impliqué et ferait preuve de contrôle : il serait donc « contrôlant ».

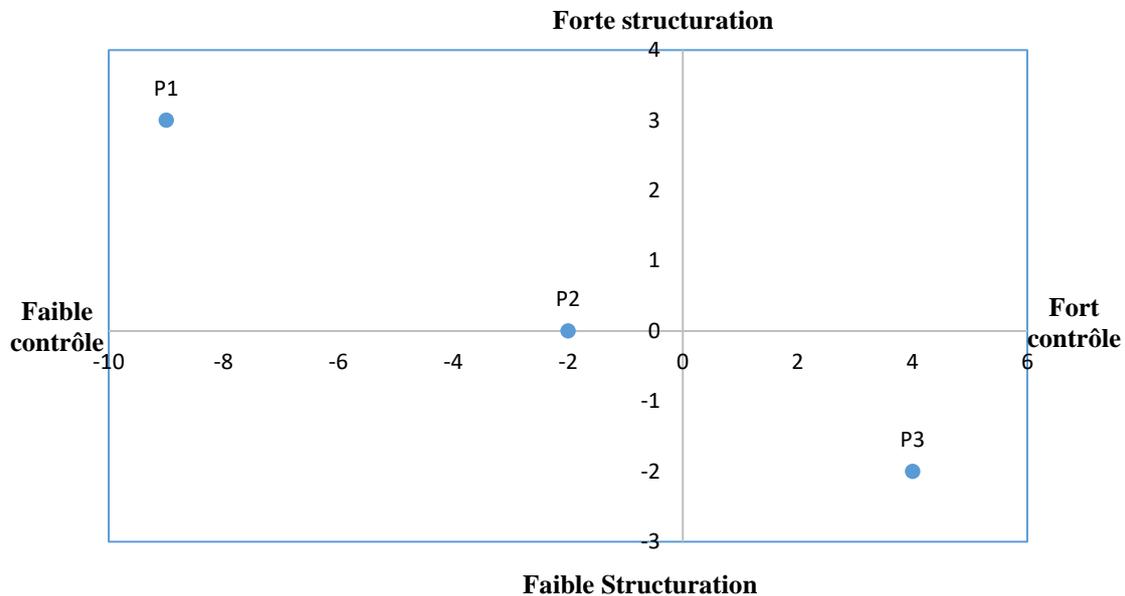


Figure 20 : Illustration des styles motivationnels des enseignants (phase de test)

2. Effet du style motivationnel sur la variation de motivation des élèves

Les trois enseignants concernés sont tous situés en zone rurale. En se focalisant sur les quatre classes (A-G, B, C) des enseignants (P3, P1, P2), si une démotivation est constatée de manière générale, seuls les élèves de la classe C, où officie l'enseignant P1, n'ont vu aucune variation motivationnelle significative (cf. tableau 37 ci-après).

³⁸ Un score d'autonomie de 9 par exemple signifie que l'enseignant P1 favorise beaucoup l'autonomie et donc qu'il est peu contrôlant, ce qui explique l'inversion de position sur l'axe des abscisses.

Classes	Type de motivation à faire des maths	Résultat
A (enseignant P3)	Apprendre de nouvelles choses (MICO)	Z= -2,242*
	Se sentir compétent (MEIN)	Z= -3,111**
B (enseignant P2)	Apprendre de nouvelles choses (MICO)	Z=-2,284*
C (enseignant P1)		Non significatif
G (enseignant P3)	Apprendre de nouvelles choses (MICO)	Z= -2.236*
	Relever des défis (MIAC)	Z= -3.175*
	Par plaisir (MIST)	Z= -2.426*
	Se sentir compétent (MEIN)	Z= -2.520*

Tableau 37: Variation de motivation par classe (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

Il n'est aussi constaté aucune variation motivationnelle significative en fonction du sexe pour les élèves de la classe C de l'enseignant P1, contrairement aux trois autres classes (cf. tableau 38 ci-dessous).

Enseignant	Classes	Variations de la motivation par sexe et par classe
P1	C	Pas de différences significatives des filles et garçons
P2	B	Pas de différences significatives des filles Δ MEID garçons (z= -2.376*)
P3	A	Δ MEIN filles (z= -2.687*) Δ AMOT garçons (z= -1.971*) Δ MICO garçons (z= -2.561*)
	G	Δ MIST filles (z= -1.984*) Δ MIAC filles (z= -2.310*) Δ MICO filles (z= -2.677*) Δ MIAC garçons (z= -2.148*)

Tableau 38: Variations motivationnelles par classe en fonction du sexe (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)

Ce qui attire également l'attention concerne les écarts significatifs de variation de motivation au post-test entre les classes. Cet écart porte uniquement sur la motivation à faire des mathématiques par plaisir (MIST), au profit des élèves de l'enseignant P1 ($H=8.709$; $p=.033$).

Classes	A	B	C	G
Rangs moyens	47.48	44.98	58.92	35.82

Tableau 39: Différences de variations motivationnelles par classe et rangs moyens

Si la motivation à faire des mathématiques par plaisir (MIST) semble explicative d'un certain nombre de différences entre élèves, y compris en termes de variations de motivation, les résultats laissent penser que le style enseignant peut avoir un effet sur la variation de motivation des élèves, en particulier sur la variation de la MIST (plaisir à faire des mathématiques) : l'enseignant P1 a un style motivationnel qui favorise davantage l'autonomie de ses élèves que celui des deux autres enseignants (cf. figure 20, p. 159).

Lors de nos observations, nous avons aussi remarqué que les enseignants avaient des modalités pédagogiques différentes : disposition traditionnelle (choisie par P1) ou en îlots (retenue par P2 et P3) ; travail en autonomie avec possibilité d'interaction avec les pairs ou l'enseignant (en binôme ou avec l'enseignant avec pour consigne d'être silencieux pour P1, en groupe de 4 avec autorisation de s'entraider ou de solliciter l'aide de l'enseignant pour P2 et P3) ; utilisation de la tablette en phase de découverte de la notion (retenu par P2 et P3) ou pour de la remédiation (choisie par P1).

Ces différences entre enseignants s'expriment aussi dans le temps passé sur tablette (30 minutes pour les enseignants l'ayant mobilisée comme artefact de découverte de la notion ; 1 heure pour l'enseignant – P1 – l'ayant mobilisée comme outil de remédiation). D'ailleurs, lors de la captation vidéo, il a été noté que P1 était souvent au fond de la classe et qu'il était très peu intervenu pendant la séance, contrairement à P2 et P3 qui n'ont eu de cesse de se déplacer vers les élèves pour les aider, notant que les séances sur tablettes avaient été particulièrement « éreintantes ». P1 a aussi gardé une attitude neutre face aux difficultés techniques, ce qui n'est par exemple pas le cas notamment de P3 qui, à plusieurs reprises, a dit aux élèves que « l'outil était mal fichu ». Notons que lors de l'entretien d'explicitation, P1 est revenu sur sa méthode en expliquant que son attitude discrète, en fond de salle, devait inciter les élèves à être le plus autonome possible. Finalement, P1 s'est fixé comme objectif principal de mobiliser LudiMoodle uniquement comme artefact d'entraînement (ou « exerciceur ») sur une séance complète. Il a également fixé des règles de communication favorisant l'autonomie de ses élèves même si, au final, il a jugé l'autonomie de manière négative. En effet, l'enseignant P1 est le seul à avoir laissé les élèves « se débrouiller » selon ses mots, et à avoir réglementé les échanges, c'est-à-dire à les avoir autorisés (à condition qu'ils soient liés aux mathématiques) et dirigés (que l'intention de demander une remédiation soit signalée auparavant grâce à un tétraèdre posé sur la table). P2 et P3 ont, au contraire, laissé les élèves échanger librement et les interpellés dès qu'une difficulté survenait. P3 trouve par exemple :

La gestion de classe, y a ce facteur dans lequel ils sont un peu isolés avec leur tablette et où ils se coupent un peu du monde et du coup ils ont un petit côté égocentrique quoi, il faut qu'on leur réponde tout de suite et vite (P3) [...] avec tablette, on passe moins de temps au tableau, on passe beaucoup plus de temps dans les rangs, ça se voit dans les vidéos, je ne fais que de marcher, de répondre aux questions (P2).

Du point de vue de la structuration de l'enseignement, il est à noter que P1 est le seul à avoir présélectionné les exercices les plus simples pour ne pas mettre ses élèves en difficulté. Le style motivationnel de l'enseignant semble donc impacter différemment la motivation. La quatrième hypothèse est, à cette date de l'enquête, validée.

Chapitre 4. Synthèse

1. Discussion

Les résultats obtenus questionnent la conception de LudiMoodle où la démotivation générale constatée pourrait être liée aux problèmes ergonomiques. Plus spécifiquement, la démotivation de la régulation externe se caractérise par l'absence d'évaluation prévue aux exercices réalisés et celle de la régulation introjectée par l'absence de possibilité de comparer les résultats entre élèves. La diminution de la motivation à la stimulation suggère, quant à elle, que la manière de mobiliser LudiMoodle n'a pas procuré de plaisir aux élèves, dégradant leur créativité du fait d'une impossibilité d'agir dans - et sur - cet environnement numérique ; le degré de contrôle étant trop élevé (Amabile, 1996).

Ces premiers résultats montrent qu'un EIAH « générique » pose un certain nombre de questions quant à ses effets motivationnels (Barata et al., 2016), d'autant s'il n'est pas adapté à certaines caractéristiques des élèves puisque les résultats mettent en évidence l'existence de motivations différentes entre élèves à faire des mathématiques selon la zone de leur collège, leur sexe et leur motivation initiale. Le « niveau de motivation initiale » est ici une variable clairement discriminante du gain motivationnel : les élèves les moins motivés intrinsèquement et extrinsèquement à faire des mathématiques ont été parmi les plus motivés suite à l'expérimentation, alors que ceux les plus motivés au départ ont été davantage démotivés voire amotivés. Ce résultat corrobore ceux d'autres études (Amabile et al., 1976; Lavoué et al., 2018). Il suggère que ce type d'EIAH, qui fonctionne par renforcement positif ou négatif, ne serait pas adapté aux élèves intéressés intrinsèquement par les mathématiques, faisant ainsi écho à d'autres études dans le cadre de la théorie de l'autodétermination (Amabile et al., 1976; Deci et al., 1981, 2001; McGraw & McCullers, 1979).

Cependant tous les résultats ne s'expliquent pas dans la seule relation élèves-EIAH puisque des variations de motivations sont constatées entre classes. Elles s'expliqueraient par le style des enseignants, y compris sur la manière de faire face à des difficultés techniques en créant les conditions pour motiver les élèves. L'enseignant P1, qui a le style motivationnel le plus élevé, semble avoir su préserver la motivation de ses élèves, contrairement aux deux autres enseignants. Il obtient également des résultats motivationnels à l'apprentissage des

mathématiques par plaisir (MIST) significativement supérieurs à ceux des deux autres enseignants.

Bien que l'exploitation de ces résultats soit limitée puisque seuls trois enseignants ont été interrogés sur une seule séance, empêchant toute généralisation de ces premiers résultats, il est tout de même possible de considérer que l'environnement de l'élève lors de l'utilisation de LudiMoodle comprend celui de l'enseignant (Chemolli & Gagné, 2014). Ainsi pensée, la motivation des élèves serait dépendante de processus d'autorégulation qui doivent tenir compte du style motivationnel de l'enseignant (Reeve, 2009 ; Viau, 2009), des caractéristiques socioculturelles des élèves (Deci & Ryan, 1985a; Vallerand et al., 1989) et de la durée d'utilisation de l'environnement numérique (Karsenti & Larose, 2001; Li & Ma, 2010).

Enfin, il apparaît que le style de l'enseignant semble, en partie, dépendant des affordances qu'il perçoit pendant l'activité. En effet, P2 et P3 qui pensaient avoir favorisé l'autonomie de leurs élèves n'ont, dans les faits, pas suffisamment créé les conditions de cette autonomie, contrairement à P1. C'est pourquoi, au-delà même du jugement des enseignements, il semble essentiel d'observer ce qui se passe en situation pour mettre en perspective le discours des enseignants et leurs actes. P1 est le seul à avoir mobilisé LudiMoodle dans un continuum d'affordances intentionnelle et réelle pour « entraîner » les élèves tout en créant une situation d'apprentissage exclusivement dédiée à cette affordance ; cette affordance est d'ailleurs un invariant motivationnel implémenté dans LudiMoodle. Remarquons que si P2 et P3 s'inscrivent dans le même continuum, ils n'ont pas eu la même implication, structuration de l'enseignement, soutien à l'autonomie. Leur score, pour chacune de ces variables, est significativement inférieur à celui de P1. De ce point de vue l'affordance d'un EIAH ne peut être comprise qu'à partir de l'environnement co-construit, en situation de classe, par l'enseignant.

2. Conclusion

Cette première phase de test montre qu'il est nécessaire de co-concevoir ce type d'EIAH avec des enseignants, pour qu'ils perçoivent en situation certaines affordances. En effet, tous les enseignants, qu'ils soient enseignants co-concepteurs ou enseignants testeurs, ont perçu des affordances communes liées à l'implémentation d'invariants socioculturels. Ce résultat s'expliquerait par le fait qu'ils sont issus d'une même niche écologique. Autrement dit, ils partagent un environnement commun, comprenant culture et normes. Pour autant cette perception ne semble pas suffisante pour homogénéiser le style motivationnel de l'enseignant.

C'est pourquoi, à ce stade de la recherche, il semble pertinent d'accompagner, voire de former, les enseignants pour qu'ils puissent mettre en œuvre les conditions favorisant un style non contrôlant basé sur l'autonomie de leurs élèves, la structuration de l'enseignement et l'implication.

Les résultats obtenus sont contrastés en termes de motivations. Ils s'expliquent par le fait que tous les enseignants et les élèves ne réagissent pas de la même façon face à l'EIAH (Barata et al., 2016; Hanus & Fox, 2015; Landers et al., 2017). Du point de vue de la théorie de l'autodétermination, mais aussi des théories sur la *gamification*, il semble essentiel d'adapter cet EIAH, certes au profil de joueur de l'élève (Göbel et al., 2010; Monerrat, 2015b; Natkin & Yan, 2007), mais aussi à un certain nombre de caractéristiques individuelles (Kickmeier-Rust et al., 2014; Lavoué et al., 2018; Roosta et al., 2016) : niveau de motivation initiale, appartenance socio-économique et sexe.

Quatrième partie

Résultats de la phase expérimentale

Dans cette partie, nous étudierons l'effet d'une *gamification* générique sur le comportement motivé des élèves selon leurs caractéristiques individuelles (hypothèse 1). Puis nous vérifierons si une *gamification* adaptée favorise davantage les comportements motivés qu'une *gamification* générique (hypothèse 2). L'effet de la motivation initiale (hypothèse 2.1) et du profil de joueur (hypothèse 2.2) seront aussi contrôlés.

Suite à cette première partie quantitative, les résultats de l'analyse des entretiens et captations vidéo portant sur la séance 6-leçon 7 seront présentés pour vérifier si la co-conception favorise la découverte d'affordances réelles en situation (hypothèse 3), et plus précisément si l'implémentation favorise la découverte d'affordances épistémiques et pragmatiques communes (hypothèse 3.1), ainsi que la découverte de nouvelles affordances en situation (hypothèse 3.2).

Enfin, nous réaliserons une triangulation des données portant sur cette même séance, afin de déterminer si le style motivationnel de l'enseignant influence le comportement motivé des élèves (hypothèse 4).

Chapitre 1. Effet d'une *gamification* « générique » sur le comportement motivé

Nous présenterons dans ce chapitre les effets d'une *gamification* « générique », c'est-à-dire non adaptée, sur le comportement motivé des élèves. Pour caractériser ce comportement motivé, nous étudierons la variation de motivation des élèves, leurs performances et persévérance. Plusieurs niveaux d'analyse seront envisagés : un niveau global avec et sans prise en compte de l'élément de jeu reçu (cf. section 2, p. 168) ; puis suivant l'appartenance socio-économique de l'élève (zone, collège, classe) et le sexe considéré (cf. section 3, p.169).

1. Présentation des données

Les principaux indicateurs statistiques sont étudiés pour chacune des variables de la motivation en fonction des variables « sexe », « zone de collège », « collège », « classe », « élément de jeu » (cf. livre des annexes, 2nde partie, chapitre 3, section 1, p. 323). Il est constaté des données manquantes, à la fois dans le pré-test et le post-test, c'est pourquoi des données ont été retirées. Cette perte de données s'explique en partie par les absences de certains élèves au début ou à la fin de l'expérimentation, mais aussi par l'absence de contrainte imposée par Moodle, de ne débiter les exercices qu'après avoir rempli et validé le questionnaire initial. Enfin, en observant les traces d'interaction, nous nous sommes aperçus que certains élèves, présents lors de la dernière séance, avaient rempli le questionnaire final sans toutefois valider leurs réponses. Il s'agit là d'un biais qu'il conviendrait de corriger si d'autres expérimentations venaient à être conduites.

Aussi, sur les 312 élèves ayant testé LudiMoodle, 258 d'entre eux ont pu être étudiés. Cet échantillon se caractérise par 47.7% de filles et 52.3% de garçons, 17.4% de ces élèves sont en zone rurale et 82.6% en zone urbaine (cf. tableau 40 ci-après).

Classe	Nb élèves	Nb Filles/ garçons	Enseignant	Collège	Zone
A	24	15/9	P2	2	rurale
B	22	12/10	P4	3	urbaine
C	22	9/13	P1	1	urbaine
D	22	12/10	P5	4	urbaine
E	19	11/8	P1	1	urbaine
F	22	7/15	P4	3	urbaine
G	20	7/13	P4	3	urbaine
H	22	8/14	P5	4	urbaine
I	23	11/12	P4	3	urbaine
J	18	9/9	P1	1	urbaine
K	23	13/10	P5	4	urbaine
L	21	9/12	P3	2	rurale

Tableau 40: Répartitions des classes en fonction de l'enseignant, du collège et de la zone de collège

Pour comparer les scores obtenus pour chaque variable, et mettre en évidence d'éventuels écarts significatifs, nous avons eu recours à des tests non paramétriques. Pour être le plus rigoureux possible dans nos analyses, nous avons réalisé des tests non paramétriques pour tous nos autres tests et ne nous sommes plus intéressés à la question de la normalité de distribution des scores obtenus ou de leur homogénéité de distribution. Les tests non paramétriques sont souvent jugés moins performants que leurs équivalents paramétriques, mais des auteurs comme Capéreaa et Van Cutsen (1988) ou Pupion (1998) notent que lorsque toutes les conditions aux tests paramétriques ne sont pas vérifiées, leur robustesse est supérieure. Ces tests non paramétriques ont été conduits à la fois avec le logiciel IBM SPSS Statistics 25³⁹ et le logiciel SmartPLS3⁴⁰.

2. Effet global de la *gamification* sur le comportement motivé

Les scores obtenus aux questionnaires de la motivation en pré-test et en post-test ont été comparés afin d'évaluer « quantitativement » l'effet de l'expérimentation sur la variation de motivation des élèves à faire des mathématiques, grâce au test des rangs signés d'échantillons associés de Wilcoxon. Les résultats, regroupés dans le tableau 41 ci-après, montrent qu'une *gamification* générique, c'est-à-dire non-adaptée au profil de l'élève, démotive, voire amotive. Il est notamment remarqué une augmentation de l'amotivation (AMOT), un déclin des

³⁹ Le logiciel IBM SPSS Statistics 25 a été mobilisé pour mesurer la motivation et faire une étude comparative.

⁴⁰ Le logiciel SmartPLS3 a été mobilisé comme outil prédictif pour évaluer l'influence de la motivation initiale et du profil de joueur sur la variation de motivation.

motivations à faire des mathématiques pour obtenir des récompenses (MERE) et pour apprendre de nouvelles choses (MICO) pour tous les élèves.

Éléments de jeu		Global	Avatar	Badges	Progression	Classement	Score	Timer
Motivation intrinsèque	MICO	-9.769**	-4.627**	-4.220**	-3.747**	-4.629**	-3.829**	-2.969**
	MIAC	-1.235	-0.121	-2.217*	-0.415	-0.703	-0.621	-0.197
	MIST	-1.261	-0.414	-1.278	-0.019	-1.882	-0.763	-0.330
Motivation extrinsèque	MEID	-0.128	-0.082	-2.259**	-0.197	-0.685	-1.211	-1.322
	MEIN	-0.659	-0.540	-1.917	-0.534	-0.354	-0.209	-0.809
	MERE	-6.209**	-2.976*	-3.363*	-4.067**	-1.448	-0.830	-2.536**
Amotivation	AMOT	10.780**	4.125**	5.225**	3.683**	5.397**	4.523**	3.561**

Tableau 41: Variations de la motivation de manière globale puis par élément de jeu (* $p < .05$; ** $p < .01$)

Remarquons que la baisse de la motivation, voire l'augmentation de l'amotivation, s'observe quel que soit l'élément de jeu concerné. Plus spécifiquement, les éléments ludiques « classement » et « score » n'ont pas impacté la motivation aux récompenses (MERE), les « badges » ont dégradé toutes les formes autonomes de la motivation.

Il est constaté, par ailleurs, que les élèves persévèrent et performant de façon identique suivant l'élément de jeu reçu (persévérance, $H=6.302$, $p=.278$; performance, $H=7.938$, $p=.160$). Seule une corrélation négative forte est effective entre la variation d'amotivation des élèves ayant reçu l'avatar et leur persévérance ($Rho = -.342$, $p=.003$) ; ce qui signifie qu'au plus les élèves ont été amotivés au moins ils ont persévéré, et inversement. Cet effet s'observe aussi pour les élèves ayant reçu la progression ($Rho = -.273$, $p=.015$).

Enfin, la variation de motivation à faire des mathématiques par plaisir (MIST) des élèves ayant reçu le « classement » est corrélée négativement à leurs performances ($Rho = -.240$, $p=.041$), sachant que leur variation de motivation à faire des mathématiques par utilité est corrélée positivement à leur persévérance ($Rho = .418$, $p=.001$).

3. Effet de la *gamification* suivant les caractéristiques des élèves

Les résultats ici seront présentés suivant trois niveaux d'analyse : au niveau de la zone de collège, au niveau d'un collège et au niveau des classes d'un même collège.

3.1. Résultats au niveau de la zone de collège

Une démotivation s'observe quelle que soit la zone considérée. De fait, la *gamification* proposée par LudiMoodle ne permettrait pas de « gommer » les différences observées entre zones au pré-test. En effet, suite à l'expérimentation, les élèves de zone rurale sont davantage motivés par les récompenses que ceux de zone urbaine (pré-test : $H = -3.040$, $p = .002$; post-test : $H = -2.342$, $p = .019$) et affichent des performances significativement inférieures à celles des élèves de zone urbaine ($H = 22.472$, $p = .000$). Aucune différence de persévérance n'est par ailleurs observée.

Il est remarqué que filles, comme les garçons, sont davantage démotivés à apprendre de nouvelles choses (MICO), à obtenir des récompenses (MERE) et sont globalement plus amotivés (cf. tableau 42 ci-dessous). Cependant, les filles enregistrent une variation de leur motivation à faire des mathématiques par utilité (MEID) significativement supérieure à celle des garçons ($H = 565$, $p = .016$), expliquant la différence aux récompenses (MERE, $H = 5.143$, $p = .023$) observée entre eux au post-test, alors que rien ne les différenciait au pré-test. Elles ne persévèrent ou ne performant pas davantage que les garçons.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO = -7.265**	Δ MICO = -6.596**
Δ MERE = -4.003**	Δ MERE = -4.756**
Δ AMOT = 7.446**	Δ AMOT = 7.757**

Tableau 42: Variations de la motivation selon le sexe toutes zones confondues (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Cette différence de motivation, en fonction de la variable « sexe », s'observe principalement en zone rurale où les filles enregistrent des scores pour ce type de motivation au post-test significativement supérieurs à ceux des garçons (MEID, $H = 6.912$, $p = .009$). Les « filles rurales », bien qu'affichant une diminution de leur motivation à apprendre (MICO) et une progression de leur amotivation (cf. tableau 42 ci-dessous), sont les seules à avoir vu leur motivation à faire des mathématiques par utilité augmenter (MEID), sans que nous ne puissions l'attribuer à un élément de jeu en particulier. Celles qui ont reçu l'élément de jeu « classement » sont davantage démotivées à apprendre et amotivées (MICO, $z = -2.041$, $p = .041$; AMOT = 2.032, $p = .042$).

Variation de la motivation des filles rurales	Variation de la motivation des garçons	Variation de la motivation des filles urbaines	Variation de la motivation des garçons urbains
Δ MICO= -3.340** Δ MEID= 2.011* Δ AMOT= 2.240**	Δ MICO= -2.547* Δ AMOT= 2.623**	Δ MICO= -6.485** Δ MERE= -3.368** Δ AMOT= 7.341**	Δ MICO= -6.060** Δ MERE= -4.359** Δ AMOT= 7.331**

Tableau 43: Variation de la motivation par sexe selon la zone de collège (significativité : *<.05, **<.001)

Les filles affichent, par ailleurs, une persévérance significativement supérieure ($H=5.286$, $p=.021$) à celle des garçons, mais des performances nettement moins élevées ($H=13.758$, $p=.000$). Une corrélation positive faible est relevée entre leur variation de motivation aux récompenses (MERE) et leurs performances ($Rho=.334$, $p=.029$). Aucune différence de motivation n'est relevée entre garçons de zones différentes ; il est seulement noté que les « garçons urbains » sont davantage performants que les « garçons ruraux » ($H=10.005$, $p=.002$).

Ce premier niveau d'analyse montre que la *gamification* n'affecte pas les élèves de la même façon suivant leur zone d'appartenance et le « sexe ». Si ces premiers résultats laissent penser que l'expérimentation a davantage favorisé la motivation des « filles rurales », il semble nécessaire d'avoir une analyse plus fine puisque la motivation serait liée à des caractéristiques individuelles.

3.2. Résultats au niveau d'un collège

Si la démotivation s'observe aussi au niveau collège, elle n'est plus significative pour la motivation aux récompenses (MERE) qui existait entre élèves de collèges différents au pré-test ($H=10.592$, $p=.014$). Par ailleurs, les élèves performant ($H=23.536$, $p=.000$) et persévèrent ($H=27.308$, $p=.000$) de manière différente suivant leur collège d'appartenance (cf. tableau 44 ci-dessous).

Collèges	1	2	3	4
Performances (Rangs moyens)	132.54	80.65	144.98	136.88
Persévérance (Rangs moyens)	166.25	141.60	110.93	111.38

Tableau 44: performances et persévérance globales en fonction du collège (rangs moyens)

Dans le collège 1, qui est en zone urbaine, les élèves ont tous vu diminuer leurs motivations à apprendre (MICO, $z = -3.240$, $p = .001$) et à obtenir des récompenses (MERE, $z = -2.960$, $p = .003$). Leur amotivation, quant à elle, progresse ($z = 4.880$, $p = .000$). Si les garçons sont davantage amotivés et démotivés aux récompenses (MERE), les filles semblent avoir été davantage motivées à se sentir compétentes (MEIN) (cf. tableau 45, ci-après). Cette augmentation de la MEIN est la même quel que soit l'élément de jeu attribué. Cependant, les filles ayant reçu l'élément de jeu « classement » ont été davantage motivées à relever des défis (MIAC, $z = 2.060$, $p = .039$), bien que cela n'ait pas d'incidence sur leurs performances ($Rho = -.882$, $p = .046$). Les filles affichent également une diminution de leur motivation à apprendre (MICO, $z = -3.396$, $p = .001$) et une augmentation de leur amotivation ($z = 3.924$, $p = .000$). Ces variations différentes d'un sexe à l'autre expliquent les différences trouvées au post-test à l'amotivation ($H = 5.725$, $p = .017$), alors que rien ne les différenciait précédemment. Garçons et filles persévèrent et performant globalement de façon identique.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -3.396**	Δ MERE= -2.652*
Δ MEIN= 2.265*	Δ AMOT= 3.148*
Δ AMOT= 3.924**	

Tableau 45: Variation de la motivation selon le sexe dans le collège 1 (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Dans le collège 2, qui est en zone rurale, là encore, les élèves ont tous vu diminuer leurs motivations à apprendre (MICO, $z = -4.220$, $p = .000$) et aux récompenses (MERE, $z = -2.887$, $p = .004$). Leur amotivation augmente ($z = 3.561$, $p = .000$) quel que soit le sexe étudié (cf. tableau 46 ci-dessous).

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -3.340**	Δ MICO= -2.547*
Δ MEID= 2.011*	Δ MERE= -1.863*
Δ MERE= -2.271*	Δ AMOT= 2.623*
Δ AMOT= 2.240*	

Tableau 46: Variation de la motivation selon le sexe dans le collège 2 (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Cependant, les filles ont vu augmenter leur motivation à faire des mathématiques par utilité (MEID), ce qui explique les différences observées au post-test pour cette dimension de la motivation entre les garçons et elles (MEID, $H = 6.912$, $p = .009$), alors que rien ne les différenciait précédemment. Cette variation de la MEID chez les filles est la même quel que soit l'élément de jeu considéré. En revanche, les filles ayant reçu l'élément de jeu « classement » sont davantage démotivées à apprendre (MICO, $z = -2.041$, $p = .041$) et amotivées

($z=2.032$, $p=.042$). Ces dernières affichent par ailleurs une corrélation positive faible entre leur persévérance et leurs performances.

Dans le collège 3, en zone urbaine, tous les élèves sont démotivés à faire des mathématiques pour apprendre de nouvelles choses (MICO, $z=-5.906$, $p=.000$), pour obtenir des récompenses (MERE, $z=-3.678$, $p=.000$) et sont davantage amotivés ($z=6.954$, $p=.000$), même si des différences sont observées suivant le sexe considéré (cf. tableau 47 ci-après). Ces différences de variation expliquent que les filles présentent une motivation aux récompenses (MERE) supérieure à celle des garçons au post-test ($H=6.106$, $p=.013$), alors que rien ne les différenciait auparavant. Leurs performances et persévérance sont cependant similaires.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -3.483** Δ AMOT= 4.975**	Δ MICO= -4.766** Δ MIAC= -1.993* Δ MERE= -3.578** Δ AMOT= -1.993**

Tableau 47: : Variations de la motivation selon le sexe dans le collège 3 (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Dans le collège 4, en zone urbaine, tous les élèves sont démotivés à apprendre (MICO, $z=-5.906$, $p=.000$), aux récompenses (MERE, $z=-3.678$, $p=.000$) et sont davantage amotivés ($z=6.954$, $p=.000$). Des différences de variation de la motivation sont observées suivant le sexe considéré (cf. tableau 48 ci-dessous). Aucune différence de performances, de persévérance et de motivation, n'est observée entre sexe au pré-test et au post-test.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -4.4** Δ MEIN= -2.017* Δ MERE= -2.883** Δ AMOT= 3.926**	Δ MICO= -3.819** Δ AMOT= 4.321**

Tableau 48: Variation de la motivation selon le sexe dans le collège 4 (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Ce second niveau d'analyse montre globalement un effet démotivant mais qui tend à faire disparaître la différence de motivation aux récompenses observée entre élèves de collèges différents. Nous observons, par ailleurs, que la motivation initiale à faire des mathématiques est homogène à l'intérieur d'un même collège.

Cependant, cet effet démotivant est à nuancer selon le collège et le sexe considéré. En effet, il apparaît que seules les filles des collèges 1 et 2 ont vu une dimension de leur motivation augmenter : les filles du collège 1 ont fait davantage des mathématiques pour se sentir

compétentes, et celles du collège 2 par utilité. Les filles de zone rurale ne sont donc pas les seules à avoir été davantage motivées (cf. section 3.1, p. 170).

De plus, nous n'avons pas constaté de corrélation entre ces augmentations de motivation, leurs performances et leur persévérance. Autrement dit, à ce stade de l'analyse, la *gamification* n'aurait pas favorisé leurs comportements motivés, mais seulement augmenté leur motivation.

Enfin, des effets différents ont été observés pour l'élément de jeu « classement ». Cet élément de jeu semble davantage motivant pour les élèves du collège 1 alors qu'il serait démotivant pour les élèves du collège 2. Plus particulièrement, il semblerait démotiver à apprendre (MICO) et même amotiver les filles rurales.

A ce stade d'analyse, l'hétérogénéité des résultats conduit à une analyse encore plus fine, sachant que la variabilité des résultats serait liée davantage à des caractéristiques individuelles, y compris en termes de profil de joueur et d'élément ludique, qu'à une culture d'un collège.

3.3. Résultats entre classes d'un même collège

Au sein du collège 1, nous observons des variations de la motivation, différentes suivant la classe et le sexe considéré. Les élèves dans ce collège persévèrent ($H=7.947$, $p=.019$) et performant différemment ($H=9.518$, $p=.009$) suivant leur classe (cf. tableau 49 ci-dessous).

Classes du collège 1	C	E	J
Performances (Rangs moyens)	33.61	35.61	19.67
Persévérance (Rangs moyens)	22.02	34.18	35.33

Tableau 49: Performances et persévérance globales des classes du collège 1 (rangs moyens)

Dans la classe C, si les élèves sont moins motivés à apprendre (MICO, $z= -2.404$, $p=.016$), à faire des mathématiques par utilité (MEID, $z=-2.276$, $p=.006$) et sont globalement plus amotivés ($z=3.054$, $p=.002$), des variations différentes sont observées suivant le sexe considéré, bien qu'aucune différence de motivation (pré-test et post-test), de performances et de persévérance ne soit relevée entre eux. Ainsi, il semble que les filles soient davantage

amotivées alors que les garçons à faire des mathématiques par utilité (MEID), pour obtenir des récompenses (MERE) et plus amotivés (cf. tableau 50).

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ AMOT= 2.442*	Δ MEID= -2.239* Δ MERE= -2.057* Δ AMOT= 1.971*

Tableau 50 : Variation de la motivation selon le sexe dans la classe C (significativité : *<.05, **<.001)

Dans la classe E, les élèves sont davantage amotivés ($z=2.542$, $p=.011$) suite à l'expérimentation, mais des différences sont observées entre sexes (cf. tableau 51 ci-après). Les garçons sont, en effet, davantage motivés à relever des défis (MIAC), sans que nous puissions attribuer cette progression à un élément de jeu en particulier ou qu'elle soit corrélée à de plus grandes performances et persévérance. Cependant, il n'est pas remarqué de différences de niveau de motivation (pré-test et post-test), de persévérance et de performances entre garçons et filles.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -2.253* Δ AMOT= 2.259*	Δ MIAC= 2.014*

Tableau 51: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe E (significativité : *<.05, **<.001)

Dans la classe J, il est observé une progression de la motivation à faire des mathématiques par plaisir (MIST, $z=1.981$, $p=.048$) et, dans le même temps, une progression de l'amotivation ($z=3.054$, $p=.002$). Cette progression de la MIST concerne seulement les filles (cf. tableau 52 ci-dessous), et est la même quel que soit l'élément de jeu reçu. Elle n'est cependant pas corrélée à leurs performances et persévérance.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MIST= 1.965* Δ AMOT= 2.259*	Δ AMOT= 2.203*

Tableau 52: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe J (significativité : *<.05, **<.001)

Dans le collège 2, il est noté des différences de variations de la motivation suivant la classe et le sexe considéré qui permettent de réduire les écarts motivationnels du pré-test (MICO, $H=7.702$, $p=.006$; MIST, $H=3.552$, $p=.026$; AMOT, $H=12.832$, $p=.000$). Les élèves de la classe A persévèrent davantage que ceux de la classe L ($H=9.425$, $p=.002$), sans pour autant être plus performants.

Ainsi dans la classe A, nous observons une diminution de la motivation à apprendre (MICO, $z = -2.058$, $p = .040$), qui s'observe principalement chez les filles. Mais, dans le même temps, celles-ci voient leur motivation à faire des mathématiques par utilité progresser (MEID), alors que celle des garçons diminue, sans que l'on puisse attribuer ces effets à un élément de jeu plutôt qu'un autre (cf. tableau 53 ci-dessous).

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -2.111*	Δ MEID= -1.975*
Δ MEID= 2.218*	

Tableau 53: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe A (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Dans la classe L, les élèves sont globalement démotivés à apprendre (MICO, $z = -3.949$, $p = .000$), à obtenir des récompenses (MERE, $z = -2.748$, $p = .006$) et sont davantage amotivés ($z = 3.935$, $p = .000$). Ces effets s'observent aussi bien chez les filles que chez les garçons (cf. tableau 54) et ne peuvent être attribués à un élément de jeu spécifique.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -2.694*	Δ MICO= -2.965*
Δ MERE= -1.975*	Δ AMOT= 2.946*
Δ AMOT= 2.677*	

Tableau 54 : Variation de la motivation selon le sexe dans la classe L (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Dans le collège 3, les élèves présentent au pré-test et au post-test des niveaux de motivation similaires, ils persévèrent de façon identique mais ont des performances significativement différentes ($H = 10.771$, $p = .013$), qui ne semblent pas attribuables à un élément de jeu en particulier.

Classes	B	F	G	I
Performances	42.75	30.34	54.08	49.50

Tableau 55: performances des classes du collège 3 (rangs moyens)

Les élèves de la classe B sont globalement démotivés à apprendre (MICO, $z = -3.321$, $p = .001$) et davantage amotivés ($z = 3.175$, $p = .001$) quel que soit le sexe étudié, ou l'élément de jeu considéré (cf. tableau 56 ci-après). Aucune différence n'est observée en termes de persévérance et de performances entre filles et garçons.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -2.237*	Δ MICO= 2.459*
Δ AMOT= 2.991*	

Tableau 56: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe B (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Les élèves de la classe F sont globalement davantage démotivés à apprendre (MICO, $z=-3.430$, $p=.001$), à se sentir compétents (MEIN, $z=2.833$, $p=.005$) et sont plus amotivés ($z=4.078$, $p=.000$), quel que soit le sexe ou l'élément de jeu considéré (cf. tableau 57). Aucune différence de performances et de persévérance n'est observée entre garçons et filles.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ AMOT= 2.384*	Δ MICO= -3.064* Δ MEIN= -2.149* Δ AMOT= 3.310**

Tableau 57: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe F (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Les élèves de la classe G sont globalement démotivés aux récompenses (MERE, $z=-2.797$, $p=.005$) et davantage amotivés ($z=2.795$, $p=.005$) suite à l'expérimentation, mais les garçons le sont davantage que les filles sans que l'on puisse attribuer cet effet à élément de jeu en particulier (cf. tableau 58). Nous ne notons pas de différences de niveau de motivation (pré-test et post-test), de persévérance et de performances entre garçons et filles en général ou suivant l'élément de jeu reçu.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ AMOT= 2.049*	Δ MICO= -1.976* Δ MERE= -2.478* Δ AMOT= 2.103*

Tableau 58: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe G (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Dans la classe I, tous les élèves enregistrent une diminution de leurs motivations à apprendre (MICO, $z=-3.184$, $p=.001$), à obtenir des récompenses (MERE, $z=-1.983$, $p=.047$) et une augmentation de leur amotivation ($z=4.004$, $p=.000$). Cet effet est constaté quel que soit le sexe et l'élément de jeu considéré (cf. tableau 59 ci-dessous). Nous ne notons pas de différences de niveau de motivation (pré-test et post-test), de persévérance et de performances entre garçons et filles de manière générale ou suivant un élément de jeu en particulier.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ AMOT= 2.549*	Δ MICO= -2.952* Δ MERE= -2.684* Δ AMOT= 3.087*

Tableau 59: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe I (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Enfin, Dans le collège 4, nous observons des variations de la motivation, différentes suivant la classe et le sexe considéré, mais qui ne créent pas de différences statistiquement significative de motivations entre classes.

Dans la classe D, les élèves sont démotivés à apprendre (MICO, $z=-3.653$, $p=.000$), à se sentir compétents (MEIN, $z=-2.752$, $p=.006$), aux récompenses (MERE, $z=-2.291$, $p=.022$) et sont davantage amotivés ($z=3.344$, $p=.000$), quel que soit le sexe considéré (cf. tableau 60 ci-dessous). L'élément de jeu progression amotive significativement ($z=2.032$, $p=.042$) les élèves mais ne se distingue pas selon le sexe.

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -2.825*	Δ MICO= -2.316*
Δ AMOT= 2.823*	Δ MEIN= -2.263*
	Δ AMOT= 2.842*

Tableau 60: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe D (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

Dans la classe H, seuls les garçons sont davantage démotivés à apprendre (MICO, $z=-2.426$, $p=.015$) et sont plus amotivés ($z=2.141$, $p=.032$), mais leurs niveaux de motivation restent similaires à ceux des filles. Ils affichent cependant une persévérance supérieure à celle des filles ($H=6.043$, $p=.014$), sans que l'on puisse attribuer cet effet à un élément de jeu en particulier.

Dans la classe K, si globalement il est constaté une démotivation à apprendre (MICO, $z=-3.286$, $p=.000$) et une plus grande amotivation ($z=3.419$, $p=.001$), aucune différence de motivation (pré-test et post-test), de performances et de persévérance n'est observée entre filles et garçons, ni même selon l'élément de jeu reçu. Les filles sont davantage démotivées que les garçons, notamment car les garçons voient leur motivation à se sentir compétents (MEIN) augmenter (cf. tableau 61 ci-dessous). Cette augmentation de la MEIN n'est cependant ni corrélée aux performances ou à la persévérance, ni attribuable à un élément de jeu en particulier. Il est noté cependant que la variation de motivation aux récompenses des garçons est corrélée de façon positive à leur persévérance ($Rho=.608$, $p=.041$).

Variation de la motivation des filles	Variation de la motivation des garçons
Δ MICO= -2.079*	Δ MEIN= 2.079*
Δ MIAC= -2.462*	Δ AMOT= 2.680*
Δ AMOT= 2.280*	

Tableau 61: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe D (significativité : * $<.05$, ** $<.001$)

4. Synthèse

Les résultats montrent qu'une *gamification* « générique » démotive la plupart des élèves, mais qu'à un niveau plus « micro », des différences peuvent apparaître. Ainsi, il est notamment observé des résultats positifs dans quatre classes : les garçons de la classe E sont davantage motivés à relever des défis (MIAC), les filles de la classe J éprouveraient davantage de plaisir (MIST), les filles de la classe A feraient davantage des mathématiques par utilité (MEID) et les garçons de la classe K se sentiraient davantage compétents (MEIN). Autrement dit, la *gamification* affecterait la motivation aussi bien des filles que des garçons, que des élèves de zone rurale et que des élèves en zone urbaine. Les variables « sexe », « classes », « zone » ne permettent pas d'identifier des résultats homogènes, y compris en fonction d'un élément ludique. Cette hétérogénéité des résultats tend à montrer des rapports individuels à la motivation. Cependant, l'étude effectuée lors de la phase de test a montré qu'une variable explicative pouvait être le niveau motivation initiale : la motivation augmentant pour les élèves ayant une motivation initiale faible et diminuant pour les élèves ayant une motivation initiale élevée. Étudions maintenant les effets de la motivation initiale, en y ajoutant le profil de joueur de l'élève (cf. chapitre 2 ci-après).

Chapitre 2. Effet d'une *gamification* « adaptée » sur le comportement motivé

Nous présenterons dans un premier temps (cf. section 1, ci-après) le modèle prédictif retenu pour évaluer l'effet de la motivation initiale et du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves (variations de motivation, persévérance, performances). Puis nous présenterons les résultats liés à l'évaluation de l'effet de la motivation initiale (cf. section 2, p. 183) et du profil de joueur de l'élève (cf. section 3, p. 185). Nous chercherons notamment à identifier les profils d'élèves pour lesquels la *gamification* favorise des comportements motivés et proposerons en synthèse un tableau de recommandations (cf. section 4, p. 188).

1. Evaluer l'influence de la motivation initiale et du profil de joueur

Pour déterminer l'influence de la motivation initiale et du profil de joueur de l'élève sur le comportement motivé des élèves (comprenant variation globale de motivation, persévérance et performances), une analyse PLS SEM (logiciel SmartPLS3) a été conduite. Il s'agit d'une méthode d'analyse des données multivariées de seconde génération permettant d'estimer de complexes relations de « cause à effet », particulièrement adaptée aux données non paramétriques (Wong, 2019). Cette méthode repose sur la modélisation d'équations structurelles par les moindres carrés partiels. Constatant des corrélations fortes entre les motivations intrinsèques, mais aussi entre les motivations extrinsèques, il a été décidé de regrouper chacune d'entre elles sous les variables latentes MI et ME, conformément aux préconisations de Vallerand et al. (2000).

Nous avons créé un diagramme d'analyse (cf. figure 21 ci-après) regroupant les motivations intrinsèques (MICO-MIAC-MIST) entre elles, ainsi que les motivations extrinsèques (MEID-MEIN-MERE), pour mesurer les variables latentes exogènes⁴¹ motivation intrinsèque « MI » et motivation extrinsèque « ME ». Nous avons procédé de la même manière en sortie en regroupant les variations de chacune des motivations intrinsèques (MICOvar-MIACvar-MISTvar) et des motivations extrinsèques (MEIDvar-MEINvar-MEREvar) pour

⁴¹ Une variable latente exogène est une variable qui n'est pas directement observée mais qui est déduite de la mesure d'autres variables. Dans notre cas, la motivation intrinsèque (MI) est estimée grâce aux niveaux de MICO, MIAC et MIST de l'élève. Il en est de même pour toutes les autres variables latentes.

mesurer les variables latentes endogènes « MIvar » et « MEvar » (la variation de motivation correspond à la différence entre le score obtenu en post-test et celui obtenu en pré-test). Nous avons complété notre modèle par une variable latente « *Motivated Behaviours* », permettant de mesurer le comportement motivé de l'élève que l'on observe *via* la performance et la persévérance comme mentionné précédemment (cf. 2nde partie, chapitre 3, section 3, p. 113).

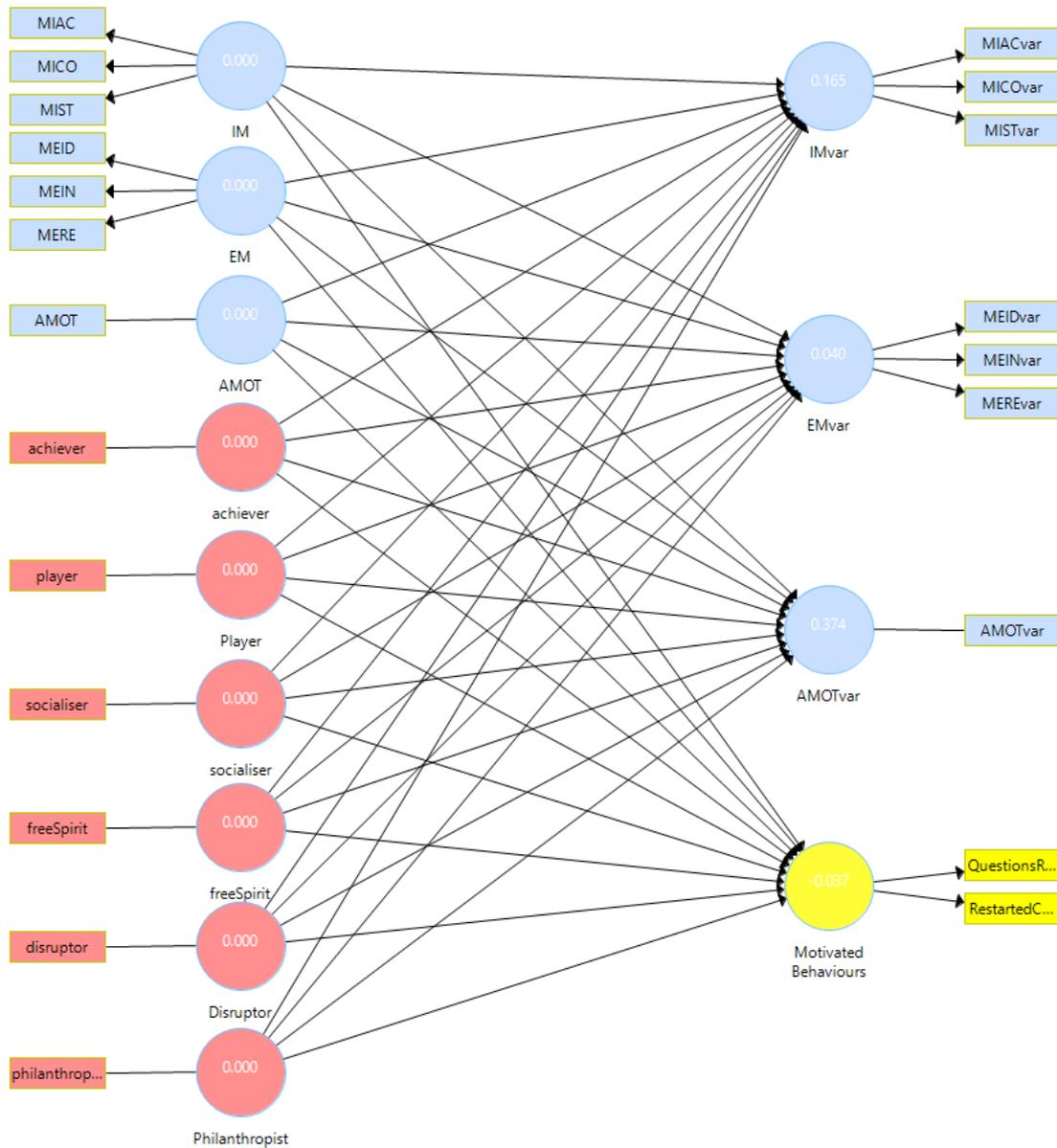


Figure 21: Diagramme de l'analyse PLS-SEM modélisant les influences à la fois des motivations initiales et des différents profils de joueur Hexad à gauche sur les variations de motivations et le comportement motivé à droite

Les variables latentes « MI », « ME », « MIvar », « MEvar » et « *Motivated Behaviours* », sont mesurées par les motivations correspondantes (MICO-MIAC-MIST ; MEID-MEIN-MERE ; MICOvar-MIACvar-MISTvar ; MEIDvar-MEINvar-MEREvar) et par les indicateurs « *QuestionsRatio* » et « *RestartedCount* », selon un modèle réflexif car chacune des sous-échelles les constituant, sont fortement corrélées entre elles.

La fiabilité du modèle du modèle de mesure proposé a été vérifiée pour s'assurer de la pertinence des variables latentes mesurées. Les résultats figurent dans le tableau 62 ci-dessous :

Latent variables	Indicators	Loadings	Composite reliability	AVE	Rho A
MI	MICO	0.922	0.919	0.791 > 0.5	0.868 > 0.7
	MIAC	0.852			
	MIST	0.893			
Mivar	MICOvar	0.874	0.803	0.580 > 0.5	0.769 > 0.7
	MIACvar	0.640			
	MISTvar	0.752			
ME	MEID	0.772	0.818	0.603 > 0.5	0.705 > 0.7
	MEIN	0.877			
	MERE	0.665			
Mevar	MEIDvar	0.682	0.795	0.566 > 0.5	0.635 < 0.7
	MEINvar	0.841			
	MEREvar	0.723			
Motivated Behaviours	QuestionsRatio	0.334	0.651	0.536 > 0.5	0.674 < 0.7
	RestartedCount	0.981			

Tableau 62: Résultats des tests de fiabilité⁴² du modèle de mesure (PLS)

Hormis les variables latentes endogènes mesurant la variation de motivation extrinsèque (MEvar) et les comportements motivés (*Motivated Behaviours*) qui affichent un Rho A un peu faible, tous les autres indicateurs sont satisfaisants.

Nous avons évalué la pertinence de notre modèle structurel en nous intéressant d'abord aux R^2 multiples, puis aux Q^2 de Stone-Geisser (méthode du *Blindfolding* sous SmartPLS). Nous avons regroupé les résultats de ces tests dans le tableau 63 ci-dessous :

	R^2	Q^2
MIvar	0.343	0.165
MEvar	0.120	0.040
AMOTvar	0.451	0.374
Motivated Behaviours	0.026	-0.037

Tableau 63: Résultats des tests de fiabilité du modèle structurel (PLS)

⁴² Indicateur de fiabilité >0.70 ; fiabilité de consistance interne >0.70 ou 0.60 dans une étude exploratoire ; moyenne >0.5.

Selon Croutsche (2002), un modèle peut être considéré comme significatif s'il affiche un $R^2 > 0.1$, tant que si $0.05 < R^2$, ou non significatif si $R^2 < 0.05$. Dans notre cas, nous observons que les variables d'entrée contribuent pour 45,1% dans la variation d'amotivation (AMOTvar), pour 12% dans la variation de motivation extrinsèque (MEvar), pour 34,3% dans la variation de motivation intrinsèque (MIvar) et pour 2,6% dans le comportement motivé. Ce dernier résultat n'est donc pas significatif ($R^2 < 0.05$) et signifie que les variables d'entrée expliquent peu le comportement motivé.

Les résultats du Q^2 de Stone-Geisser informent, quant à eux, que nos variables d'entrée sont prédictives des variations de l'amotivation, des motivations intrinsèques et extrinsèques, dans la mesure où les résultats sont positifs, contrairement au *Motivated Behaviours* qui affiche un résultat négatif. Autrement dit, le niveau de motivation initiale et le profil de joueur ne semblent pas prédictifs d'un comportement motivé.

Afin d'obtenir des coefficients de régression significatifs dans le modèle structurel, nous avons utilisé un Bootstrap, méthode d'inférence statistique basée sur un ré-échantillonnage des données et permettant par le calcul d'erreur, de savoir si le modèle est stable. Les résultats de celui-ci confirment l'influence du niveau de motivation initiale et du profil de joueur sur la variation de motivation, mais l'absence d'influence sur le comportement motivé des élèves que l'on observe *via* la persévérance et les performances. En d'autres termes, une seule variable du comportement motivé est explicative des différences entre élèves au post-test : la motivation. Ces différences motivationnelles dépendraient à la fois du niveau de motivation initiale de l'élève et de son profil de joueur.

2. Influence de la motivation initiale

Il est constaté une influence négative forte du niveau d'amotivation initiale sur la variation d'amotivation ; ce qui signifie qu'au plus un élève est amotivé au départ, au moins il le sera suite à l'expérimentation. Il est aussi remarqué une influence négative forte des niveaux de motivation et d'amotivation initiales sur la variation de motivation du même type : au plus un élève est motivé intrinsèquement ou extrinsèquement, au plus il sera démotivé dans ce même type de motivation. Enfin, nous notons une influence positive faible du niveau de motivation intrinsèque sur la variation de motivation extrinsèque (cf. tableau 64 ci-après).

		Complete		Avatar		Badges		Progression		Classement		Score		Timer	
		(O)	t-value	O	t-value	O	t-value	O	t-value	O	t-value	O	t-value	O	t-value
AMOT	AMOT var	-0.68	11.49**	-0.41	2.45*	-0.34	1.06	-0.83	6.59**	-0.34	1.86	-0.85	4.67**	-1.09	5.24**
	ME var	0.02	0.26	-0.11	0.42	-0.10	0.39	-0.17	0.76	0.03	0.15	-0.11	0.37	0.78	2.50*
	MI var	0.14	1.84	0.41	2.12*	-0.25	0.91	-0.12	0.70	0.25	1.01	-0.60	1.48	0.54	2.78**
	Motivated Behaviors	0.06	0.61	-0.20	0.72	-0.15	0.46	0.31	1.27	0.05	0.23	-0.30	1.09	0.05	0.14
ME	AMOT var	-0.00	0.06	0.28	1.34	0.12	0.33	0.07	0.45	-0.01	0.03	0.16	0.71	-0.11	0.52
	ME var	-0.44	4.59**	-0.38	1.43	-0.32	0.86	-0.60	1.63	-0.53	1.52	-0.96	3.02**	-0.03	0.11
	MI var	0.16	1.99*	0.09	0.38	0.09	0.35	0.26	0.95	-0.05	0.20	0.02	0.07	0.17	0.72
	Motivated Behaviors	0.05	0.48	0.10	0.35	-0.51	1.01	0.52	1.33	0.14	0.41	-0.44	0.96	0.14	0.42
MI	AMOT var	0.06	0.78	0.15	0.66	-0.06	0.43	-0.04	0.44	0.27	0.93	-0.36	1.22	-0.25	0.79
	ME var	0.20	2.08*	0.49	2.01*	0.25	1.10	0.17	1.09	0.27	0.90	0.24	0.66	0.24	0.62
	MI var	-0.61	7.99**	-0.10	0.38	-0.59	3.42**	-0.59	3.22**	-0.50	1.75	-0.96	2.28*	-0.43	1.52
	Motivated Behaviors	0.07	0.61	-0.23	0.62	-0.22	0.75	-0.17	0.74	0.26	0.63	0.68	1.56	0.08	0.15

Tableau 64: Influence du niveau de motivation initiale sur la variation de motivation, globale puis par élément de jeu (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

L'influence du niveau de motivation initiale sur les motivations finales varie cependant suivant l'élément de jeu :

- Variation de motivation des élèves ayant reçu l'avatar : les élèves les plus amotivés ayant reçu un avatar enregistrent une diminution de leur niveau d'amotivation et une augmentation de leur motivation intrinsèque ; les plus motivés intrinsèquement ont vu leur motivation extrinsèque progresser.

- Variation de motivation des élèves ayant reçu les *badges* : les élèves les plus motivés intrinsèquement, qui ont reçu cet élément de jeu, ont vu leur motivation intrinsèque diminuer.
- Variation de motivation des élèves ayant reçu l'élément de jeu *progression* : les élèves les plus amotivés, ayant reçu l'élément de jeu *progression*, ont vu leur amotivation diminuer ; les plus motivés intrinsèquement ont vu leur motivation intrinsèque diminuer.
- Variation de motivation des élèves ayant reçu l'élément de jeu *classement* : aucun effet significatif n'a été constaté pour cet élément de jeu.
- Variation de motivation des élèves ayant reçu le *score* : les élèves les plus amotivés, qui ont reçu cet élément de jeu, ont vu leur amotivation diminuer. Ceux qui étaient les plus motivés intrinsèquement et extrinsèquement ont vu ces motivations respectives diminuer.
- Variation de motivation des élèves ayant reçu le *timer* : les élèves les plus amotivés ont vu leur amotivation diminuer et leurs motivations intrinsèque et extrinsèque augmenter.

Enfin, il n'est constaté aucun effet significatif de la motivation initiale sur la persévérance et la performance des élèves. Autrement dit, le fait d'être davantage amotivé, ou davantage intrinsèquement ou extrinsèquement motivé, n'aurait pas d'impact sur la persévérance et la performance de l'élève quel que soit l'élément de jeu reçu ; ce qui corrobore les résultats du Q^2 de Stone-Geisser, calculé précédemment (cf. section 1, p.180).

3. Influence du profil de joueur sur l'impact de la *gamification*

De manière générale, les élèves motivés par le changement (profil *Disruptor*) et, dans une moindre mesure, par le contact social (profil *Socializer*) ont vu leur amotivation augmenter ; ceux motivés par les challenges (profil *Achiever*) l'ont vu diminuer (cf. tableau 65 ci-après).

	Achiever		Player		Socializer		Free spirit		Disrusptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	0.13	1.52	0.08	1.45	-0.01	0.14	-0.05	0.70	0.06	0.81	-0.06	0.79
MEvar	0.06	0.68	0.04	0.65	0.03	0.37	0.12	1.33	-0.05	0.57	-0.09	0.93
AMOTvar	-0.16	2.26*	0.06	1.23	0.12	2.15*	0.07	1.11	0.16	2.73**	-0.08	1.37
Motivated Behaviours	-0.04	0.44	-0.10	1.04	-0.01	0.07	0.07	0.76	0.08	0.94	0.06	0.39

Tableau 65: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

Des effets significativement différents sont constatés en fonction du profil de joueurs sur la variation de motivation, selon l'élément de jeu reçu :

- Variation de la motivation des élèves ayant reçu l'avatar (cf. tableau 66 ci-dessous) : les élèves motivés par leur réussite personnelle (profil *Player*) ont une augmentation de leur motivation intrinsèque ; ceux motivés par le contact social (profil *Socializer*) ont **vu diminuer leur motivation extrinsèque**.

	Achiever		Player		Socializer		Free spirit		Disrusptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	-0.08	0.39	0.33	1.97*	-0.37	1.77	-0.19	0.92	0.19	0.99	0.14	0.69
MEvar	-0.12	0.54	0.19	1.03	-0.39	2.01*	-0.08	0.39	0.09	0.49	-0.14	0.58
AMOTvar	-0.29	1.22	0.11	-0.02	0.14	0.81	0.11	0.69	0.06	0.39	-0.10	0.69
Motivated Behaviours	0.24	0.78	-0.37	1.22	0.07	0.29	0.12	0.43	0.00	0.01	0.17	0.72

Tableau 66: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu l'avatar (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

- Variation de la motivation des élèves ayant reçu les badges (cf. tableau 67 ci-après) : aucun effet significatif des *badges* sur la variation de motivation.

	Achiever		Player		Socialiser		Free spirit		Disrusptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	0.47	1.53	-0.03	0.14	0.42	1.31	0.04	0.14	-0.21	0.73	-0.36	1.08
MEvar	0.26	0.95	-0.20	0.85	0.39	1.29	-0.24	0.69	-0.01	0.05	0.21	0.55
AMOTvar	-0.27	0.76	-0.24	1.01	0.13	0.42	0.17	0.52	0.10	0.45	-0.01	0.04
Motivated Behaviours	0.04	0.13	0.02	0.06	0.02	0.06	-0.14	0.48	0.28	0.90	0.22	0.54

Tableau 67: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu les badges (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

- Variation de la motivation des élèves ayant reçu l'élément de jeu classement (cf. tableau 68 ci-dessous): aucun effet constaté.

	Achiever		Player		Socializer		Free spirit		Disruptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	0.13	0.50	0.02	0.10	0.01	0.03	0.06	0.24	-0.09	0.45	-0.08	0.38
MEvar	-0.04	0.14	0.07	0.36	0.15	0.67	0.27	0.99	-0.34	1.47	-0.27	0.92
AMOTvar	-0.11	0.39	0.13	0.73	0.16	0.88	-0.09	0.43	0.25	1.33	-0.02	0.09
Motivated Behaviours	-0.30	0.92	0.06	0.24	0.04	0.18	0.21	0.67	-0.03	0.11	-0.22	0.89

Tableau 68: Influence du profil de joueur sur la variation de motivation globale des élèves ayant reçu le classement (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

- Variation de la motivation des élèves ayant reçu l'élément de jeu *progression* (cf. tableau 66 ci-après) : l'élément *progression* a favorisé la motivation intrinsèque des élèves motivés par le changement (profil *Disruptor*).

	Achiever		Player		Socializer		Free spirit		Disruptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	-0.23	1.14	0.08	0.39	-0.01	0.06	-0.08	0.43	0.49	2.88**	0.16	0.75
MEvar	-0.09	0.39	0.20	0.78	0.08	0.38	0.14	0.62	0.10	0.33	-0.00	0.02
AMOTvar	-0.19	1.31	0.10	0.76	0.12	0.76	0.02	0.13	0.03	0.27	-0.12	0.81
Motivated Behaviours	-0.02	0.09	0.13	0.62	0.15	0.59	-0.03	0.12	0.22	0.79	-0.18	0.69

Tableau 69: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu la progression (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

- Variation de la motivation des élèves ayant reçu le *score* (cf. tableau 70 ci-dessous) : le *score* ne semble pas adapté aux élèves motivés par le changement (profil *Disruptor*) dont l'amotivation progresse fortement.

	Achiever		Player		Socializer		Free spirit		Disruptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	0.13	0.59	-0.20	0.77	0.09	0.34	0.09	0.38	0.24	0.85	-0.25	0.86
MEvar	0.17	0.76	0.17	0.72	0.23	0.78	0.08	0.39	-0.39	1.66	0.08	0.25
AMOTvar	0.00	0.02	0.11	0.66	0.15	0.68	-0.08	0.40	0.56	3.02**	-0.12	0.52
Motivated Behaviours	-0.30	1.09	-0.24	1.11	0.10	0.30	0.19	0.81	0.11	0.47	-0.35	0.84

Tableau 70: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu le score (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

- Variation de la motivation des élèves ayant reçu le *timer* (cf. tableau 71 ci-dessous) : l'élément *timer* semble adapté aux élèves motivés par les challenges (profil *Achiever*) puisqu'il est observé une augmentation significative de leurs motivations intrinsèque et extrinsèque.

	Achiever		Player		Socializer		Free spirit		Disruptor		Philanthropist	
	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value	(O)	t-value
MIvar	0.70	2.71**	0.14	1.28	0.17	1.08	-0.27	1.72	-0.26	1.61	-0.48	1.81
MEvar	0.66	2.11*	0.22	1.03	0.12	0.51	0.04	0.13	-0.28	1.14	-0.59	1.84
AMOTvar	-0.16	0.63	0.03	0.25	0.04	0.30	0.08	0.49	0.09	0.74	-0.01	0.03
Motivated Behaviours	0.40	0.89	0.32	1.44	-0.03	0.11	-0.28	1.05	-0.05	0.16	-0.35	0.86

Tableau 71: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu le timer (significativité du test T : non significatif en gris clair ; * $p < .005$; ** $p < .001$)

4. Profils des élèves pour lesquels une *gamification* « adaptée » favorise la motivation

Les précédentes analyses ont souligné l'impact de certains éléments de jeu en fonction du niveau de motivation initiale et du profil de joueur. En effet, certains éléments de jeu semblent favoriser la motivation alors que d'autres la dégradent, sans toutefois entraîner davantage de persévérance ou de performances (cf. sections 2-3, p. 181-188). Pour plus de lisibilité, le tableau 72 ci-dessous synthétise ces différents résultats en termes de recommandations ou de contre-indication, en fonction du profil motivationnel ou de joueur de l'élève.

Profil de l'élève	Élément de jeu recommandé	Élément de jeu déconseillé
Motivé intrinsèquement	Avatar	Badges/ Progression/ Score
Motivé extrinsèquement	-	Score
Amotivé	Avatar/ Progression/ Score/ Timer	
Motivé par les challenges (profil <i>Achiever</i>)	Timer	
Motivé par sa réussite personnelle (profil <i>Player</i>)	Avatar	-
Motivé par le contact social (profil <i>Socialiser</i>)	-	Avatar
Motivé par l'exploration et la création (profil <i>Free Spirit</i>)	-	-
Motivé par le changement (profil <i>Disruptor</i>)	Progression	Score
Motivé pour aider les autres (profil <i>Philanthropist</i>)	-	-

Tableau 72: Recommandations d'éléments ludiques par profil d'élève

Nous avons souhaité approfondir l'analyse et avons cherché à établir une correspondance entre les profils pour lesquels la *gamification* a eu un effet positif, et leurs caractéristiques individuelles. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur une étude par quartile pour déterminer qui sont les élèves les plus motivés intrinsèquement et ceux les plus amotivés (cf. tableau 73 ci-après).

		Amotivation	Motivation intrinsèque
N	Valide	258	258
	Manquant	0	0
Médiane		6.00	42.00
Ecart type		3.314	10.125
Percentiles	25	4.00	34.00
	50	6.00	42.00
	75	8.25	49.00

Tableau 73: Répartition des élèves par quartiles pour la motivation intrinsèque et l'amotivation

Nous avons donc cherché à savoir dans quelles zones de collège se trouvent les élèves *Achiever* ayant reçu un timer, les *Player* ayant reçu l'avatar, les *Disruptor* ayant reçu la progression, les motivés intrinsèquement ayant reçu l'avatar et les amotivés qui ont reçu l'avatar, la progression, le score ou le timer. Cette recherche vise notamment à mettre en perspective les résultats trouvés précédemment selon les caractéristiques individuelles des élèves à savoir l'étude des variables « sexe » et « zone de collège » (cf. section 2, p. 183). Ainsi il est observé que les :

- « Achiever-Timer » sont principalement urbains (60%) et de sexe masculin (60%). Ils représentent, au total, 5 élèves ;
- « Player-Avatar » sont présents dans toutes les des classes, comptent autant de filles que de garçons et sont 18 ;
- « Disruptor-Progression » sont 2 filles de collèges urbains ;
- « Motivés intrinsèquement-Avatar » sont à 92% urbains et ne se spécifient pas en fonction du sexe (12 au total) ;
- « Amotivés-Avatar/ Progression/Score/Timer » sont à 82% urbains et il y a autant de filles que de garçons. 12 ont reçu l'avatar, 14 ont reçu la progression, 10 ont reçu le score et 16 ont reçu le timer.

Au total, 87 élèves sont concernés par cette progression de la motivation, ce qui représente environ un tiers des élèves. Ces résultats montrent que les élèves qui ont été sensibles

à la *gamification* sont plutôt urbains, mais surtout que certains profils de joueurs semblent se définir par des caractéristiques individuelles et multifactorielles (sexe, collège). Par ailleurs, il apparaît qu'un profil de joueur ne peut-être lié à plusieurs éléments de jeu. C'est une des raisons pour lesquelles une *gamification* adaptative semble nécessaire.

Chapitre 3. Effet de la co-conception sur la perception d'affordances réelles

Dans ce chapitre l'affordance de LudiMoodle sera étudiée au regard des invariants socioculturels implémentés. Les résultats des entretiens d'explicitation seront présentés par enseignant, en commençant par une description du rapport au prescrit de l'enseignant ; ce qui permettra de prendre connaissance de l'enseignant, de ses façons de faire, mais aussi de nous familiariser avec la notion abordée dans cette séance. Puis nous focaliserons notre étude sur les affordances réelles perçues que nous comparerons aux invariants implémentés en amont. Nous nous intéresserons, ensuite, à l'évaluation de ces affordances par les enseignants, avant de les mettre en tension avec les affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité. Enfin, les résultats de chaque enseignant seront croisés afin de déterminer s'ils ont perçu des affordances réelles communes ou si des différences sont apparues en situation.

1. Analyse de l'entretien de l'enseignant P1

Pour rappel, nous avons choisi de numéroter chacune des répliques des enseignants, et de sous-numéroter celles trop longues ou présentant des idées différentes (ex. 1., puis 1.a, 1.b, etc.). Chaque enseignant s'est vu attribué la lettre P suivi d'un numéro d'identification afin d'anonymiser ses données. La retranscription de l'entretien de P1 figure en annexe (cf. livre des annexes, 2^{nde} partie, chapitre 2, section 1, p. 251).

1.1. Description du prescrit de l'enseignant P1

L'interviewée, 47 ans, de sexe féminin, en couple, avec des enfants, est enseignante en mathématiques depuis 19 ans. Elle officie depuis 2 ans dans cet établissement urbain de type ordinaire. Elle est également professeure principale et estime avoir environ 25% d'élèves en difficulté par classe de 28 élèves. Elle n'a pas participé à la création du contenu pédagogique sur LudiMoodle mais seulement à la création de la trace écrite du « à retenir » de la leçon. Il s'agit donc d'une enseignante « testeur ».

Pour P1, la double distributivité, qui fait partie du calcul littéral, est une notion difficile à assimiler par les élèves car elle nécessite la maîtrise de concepts précédents comme la

distributivité simple ou la gestion des nombres relatifs. Or les élèves ont tendance à segmenter leurs connaissances et oublient de faire le lien entre chaque notion. Pourtant, selon elle, il s'agit d'une application de formule que les élèves peuvent maîtriser par de l'entraînement :

7.k finalement c'est une application de formule, une fois qu'on l'a fait deux ou trois fois on y arrive quoi [...] 50.e parce que autant enfin, de toute façon le calcul littéral c'est vraiment quelque chose de délicat [...] 50.i mais quand même une grande majorité des élèves ont tendance à, à couper les séances quoi (P1).

Par ailleurs, il s'agit, selon elle, d'une notion relativement abstraite. C'est pourquoi P1, d'ordinaire, essaie de donner du sens à l'apprentissage de cette notion, notamment en réalisant un exercice rituel, en recourant aux tours de magie, aux calculs d'aires ou aux programmes de calcul :

62.h et donc là je fais, petit à petit, je donne des programmes de calcul et on introduit un peu la lettre, on fait des, ben des tours de magie [...] 150.a Ce qui est important de toutes façons, enfin pour moi, c'est de donner du sens à ce qu'on fait, ce qu'on apprend [...] 158.b Un tour de magie, souvent ils choisissent un nombre et puis je leur fais faire des manip, machin, machin, et puis à la fin ils arrivent toujours à faut que je calcule c'est 11 [...] 158.d mais ça peut être pour un calcul d'aires, oui pour un calcul de n'importe quoi où on a besoin de modéliser quoi. Et pour moi l'intérêt il est là quoi [...] 268. Non le rituel c'est, non moi je fais un diaporama, c'est sur un thème qui a rien à voir avec le chapitre qu'on est en train de faire [...] 276. Oui et puis ça les structure, au niveau de la structure moi je trouve que c'est important, de comprendre la logique quoi (P1).

Elle pratique la différenciation pédagogique, essaie de mettre ses élèves en autonomie et les laisse s'entraider :

238.b On essaie de découvrir les choses en groupe, on fait un petit bilan écrit et ensuite moi je les laisse beaucoup travailler en autonomie, chacun à leur rythme avec des enfin, des exercices et puis bon y en a qui vont vite, y en a qui vont, ils s'expliquent entre eux (P1).

Pour que ses élèves s'entraînent, P1 dispose d'outils numériques dans son établissement tels que l'application « Maths en poche », exerciceur en ligne, permettant une différenciation pédagogique et de mettre les élèves en autonomie grâce au feedback immédiat ; l'application Domino, disponible sur tablette, plutôt adaptée aux bons élèves ; le tableur de son ordinateur portable. Elle note que l'usage de ces outils reste sporadique du fait d'un manque d'ordinateurs (16 en salle informatique) ou de tablettes disponibles :

68.a Maths en poche, c'est la même chose. Y a une série d'exercices, alors moi je vais sur l'ancienne version où justement c'est exercices en ligne en fait, euh, ils tapent leur réponse ça leur, alors est-ce qu'ils ont tout de suite juste ou faux ? Je crois aussi, je crois qu'ils ont un

feedback tout de suite et pareil ils ont un pourcentage de réussite à la fin et ils ont le choix de refaire ou de pas refaire par contre [...] 72.c et en fonction du niveau des élèves, ils peuvent faire des choses très différentes [...] 72.d Pour ceux qui étaient un peu plus à l'aise, d'ailleurs ceux qui finissent avant, je leur donnais c'est Domino [...] 86.c en plus faut placer des dominos et on s'aperçoit juste à la fin si on a juste ou faux, donc quand c'est faux, faut tout recommencer [...] ouais c'est pas, c'est pas des plus ludique ! (P1).

Enfin, P1 crée des groupes de travail et autorise les échanges entre élèves afin de favoriser l'entraide :

238.b parce que moi je les, enfin voilà je, on fait des temps en commun, on fait des activités de découverte etc., ou même en groupe [...] c'est pour ça qu'ils sont en îlots, voilà j'aime bien qu'ils s'entraident (P1).

Etudions à présent les affordances réelles perçues par P1 lorsqu'elle a réalisé cette séance, non pas avec Maths en Poche, mais avec LudiMoodle.

1.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 pendant l'activité

P1 note qu'elle n'a pas tout à fait respecté la trace écrite (trace commune à tous les enseignants) pour permettre à ses élèves de passer suffisamment de temps sur tablette. Elle déclare aussi avoir simplifié le contenu :

7.m Le deuxième exemple je le garde pour la prochaine séance pour que, parce que ce sera encore une séance sur la distributivité, et pour que on puisse euh, revenir dessus ensemble, et comme il est un peu compliqué euh, voilà (P1).

Elle s'est servie du tableau et du vidéoprojecteur pour démontrer la formule de la distributivité double. Elle a pris un exemple concret pour introduire la lettre dans la formule, non prévu initialement sur la trace écrite :

3.e Je leur ai montré comment on démontre la formule de la distributivité double. Voilà, donc ils l'ont trouvée d'eux-mêmes [...] 7.c Voilà, et puis après du coup je leur ai montré un exemple [...] 9.a Voilà, et pour qu'ils aient aussi suffisamment de temps sur les tablettes [...] 35. A l'oral, au tableau euh voilà, je, j'avais le « à retenir » projeté au tableau [...] 58.b Parce que du coup, c'est juste on remplace la lettre par finalement, on a qu'à dire que c'est x le prix au kilo [...]

Puis P1 aurait demandé aux élèves de passer sur tablette pour s'entraîner. Pour elle, le feedback automatique devait leur permettre de travailler en autonomie. D'ailleurs elle les a incités à le faire :

44.a Oui ils sont limités, non, non, non, ils peuvent pas [...] 44.b c'est pour ça d'ailleurs qu'après ils ont souvent peur sur les dernières tentatives parce qu'ils voient « attention c'est votre dernière tentative », ou je sais, enfin bon ils m'appellent « est-ce que j'ai bien juste ? », ils veulent, voilà ils veulent pas être bloqués [...] 164.d Alors certains se corrigent d'eux-mêmes, euh, moi je les encourage beaucoup parce que enfin c'est ce que je leur dis, c'est dans l'erreur qu'on apprend, et surtout alors là quand on progresse vraiment, c'est quand on arrive à se corriger tout seul (P1).

Selon elle, elle a procédé comme d'habitude. Elle a autorisé les élèves des classes les plus silencieuses à se lever pour aider leurs camarades. Elle est aussi intervenue auprès de certains élèves :

140.b moi c'est vrai qu'ils me sollicitent énormément sur les aider, leur expliquer, etc. mais ils me demandent, ben à part ces deux questions-là [...] 146. Oui voilà ça dépend des classes. Y a des classes où j'autorise plus que d'autres. Là la classe de 11h ils sont, ils sont un peu pénibles, ils sont bruyants, ça dépend des heures etc. euh, je les autorise pas toujours à se déplacer (P1).

Elle a conseillé aux élèves de développer et de réduire d'abord au brouillon :

16. Au brouillon en fait ils développent [...] et ils réduisent parce qu'il, le résultat attendu est un expression réduite (P1).

Enfin, pour simplifier et faciliter l'apprentissage de la notion, P1 a sélectionné les exemples les plus simples de la trace écrite :

7.m Le deuxième exemple je le garde pour la prochaine séance pour que, parce que ce sera encore une séance sur la distributivité, et pour que on puisse euh, revenir dessus ensemble, et comme il est un peu plus compliqué euh, voilà [...] 228.a Ouais ! positif et après on introduit un signe, une soustraction, normalement aujourd'hui ils ont pas vu énormément de nombres négatifs (P1).

P1 a donc perçu, en situation, les affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras, tableau 74 ci-dessous) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Donner du sens	Savoir modéliser un problème concret
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques Laisser se débrouiller

Simplifier	Sélectionner les exemples sur la trace écrite Eviter les nombres relatifs
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Autoriser les échanges Faire de la remédiation individuelle

Tableau 74: Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

1.3. Evaluation des affordances réelles perçues

Pour P1, l'expérimentation a intéressé les élèves et les a motivés à aller en cours. Dans sa classe, elle a en effet beaucoup d'élèves absentéistes, qui étaient présents pendant les séances sur tablette. P1 déclare que la tablette a créé la motivation, incitant les élèves à se mettre au travail :

140.d Après honnêtement la motivation, la tablette crée une motivation énorme [...] 142. Parce que j'ai quand même il me semble, la plupart du temps, tous les élèves au travail (P1).

P1 est beaucoup plus dubitative concernant l'intérêt procuré par les éléments ludiques. Certains d'entre eux semblaient dysfonctionner (ex. badges), d'autres comme le timer, stressaient les élèves. Les éléments avatar et progression quant à eux les ont intéressés. Elle suppose que les élèves ont été davantage centrés sur leurs apprentissages plutôt que sur l'élément qui leur avait été attribué en début d'expérimentation :

132. Ça [l'élément progression], ça marche bien et ils aiment bien. Et puis le truc que tout le monde voulait avoir au moment de la distribution des codes, c'est l'avatar [...] 126.a Je comprends pas pourquoi sur certains ça fonctionne et d'autres pas (badges) [...] 126.c Le chronomètre ça les stresse énormément ! [...] 164.h Après au niveau des mécaniques, euh, encore une fois, j'ai peu de retours des élèves et du coup je voilà, mis à part que l'avatar leur plaît beaucoup, j'ai peu, vraiment peu de retours des élèves, voilà [...] Ils ont tellement besoin d'aide en maths qu'en fait ils bloquent, ils s'intéressent qu'aux maths (P1).

P1 estime que LudiMoodle permet d'acquérir des automatismes :

162.a Et ça l'est parce que c'est très mécanique justement. Donc les tablettes enfin la, le, la séance LudiMoodle, elle se prête vraiment très, très bien je pense (P1).

Par ailleurs, elle pense que les élèves semblent avoir compris ce qu'était la double distributivité ; ce qu'elle attribue au fait que les exemples sélectionnés étaient simples :

256.b Parce qu'ils ont été, alors une chose est sûre c'est qu'ils sont contents, franchement au niveau de la motivation je pense qu'ils sont contents, ils sont contents de venir en cours [...] 7.e Donc ça ils ont pas eu trop de mal une fois qu'ils avaient une somme de produits. Euh donc ça leur paraissait simple (P1).

Il semble aussi, que LudiMoodle, favorise l'autonomie grâce aux feedbacks qui étaient donnés à l'élève :

164.g Donc voilà et c'est vrai que là l'intérêt de voir tout de suite le faux et de recommencer ensuite est intéressant (P1).

P1 constate que LudiMoodle s'intègre bien à sa séance mais elle regrette de ne pas avoir pu faire de rituel en début de séance comme elle a l'habitude de le faire. A de nombreuses reprises, elle fait remarquer qu'elle a manqué de temps, que les notions se sont enchaînées trop vite ce qui nuisait aux apprentissages des plus faibles. De plus, lorsque les élèves étaient absents, il était alors difficile pour eux de rattraper le retard sur tablette :

222.a Oui je trouve que ça va vite, on voit beaucoup de choses, c'est très dense, ça convient, ça convient à certains meilleurs, sinon c'est vraiment, vraiment rapide [...] 242.c Alors il y a juste un truc c'est qu'effectivement je fais pas de rituel, voilà, donc ça, ça m'enlève [...] 266.e Et le fait de pas pouvoir, moi ça me manque quand même, j'aime bien le rituel (P1).

P1 précise qu'aucun devoir à la maison n'a été prévu, ce qui a pu manquer aux élèves (ne serait-ce que pour revoir la notion), même si elle concède que les devoirs qui sont donnés d'ordinaire sont en autocorrection par manque de temps :

244.i Parce que mine de rien de ne pas reprendre à la maison derrière euh, je pense que ça leur manque aussi, voilà [...] parce que là ils voient la notion une fois, alors ils sont à fond dedans, la séance suivante on passe à une autre notion, tout ça je trouve que ça va très vite [...] 246.c Après moi j'avais déjà pris un peu cette habitude de donner des devoirs en autocorrection et de les laisser se gérer un peu (P1).

Enfin, P1 constate que l'utilisation du cahier de brouillon, pour décomposer les calculs avant de répondre aux questions sur LudiMoodle, n'a pas été systématique soit parce que les élèves n'en avaient pas besoin, soit par « flemme » :

14.j Donc euh y a une classe où j'ai, j'ai, j'ai, la classe de 9 à 10 ils sont moins comme ça, mais dans l'autre classe y en a énormément qui sont un petit peu fainéants on va dire et qui ont vraiment la flemme de prendre un stylo et une feuille [...] 14.k et du coup voilà, qui ont fait pas

mal d'erreurs [...] 22.b Après y en a qui sont capables, j'en ai mais certains, comme dans la classe d'avant, qui où de tête ils arrivent (P1).

Aux vus de ces résultats, P1 émet un jugement globalement positif sur les affordances qu'elle a perçues. Elle émet aussi des jugements sur des affordances réelles non perçues (cf. tableau 75 ci-dessous).

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Donner du sens (-)	Savoir modéliser un problème concret Faire un exercice rituel (-)
Mettre en autonomie (+)	Recourir aux feedbacks automatiques (+) Laisser se débrouiller (+)
Simplifier (+)	Sélectionner les exemples sur la trace écrite (+) Eviter les nombres relatifs (+)
S'entraîner (+)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
Faire de la remédiation (+)	Mobiliser le brouillon (-) Autoriser les échanges Faire de la remédiation individuelle
Maîtriser une technique (+)	Acquérir des automatismes (+)
Intéresser (+)	Insérer des éléments de jeu (+)

Tableau 75: Evaluation des affordances réelles perçues par P1 lors de la phase expérimentale (gris=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

Nous essaierons dans la section suivante de comprendre pourquoi certaines affordances réelles ont été jugées positivement négativement, en les comparant aux affordances intentionnelles perçues et au prescrit de P1.

1.4. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité

Pour P1, il s'agissait avant tout que ses élèves maîtrisent une technique, qu'ils sachent développer et factoriser, qu'ils soient capables de modéliser un problème concret, signe qu'ils comprennent ce qu'ils font :

3.c On a vu ce que ça voulait dire développer, factoriser [...] 50.a Ben déjà qu'ils, ben qu'ils acquièrent la formule, qu'ils arrivent enfin au moins qu'ils arrivent à la démontrer [...] 50.d savoir transformer une soustraction en addition et puis réduire à nouveau [...] 150.d Là l'objectif c'est d'arriver à modéliser des problèmes concrets [...] 150.c Pour moi c'est de savoir dans la vie quand est-ce qu'on va devoir faire une division ou une addition et parce qu'on aura des outils pour les faire, je veux dire, le côté mécanique de je sais faire une addition, je sais faire une division, je sais réduire, euh, ça n'a d'intérêt que quand on sait qu'on doit utiliser cet outil-là quoi (P1).

Elle pensait pouvoir intéresser ses élèves grâce aux éléments de jeu prévus à cet effet :

114.a Ben alors y a différentes mécaniques, voilà (rire). Alors y a badge, donc bronze, or et diamant je crois [...] 122.a Oui voilà. Ensuite y a les points [...] 124. Pareil que sur les badges, y a les points et les badges [...] 126.b Alors y a le chronomètre [...] 130.b après y a progression, ceux qui se comparent par rapport aux autres, euh, je sais pas si ça s'appelle progression, mais donc ils se comparent [...] 130.d y a le, oui la progression d'aller de la Terre à la Lune (P1).

LudiMoodle est compris comme un exerciceur qui devait permettre aux élèves de s'entraîner, de travailler en autonomie :

24.a Alors ils ont un feedback immédiat [...] 28 Et ben quand ils envoient leur réponse ils ont, ben ils voient tout de suite qu'il y a une erreur [...] 30.a En revanche ils peuvent pas la corriger tout de suite [...] 32 Après en fonction de s'ils ont passé 70% ou pas, euh, ils doivent recommencer immédiatement l'exercice, et c'est au moment où ils le recommencent qu'ils peuvent corriger leur erreur [...] 160.a Ben le contenu de toutes façons sur la distributivité double je veux dire, à part là y a pas de secrets, si on veut maîtriser que ce soit la formule enfin, il faut en faire quoi ! Là, c'est le genre d'exercices où il faut pas en faire qu'une fois. Il faut le faire plusieurs fois [...] 164.a Ça leur permet s'entraîner (P1).

Ces résultats permettent de comprendre que P1 a jugé négativement la possibilité d'« intéresser » les élèves grâce aux éléments de jeu car elle a perçu de l'agacement chez ses élèves en particulier chez ceux ayant reçu le timer. La possibilité de « maîtriser une technique » n'a pas été perçue en situation car il s'agit d'un apprentissage sur la durée ; c'est pourquoi elle l'aurait tout de même évaluée de façon positive avec du recul (cf. tableau 76 ci-dessous)

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser Savoir modéliser un problème concret
Intéresser	Insérer des éléments ludiques
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur

Tableau 76: Affordances intentionnelles perçues par P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

P1 a aussi perçu un continuum entre les affordances « s'entraîner », « mettre en autonomie » et « intéresser », correspondant respectivement à « mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur », « recourir aux feed-back automatique », « insérer des éléments ludiques » ; ce qui potentiellement a pu influencer sur son style motivationnel (cf. tableau 77 ci-dessous).

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser Savoir modéliser un problème concret
	Intéresser	Insérer des éléments ludiques
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Donner du sens	Savoir modéliser un problème concret
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques Laisser se débrouiller
	Simplifier	Sélectionner les exemples sur la trace écrite Eviter les nombres relatifs
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Autoriser les échanges Faire de la remédiation individuelle
Evaluation des affordances réelles	Donner du sens (-)	Savoir modéliser un problème concret Faire un exercice rituel (-)
	Mettre en autonomie (+)	Recourir aux feedbacks automatiques (+) Laisser se débrouiller (+)
	Simplifier (+)	Sélectionner les exemples sur la trace écrite (+) Eviter les nombres relatifs (+)
	S'entraîner (+)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
	Faire de la remédiation (+)	Mobiliser le brouillon (-) Autoriser les échanges Faire de la remédiation individuelle
	Maîtriser une technique (+)	Acquérir des automatismes (+)
	Intéresser (+)	Insérer des éléments de jeu (+)

Tableau 77: Affordances perçues par P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

2. Analyse de l'entretien de l'enseignant P2

L'interviewé, 36 ans, de sexe masculin, est enseignant en mathématiques depuis 2 ans, et depuis 1 ans dans cet établissement rural de type ordinaire. C'est la première fois qu'il donne des cours de Mathématiques à des élèves de 4^{ème}. Il est également professeur principal et estime avoir environ 45% d'élèves en grande difficulté par classe de 26 à 28 élèves. Il n'a pas participé à la co-conception, il est donc enseignant « testeur ». L'entretien s'est déroulé par visioconférence et le tutoiement a été employé à la demande de l'interviewé. La retranscription de l'entretien figure en annexe (cf. livre des annexes, 2^{nde} partie, chapitre 2, section 2, p. 262).

2.1. Description du prescrit de l'enseignant P2

P2 déclare qu'il n'a pas de recul par rapport à l'enseignement de la double distributivité à des élèves de 4^{ème}. Il ne semble pas savoir (ou mettre en lien) s'il y a des recommandations particulières pour l'apprentissage de cette notion dans le programme ou les fiches d'accompagnement pédagogiques. Il s'agit pour lui d'une technique opératoire que les élèves doivent connaître et dont l'apprentissage est basé sur la connaissance de la simple distributivité. Il reconnaît que le calcul littéral est abstrait pour les élèves. Il essaie de donner du sens à cette notion, de rendre ses élèves autonomes et de les entraîner :

21. Alors moi il faut regarder que c'est la première fois que je le fais du coup [...] 41.a Donc voilà, mais l'idée c'est que c'est une technique opératoire [...] 31. A partir du moment où la simple est bien maîtrisée, la double souvent pose pas trop de problème. Là où on a des difficultés c'est les gamins qui ont pas compris la simple [...] 501 accéder au sens de la double distributivité sans être gêné par le calcul (P2).

Selon lui, la double distributivité permet de résoudre les identités remarquables et démontrer des égalités. Il note que ce qui pose le plus de difficulté aux élèves : c'est de mobiliser des variables inconnues « x » plutôt que des chiffres et de gérer la présence de nombres relatifs. Pour pallier à cette dernière difficulté, il autorise parfois l'usage de la calculatrice afin que l'élève puisse se concentrer sur la maîtrise d'une technique plutôt que sur la gestion des signes. Il se sert également d'une formule qu'il nomme « formule de la Playstation » qui consiste à remplacer les lettres de la formule par des ronds, des carrés et des triangles. Cette technique vise à leur faire comprendre que dans chaque forme il est possible de mettre n'importe quel nombre et donc potentiellement n'importe quelle lettre. Elle est censée créer de l'intérêt :

43.b L'idée c'est que ça fait partie du calcul littéral et que du coup t'en a besoin après pour faire certaines choses comme les identités remarquables qui seront vues ensuite, etc. [...] 45. Par exemple on va se servir de la double distributivité pour démontrer que $(a+b)^2$ et ben ça fait $a^2+2ab+b^2$ [...] 499. Alors après t'as la solution palière qui leur dit, ben écoute moi aujourd'hui j'ai envie que tu saches maîtriser tes x^2 , tex x et tout ça, que tu saches maîtriser ta formule, donc je donne accès à la calculatrice [...] 83. Et puis le fait que ce soit une formule Playstation tu comprends, ils pensent que c'est mieux ! (P2).

P2 dispose de tablettes numériques « Sqool » qu'il juge peu pratiques que ce soit au niveau de la mise en route, de l'ergonomie du clavier ou du fait qu'elles soient « bridées » avec aucune possibilité d'ajout de fonctionnalités. Il y a également au sein du collège une salle informatique et des logiciels mathématiques tels que Labomep. Ce logiciel est un exerciceur en calcul littéral qui offre des feedbacks immédiats aux élèves, des explications vidéo sur le cours

et des illustrations en couleur. Ce qui semble lui convenir, même s'il avoue que la plupart des élèves ne regardent pas les vidéos explicatives :

432. Voilà donc ils peuvent aller sur le cours et après ils reviennent sur leur exercice. Et sur le cours y a des notions qui sont traitées avec vidéo ou avec des explications ou avec de la couleur etc., donc ça pour nous c'est très bien (P2).

Voyons à présent les affordances réelles perçues par P2 lorsqu'il a réalisé cette séance non pas avec Labomep, mais avec LudiMoodle.

2.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 pendant l'activité

P2 déclare, qu'en amont de cette séance sur la double distributivité, il a rencontré des problèmes avec LudiMoodle qui comptait faux des réponses justes. Le problème résolu, il a fallu remotiver les élèves. Il a ensuite fait son cours en commençant par présenter la notion. Selon lui, tout avait été prévu pour faciliter l'apprentissage de cette technique calculatoire, les exercices avaient été construits de manière progressive :

261.a Euh, l'idée c'est que là ils ont essayé d'avancer sur la double distributivité, ils ont essayé d'avancer point par point [...] 261.b C'est-à-dire que les premières doubles distributivités vont être qu'avec des additions [...] 263. Ils font entrer les moins qu'après parce que c'est les moins qui posent problème souvent et l'addition ce qu'elle nous permet c'est d'abord de faire justement ce fameux visuel et ce fameux, cette fameuse technique opératoire (P2).

Puis il a montré des exemples au tableau. Pour faciliter la compréhension, il a illustré la technique par des flèches colorées :

63. Ouais, comme j'ai présenté dans la vidéo, je sais pas si on voit, je fais des flèches de couleur. Pour la simple distributivité j'entoure le a et je le distribue avec une flèche sur le b (P2).

Les élèves sont ensuite passés sur tablette. D'un point de vue pratique, P2 a rappelé aux élèves les règles d'écriture sur LudiMoodle afin d'éviter les erreurs :

350. Moi, dès le début, avant qu'on démarre les séances, je leur ai expliqué la 1^{ère} fois qu'ils apparaissaient dans les séances sur LudiMoodle, je leur ai dit « rappelez-vous pour écrire au carré c'est x, le petit chapeau comme ils disent, donc x l'accent circonflexe le 2 [...] 366. Donc du coup on l'a mis tel quel dans nos cours et nos leçons, c'est-à-dire que le à retenir c'est marqué 5 multiplier par x, le multiplier il apparaît comme une petite étoile * (P2).

Des élèves volontaires ont ensuite distribué les tablettes. Il note l'importance de ne pas les distribuer en amont du cours au risque de ne plus avoir leur attention :

296. Moi je me suis donné 3, ben 4 élèves, mais 3 en priorité, qui étaient responsables [...] Si tu donnes les tablettes tout de suite, ben y en a la moitié qui vont l'allumer, y en a un ou deux qui vont faire ça discrètement en disant « ouais c'est bon, le prof il me regarde pas, je vais me connecter [...]229. Et c'est vrai que c'est très agréable (l'entraide entre élèves), parce que nous on peut pas se démultiplier concrètement (P2).

Ensuite, il déclare avoir autorisé les élèves à se servir de leur trace écrite pendant les exercices sur tablette et a laissé l'illustration au tableau comme aide-mémoire :

[...] 221. J'ai laissé le cours affiché euh, ne serait-ce que la double distributivité, déjà ils ont les flèches qui réapparaissent et pour certains ça peut les aider. Ils ont au moins les exos du tableau pour pouvoir au moins faire un copier-coller de l'exemple et pouvoir le réappliquer (P2).

Les élèves travaillaient en autonomie sachant que chaque binôme pouvait s'entraider, ce qui lui permettait de gagner du temps :

33.b Comme là on est dans le cadre de l'expérience est que l'idée c'était de faire toujours à chaque fois le même profil de cours grosso modo, c'était d'abord de faire le cours et ensuite après de les laisser sur tablette (P2).

P2 précise qu'il avait la possibilité, pendant la séance, de voir les élèves en difficulté grâce au rapport dynamique sur sa tablette qui lui indiquait, par des croix rouges ou vertes, où en étaient les élèves. Il s'est également déplacé vers les élèves qui d'habitude sont le plus en difficulté :

159. A partir de la tablette tu sais, t'as le rapport dynamique, on voit tout de suite qui avance et qui avance pas [...] 183. Oui alors du coup c'est pour ça que moi je préfère voir directement voir mes élèves, je sais qui maîtrise et qui maîtrise pas quoi, c'est de visu plus que de référence à l'identifiant (P2).

P2 a donc perçu en situation des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras, tableau 78 ci-dessous) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller
Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Autoriser les échanges Annoter au tableau

	Faire de la remédiation individuelle Utiliser le rapport dynamique Faire des flèches colorées
Différencier	Adapter la difficulté
Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture Désigner des responsables tablette

Tableau 78: Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

2.3. Evaluation des affordances réelles perçues

Selon P2, les élèves ont été vraiment intéressés. Ils avaient envie de faire des mathématiques. Il pense que les élèves ont particulièrement apprécié de travailler sur une tablette numérique et que les éléments ludiques ont eu un effet :

119. En fait quand ça marche, l'effet ludique ça marche très, très bien [...] 145.a Plus c'est visuel, plus ça marche [...] 392.a Ah ben ils sont très intéressés, je te dis, ils sont vraiment motivés par ça ! [...] 519. C'est plutôt, ils avaient envie de le faire [...] 513. Ils s'y sont intéressés du fait qu'il y avait la tablette (P2).

Cependant il ne lui est pas possible de dire s'ils ont acquis les compétences liées à la double distributivité puisqu'ils n'ont pas été évalués sur la notion. Il suggère de proposer davantage d'évaluations intermédiaires pour faire le point sur les acquis.:

151 Comme on n'a pas fait d'éval entre temps c'est difficile de dire qui maîtrise bien ou qui. Après tu sais que certains maîtrisent, tu sais que d'autres le maîtrisent pas, mais ceux qui sont entre les deux c'est plus compliqué (P2).

Il note que seuls les bons élèves ont été autonomes. D'un point de vue organisationnel, l'anticipation, aussi bien au niveau de la distribution des tablettes que des contraintes d'écriture, a facilité le bon déroulé de la séance et l'usage de la tablette :

442 Encore une fois les bons élèves ils vont arriver à se débrouiller, ne serait-ce que par eux-mêmes ou par la remédiation proposée par l'outil informatique [...] 358 C'est-à-dire que nous on le savait, donc on leur a bien précisé avant, et comme c'est anticipé en amont, ça marche (P2).

Il précise néanmoins que la gestion des nombres relatifs a posé problème :

458. En fait faudrait le faire tout le temps, sur chaque cours faudrait ça, faudrait qu'on sache à chaque fois où en sont les gamins pour pouvoir adapter et faire de la différenciation en fait [...] et puis t'as l'effet des lacunes antérieures, ceux qui maîtrisaient pas avant certaines choses et qui les maîtriseront pas toujours (P2).

Concernant le feedback automatique, il constate que les élèves ne pouvaient corriger leurs erreurs qu'à la fin d'un exercice, soit après avoir répondu à une dizaine de questions. Il juge ce feedback trop tardif et créateur d'impatience chez les élèves qui veulent une réponse immédiate. P2 note que les élèves préfèrent en général une remédiation par l'enseignant, surtout les élèves en difficulté :

237. Parce qu'ils veulent tout de suite savoir où est leur erreur pour pouvoir s'autocorriger en fait, et le problème c'est qu'ils ont pas le feedback tout de suite [...] 436. En fait ça (Labomep) revient au même que ce que j'ai fait avec LudiMoodle, c'est-à-dire qu'ils préfèrent très sincèrement euh, que le prof vienne leur expliquer [...] 442. Et surtout pour les élèves en difficulté (P2).

Pour P2, le rapport dynamique qu'il pouvait consulter pour identifier les élèves les plus en difficulté était intéressant, mais du fait de l'anonymisation des données était compliqué à utiliser :

171.b puis dans le pire des cas ça nous permet de faire référence si jamais, on voit qui et on peut le faire nous-même, regarder qui est l'élève ag machin, on regarde qui c'est et après peut aller le voir mais ça fait une grosse perte de temps donc moi je préférerais carrément leur demander, ou alors tu vois sur les tablettes, tu peux le voir l'identifiant en haut, alors après j'ai repéré moi, donc je sais que l'élève ag3 c'est un tel, que l'élève af3 c'est un tel ou afg c'est un tel, après pas tous c'est compliqué (P2).

Nous constatons que P2 émet un jugement positif sur la majorité des affordances perçues. Il a aussi émis un jugement sur des affordances réelles non perçues (cf. tableau 79 ci-dessous).

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Mettre en autonomie (+)	Laisser se débrouiller Recourir aux feedbacks automatiques (-)
Faire de la remédiation (+)	Mobiliser le brouillon Autoriser les échanges Annoter au tableau Faire de la remédiation individuelle Utiliser le rapport dynamique (+) Faire des flèches colorées
Différencier (-)	Adapter la difficulté (-)
Faciliter l'utilisation (+)	Anticiper les règles d'écriture (+) Désigner des responsables tablette
Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (+) Mobiliser la tablette numérique (+)

Tableau 79: Evaluation des affordances réelles perçues par P2 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

Nous essaierons dans la section suivante de comprendre pourquoi certaines affordances réelles ont été jugées positivement et négativement en les comparant notamment aux affordances intentionnelles et au prescrit de P2.

2.4. Affordances intentionnelles perçues par P2 en amont de l'activité

Pour P2, l'objectif principal ici est que ses élèves maîtrisent une technique, mais aussi qu'ils sachent développer, factoriser tout en se créant des automatismes :

29.a C'est-à-dire que le but des gamins c'est qu'ils apprennent à le faire et que ce soit automatisé si tu veux. Donc le but c'est que ça devienne un automatisme [...] 41.a Donc voilà, mais l'idée c'est que c'est une technique opératoire [...] 41.d C'est une technique opératoire la distributivité [...] 45 Par exemple on va se servir de la double distributivité pour démontrer que $(a+b)^2$ et ben ça fait $a^2+2ab+b^2$ [...] 53.a Et les deux autres ils les font plus, $(a+b)^2$ et $(a-b)^2$ (P2).

P2 souhaitaient qu'ils s'entraînent grâce à cet exerciceur :

41.b et du coup le but c'est d'en faire et de s'entraîner, parce que plus on en fait et plus ils y arriveront [...] 416 Alors l'idée c'est que c'est tous les deux des exercices grosso modo, c'est-à-dire que t'as l'exercice, t'as la réponse etc., tu peux avoir ta réponse tout de suite. Le gros avantage de LudiMoodle c'est que c'est plus joli visuellement (P2).

Il comptait sur les éléments de jeu pour intéresser les élèves :

87. L'idée c'est de trouver des moyens accrocheurs, histoire qu'ils accrochent [...] 418. Visuellement parlant c'est beaucoup plus accrocheur et notamment grâce à ludification, grâce aux avatars et tout ça (P2).

Pour P2, la trace écrite devait permettre aux enseignants d'aborder les notions en même temps et d'harmoniser leurs pratiques :

292. Mais sinon on a tous les mêmes traces écrites et ça, ça permettait d'avancer tous au même rythme, c'est-à-dire qu'on a tous la même trace écrite et on s'est tous mis d'accord que quand on démarrait notre cours, quand il y avait une trace écrite c'était trace écrite en 1er, on l'explique etc., on travaille avec nos élèves dessus, on fait une grosse mise en commun générale, et après on les lance sur tablette, histoire qu'ils aient tous leur grosse demi-heure de tablette chacun de leur côté quoi [...] 294 Alors là par contre, je pense pas qu'on ait tous la même façon de faire (P2).

Nous avons regroupé les affordances intentionnelles perçues par P2 en amont de l'activité dans le tableau 80 ci-dessous.

Affordances intentionnelles	Affordances intentionnelles
Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser Créer des automatismes
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur
Intéresser	Insérer des éléments ludiques
Harmoniser les pratiques	Mobiliser une trace écrite

Tableau 80: Affordances intentionnelles perçues par P2 en amont de l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

Nous constatons que l'objectif de « maîtriser une technique » n'a pas été perçu pendant l'activité. Il n'a pas non plus perçu la possibilité de « s'entraîner » ou d'« intéresser » pendant l'activité, alors que cette dernière affordance a été évaluée de façon positive. P2 n'a certainement pas conscientisé le fait de la percevoir, pourtant il existe bien un continuum dans leur perception entre l'intentionnel et le réel, de l'affordance épistémique « intéresser » et de l'affordance pragmatique « insérer des éléments ludiques » (cf. tableau 81 ci-dessous).

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser Créer des automatismes
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur
	Intéresser	Insérer des éléments ludiques
	Harmoniser les pratiques	Mobiliser une trace écrite
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller
	Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Autoriser les échanges Annoter au tableau Faire de la remédiation individuelle Utiliser le rapport dynamique Faire des flèches colorées
	Différencier	Adapter la difficulté
	Faciliter l'utilisation	Anticiper les règles d'écriture Désigner des responsables tablette
Evaluation des affordances réelles	Mettre en autonomie (+)	Laisser se débrouiller Recourir aux feedbacks automatiques (-)
	Faire de la remédiation (+)	Mobiliser le brouillon Autoriser les échanges Annoter au tableau Faire de la remédiation individuelle Utiliser le rapport dynamique (+) Faire des flèches colorées
	Différencier (-)	Adapter la difficulté (-)
	Faciliter l'utilisation (+)	Anticiper les règles d'écriture (+) Désigner des responsables tablette

	Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (+) Mobiliser la tablette numérique (+)
--	----------------	--

Tableau 81: Affordances perçues par P2 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

3. Analyse de l'entretien no 3

L'interviewé, 42 ans, de sexe masculin, en couple, avec des enfants, est enseignant en mathématiques depuis 19 ans, et depuis 18 ans dans cet établissement rural de type ordinaire. Il est également référent TICE et estime avoir environ 30% d'élèves en difficulté par classe de 26 élèves. L'entretien s'est déroulé par visioconférence et le tutoiement a été employé à la demande de l'interviewé. Il s'agit d'un enseignant co-concepteur ayant participé à la phase de test (anciennement P1). La retranscription de l'entretien figure en annexe (cf. livre des annexes, 2nde partie, chapitre 2, section 3, p. 277).

3.1. Description du prescrit de l'enseignant P3

P3 déclare qu'il est difficile d'intéresser les élèves sur cette notion du cours et qu'il n'a pas de consignes particulières. Selon lui, les mathématiques ne peuvent plus se faire « comme il y a vingt ans » car les élèves d'aujourd'hui sont dans une perpétuelle quête de sens. C'est la raison pour laquelle il s'efforce de donner du sens à cette notion :

280.d Mais je pense que c'est pas une heure perdue parce que tu justifies l'intérêt [...] 288 Et puis en plus on a une génération, plus tu les forces, moins ça marche ! Ils sont sans arrêt, sans arrêt en demande de sens, en demande de à quoi ça sert, donc faut répondre à ça [...] On peut plus faire des maths comme y a vingt ans, ça passe plus (P3).

Il a l'habitude de réunir ce chapitre avec celui sur la résolution d'équations afin que les élèves perçoivent l'utilité de la distributivité double, mais aussi pour amener des exemples concrets :

46.a En fait je réunis le chapitre calcul littéral avec équations, pour tout de suite dire à quoi ça va servir [...] 48 Donc eux quand ils ont pas l'outil équation, ils vont en fait, ils vont faire des essais [...] 48. Donc on crée le besoin d'un nouvel outil, l'outil s'appelle équation, et je m'arrange que pour dans mon équation y ait besoin de la distributivité simple ou de la distributivité double [...] 280.c Moi c'est un chapitre où je perds toujours ma 1ère heure euh, euh, à mettre dans des situations concrètes pour voir les outils dont on aura besoin et ceux qu'on va faire après (P3).

Il laisse les élèves tâtonner sur des équations simples, puis introduit la distributivité double, pour permettre aux élèves de percevoir tout de suite son utilité.

Il précise qu'il évite les calculs complexes, les nombres relatifs et préfère les chiffres :

50.a Du coup après on remet toutes les choses dans l'ordre, donc je leur dis d'abord on va faire du calcul littéral, on va apprendre quelques formules et s'entraîner, donc voilà on va être dans du bête et méchant, donc des choses ennuyeuses [...] 56.a Et puis je me concentre surtout sur le fait que chaque formule, ils sachent la faire sur un cas très simple [...] 178. Euh, facile, c'est vraiment se limiter à des exemples très, très simples, c'est-à-dire, pas de moins, pas de nombres, ben déjà pas de nombres, que des chiffres [...] 250.a Donc on différencie si on veut (sur Labomep) [...] 260.b par contre quand on nous donne les programmes autour de ça, y a une grosse demande de mettre les choses sous forme de résolution de problème (P3).

P3 note qu'une séance traditionnelle sans LudiMoodle dure en moyenne 10 jours (contre 3 semaines avec LudiMoodle). Il l'illustre avec des vidéos ou des flèches colorées. Il ne passe que 5 à 10 minutes sur l'aspect théorique avec un exemple très simple, privilégiant la pratique. Il préfère aller en salle informatique malgré la présence de tablettes dans son établissement et sa formation à cet outil tablette. Il utilise le logiciel en ligne Labomep. C'est un logiciel qui, d'après lui, a de bonnes illustrations :

52. C'est-à-dire que je la fais...elle dure moins longtemps. En dix jours c'est fait [...] 102.b Mon cours y a plein d'images, y a des vidéos, y a des, y a de la couleur, des énigmes, de la curiosité, des voilà ! [...] 184.c quand on fait la distributivité, on met deux petites flèches pour illustrer [...] 246.a Tablettes, on a des tablettes, je ne m'en suis jamais servi. On a eu une formation là-dessus, moi l'outil me convient pas par rapport à ma salle info qui est bien mieux (P3).

Labomep propose des feedbacks automatiques, précise-t-il, avec possibilité de correction immédiate et remédiation au bout de 2 réponses erronées. Il permet aussi de finir les exercices commencés en classe à la maison :

84.c Donc ça (une aide) on l'a sur Labomep, mais à chaque question ça leur, si c'est faux ils ont une deuxième tentative, si la deuxième tentative ils ont pas la réponse, ils ont l'explication et ils ont à côté une aide en plus qui reprend les notions du chapitre [...] 232. Et bien sur Labomep, on peut remplir les cases, il peut y avoir 4 cases pour les 4 termes, donc du coup le gamin il va voir qu'il y a 4 choses attendues et s'il y a une erreur, il va voir à quel endroit il s'est planté [...] 248. Mais tu vois notamment, le fait d'avoir un site internet où ils peuvent y avoir accès depuis chez eux, et ben ça veut dire que t'as pas fini, tu dis au gamin c'est pas grave tu termineras chez toi (P3).

Enfin, Labomep permet de faire de la différenciation pédagogique en sélectionnant les exercices à faire en fonction des élèves :

250.b On modifie en direct (adaptation des exercices) (P3).

Analysons à présent les affordances réelles perçues par P3 lorsqu'il a réalisé cette séance, non pas avec Labomep, mais avec LudiMoodle.

3.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité

Lors de la réalisation de cette séance, P3 a expliqué aux élèves l'intérêt de la distributivité double :

6.f moi donc clairement je leur dis qu'on est sûr des choses qui sont pas très agréables, c'est pas concret, c'est pas rigolo, c'est pas, voilà donc c'est, c'est un passage obligé et on est dans la répétition sur des choses pas très agréables (P3).

Il déclare avoir commencé sa séance par un rappel des notions précédentes. Il a enchaîné par une explication au tableau de la distributivité double et affiché un exemple simple au tableau. Il a, ensuite, donné pour consignes aux élèves de ne pas l'appeler pour vérifier leur réponse avant de valider sur tablette et de passer par le brouillon pour décomposer leurs calculs. Puis les élèves sont passés sur tablette et se sont entraînés pendant environ 30 minutes. P3, grâce aux erreurs constatées sur les brouillons des élèves, faisait ensuite une remédiation collective :

126. Je leur ai dit ce matin, je veux pas que vous m'appeliez pour savoir si c'est juste avant de répondre, vous faites sur le brouillon, et ils ont pris le réflexe, ils sortent le brouillon, ils rentrent la réponse et puis parfois au bout de 5-6 fois où je vois qu'ils ont oublié de mettre le x^2 , ben là je le dis devant tout le monde, je leur dis, je vous interromps et voilà (P3).

Les élèves ont travaillé en autonomie. P3 a privilégié la remédiation individuelle :

8. J'ai, j'ai une élève qui est pas rentrée dans le truc, mais en dehors ça, les autres oui, et puis ils étaient quasiment autonomes [...] 10.a Voilà ils m'appelaient uniquement quand ils avaient une erreur (P3).

P3 a donc perçu des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras, cf. tableau 82 ci-dessous) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller
Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Annoter au tableau Faire de la remédiation collective
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur

Tableau 82: Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

3.3. Evaluation des affordances réelles perçues

P3 constate que l'expérimentation s'est bien passée. Les élèves ont été intéressés et concentrés. Le fonctionnement global de la classe est jugé efficace :

124 Ben le, le critère très simple, c'est quand t'as pas un bruit dans la classe, tout le monde travaille et là tu te dis que ça marche (P3).

Néanmoins, il trouve que les objectifs de simplifier, faire du concret et différencier n'ont pas été atteints :

172.a Après je pense qu'il faut qu'on revienne aussi à du très, très, très simple et puis après on complexifie [...] 196 Voilà remettre tout ça dans un contexte, ouais et puis du, du concret, c'est ça ouais, ouais c'est ça moi qui me manque (P3).

Il trouve que la séance était trop calculatoire, ce qui ne semble pas convenir aux élèves qui n'aiment pas faire des mathématiques :

168 Alors ce que je changerais, je trouve qu'on est trop calculatoire, évidemment c'est du calculatoire mais, comment dire, tu vois ce que j'aime bien c'est les leçons où on va arriver sur utiliser tout ça en géométrie plane, en géométrie dans l'espace, il faut revenir à du concret quoi, et les gamins là, j'étais content que ce soit la dernière séance de pur calcul, parce que ça fait beaucoup quoi, et ceux qui réussissent pas ou qui aiment pas les maths [...] 170 C'est... quand même on les dégoûte un petit peu ! [...] 198 J'ai l'impression de faire des maths comme y a quinze ans, comme quand j'ai commencé !

Il attire notre attention sur l'idée d'harmoniser les pratiques enseignantes pour l'usage de LudiMoodle, qui ne lui a pas convenue :

214 Je reviens beaucoup sur. Ça on l'a pas du tout abordé parce qu'on a fait le choix de dissocier le calcul littéral des équations, ce qui moi [...] 216 Est pas ma façon de faire. Mais en même temps, comment dire, il fallait prendre les contraintes et les contraintes étaient que notre chapitre ne soit pas trop long (P3).

Concernant LudiMoodle, il juge que les éléments ludiques ont intéressé les élèves. Il attribue cet intérêt au fait que ces éléments soient visibles (contrairement à la phase de test). Il trouve néanmoins que le chronomètre a été contre-productif, obligeant les élèves à se dépêcher pour répondre au risque de faire des erreurs, ce qui générerait beaucoup de stress.

16 Mais clairement le côté, les éléments ludiques, marchent bien. Le seul à mon sens euh, sur cette séance, donc celle d'aujourd'hui qui était la suite, qui a peut-être était contre-productif, c'est le chronomètre [...]18 ils étaient en stress avec ce chrono (P3).

Il reste plus nuancé quant à l'utilisation de la tablette, même s'il constate que le support semblait convenir aux élèves les moins scolaires :

60 les élèves moins scolaires eux, non c'était bien, c'est rigolo, c'est ludique, voilà ça leur plaît bien, y a des tablettes c'est génial [...] 250.b mais c'est vrai que sur Labomep c'est très accessible et puis c'est plus confortable sur un pc, t'as un grand écran, t'y vois bien (P3).

Il regrette le manque d'images et d'illustrations, comme il le fait dans ses cours habituels. Il attribue ce « manque » au fait que les enseignants ne maîtrisent pas Moodle. Il est revenu également sur le choix du support, en estimant qu'il aurait été préférable de créer un environnement sur PC.

Il note que les exemples étaient trop complexes :

102.a Et là moi, c'est ce qui me manque (quelque chose de visuel), je me retrouve pas dans mon cours [...] 178 Euh, facile c'est vraiment se limiter à des exemples très, très simples c'est-à-dire, pas de moins, pas de nombres, ben déjà pas de nombres, que des chiffres [...] 186.a Qu'il y ait quelque chose d'un petit peu visuel (P3).

Il remarque également que la trace écrite n'a pas convaincu les « bons élèves », habitués à avoir un cours plus détaillé :

62.a Voilà, c'est mes bons élèves qui avaient besoin peut-être de plus d'exemples dans le cours, de plus de...enfin voilà des leçons plus classiques. Là ils se pas trop retrouvés dans la partie, dans la trace écrite (P3).

P3 précise qu'il manquait, suite au feedback automatique, la possibilité pour les élèves de recommencer immédiatement, comme sur Labomep. Par ailleurs, un seul résultat était attendu sur tablette ; ce qui pouvait bloquer les élèves au moment de répondre puisqu'ils devaient préalablement avoir anticipé et décomposé leurs calculs au brouillon :

84.b Si c'est faux, ils ont une deuxième chance, ce qu'on n'a pas, enfin nous faut faire l'exercice en entier, si l'exercice est faux ils refont l'exercice autant de fois que nécessaire [...] 236 Ils peuvent pas faire étape par étape [...] 238.a Y a que la réponse finale. Donc le fait de ne pas mettre des étapes, ça arrête le gamin au moment où y a une erreur (P3).

Enfin, P3 déclare qu'il a trouvé LudiMoodle trop « générique » notamment car il ne s'adapte pas assez à sa pratique. Il aurait préféré un usage ponctuel des tablettes avec possibilité de passer plus de temps sur la justification de la distributivité double. Il manque aussi la possibilité de différencier le contenu :

164. Il faudrait différencier ce qui est sur le contenu. Euh, le problème sur le contenu c'est que faut en causer avec plusieurs profs, c'est-à-dire on a des pratiques très, très différentes, notamment P et moi [...] 194. Notamment justifier, que le gamin qui va juste passer le brevet et qui après fera pas une seconde générale, ben il en a besoin au brevet et s'il a compris sur un exemple simple, c'est génial ! voilà pas plus, tu vois ? [...] 224. Et euh, voilà. Là on essaie de faire une sorte de compromis, qui me semble plutôt pas mal mais voilà, moi j'irais, enfin. En fait faudrait un usage ponctuel des tablettes, uniquement là où on se fait des séances, des séances entières parce que ben tous nos exos sont sur tablette. Moi je passerais une partie sur tablette, une partie sur d'autres choses, j'aimerais plus varier les choses, mais le problème c'est que les tablettes ça prend du temps à sortir, ça prend du temps enfin c'est [...] 252.b mais tu vois là on est sur des choses, c'est compliqué de faire un truc clé en main pour plein de profs (P3).

Nous constatons que P3 émet un jugement négatif sur des affordances qu'il n'a pas perçues et positif sur une seule affordance réelle perçue (« s'entraîner »). Il émet également un jugement positif sur une affordance réelle non perçue : « s'intéresser » (cf. tableau 83 ci-dessous).

Evaluation les affordances réelles épistémiques	Evaluation les affordances réelles pragmatiques
Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller Recourir au feedback automatique (-)
Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Annoter au tableau Faire de la remédiation collective
S'entraîner (+)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (+)
Simplifier (-)	Eviter les calculs complexes (-)
Harmoniser les pratiques (-)	Utiliser une trace écrite commune (-)
Faire du concret (-)	Recourir aux exercices problèmes (-)

Tableau 83: Evaluation des affordances réelles perçues par P3 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

3.4. Affordances intentionnelles perçues par P3 en amont de l'activité

P3 précise que le calcul littéral a été choisi pour cette expérimentation dans le but de le rendre plus ludique :

6.c donc on avait volontairement choisi au début, le chapitre le moins fun qu'on ait (P3).

Selon lui, l'objectif était que les élèves maîtrisent cette technique et acquièrent des automatismes :

32. Savoir l'utiliser sans faire d'erreurs [...] 268 Que ce soit un automatisme (P3).

Il était nécessaire de créer un outil qui s'adapte au plus grand nombre :

62.b Mais on l'a adapté à plusieurs profs et c'est un fonctionnement qui me paraît logique et qui convient quand même à la majorité des élèves [...] 204. Il fallait arriver à se mettre d'accord sur un cours unifié et on avait une vague idée, c'était compliqué dès qu'on rentrait dans le détail, on dit pas les mêmes choses, et euh, tu peux avoir 5 profs et avoir 5 cours différents (P3).

Il pensait entraîner ses élèves grâce à LudiMoodle, différencier en adaptant la difficulté et les intéresser grâce aux éléments ludiques prévus :

6.d Et y a la ludification mais ça c'est pas nous qui suscitons l'intérêt des élèves [...] 30.b niveau de base avec des plus, après avec des signes moins, avec des choses, avec une difficulté croissante [...] 208. Et ben, là ce qu'on a créé clairement c'est un exerciceur (P3).

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Maîtriser une technique	Résoudre des équations
Faire du concret	Recourir aux exercices problèmes
Faire de la remédiation	Recourir à l'aide en ligne
Simplifier	Eviter les calculs complexes Eviter les nombres relatifs Privilégier les chiffres
Différencier	Adapter la difficulté
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques

Tableau 84: Affordances intentionnelles perçues par P3 en amont de l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

P3 a évalué négativement des affordances qu'il n'a pas perçues au cours de l'activité mais qu'il pensait percevoir (dans l'intentionnel), ce qui ne l'empêche pas d'avoir perçu des affordances implémentées : « mettre en autonomie » et « s'entraîner ».

La possibilité de « différencier », perçue pourtant en amont de l'activité, n'a pas été perçue dans le réel, ce qui explique certainement qu'il ait dû faire de la remédiation pour venir

en aide aux élèves en difficulté. Cela dit, cela ne semble pas lui avoir posé de soucis (affordance non évaluée) puisque cela correspond à sa pratique ordinaire.

P3 a perçu un continuum entre l'intentionnel et le réel uniquement pour l'affordance épistémique « mettre en autonomie » correspondant à celle pragmatique « recourir au feedback » (cf. tableau 85 ci-dessous).

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	Maîtriser une technique	Résoudre des équations
	Faire du concret	Recourir aux exercices problèmes
	Faire de la remédiation	Recourir à l'aide en ligne
	Simplifier	Eviter les calculs complexes Eviter les nombres relatifs Privilégier les chiffres
	Différencier Mettre en autonomie	Adapter la difficulté Recourir aux feedbacks automatiques
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller
	Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Annoter au tableau Faire de la remédiation collective
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Evaluation des affordances réelles	Mettre en autonomie	Laisser se débrouiller Recourir au feedback automatique (-)
	Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Annoter au tableau Faire de la remédiation collective
	S'entraîner (+)	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur (+)
	Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (+)
	Simplifier (-)	Eviter les calculs complexes (-)
	Harmoniser les pratiques (-)	Utiliser une trace écrite commune (-)
	Faire du concret (-)	Recourir aux exercices problèmes(-)

Tableau 85: Affordances perçues par P3 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

4. Analyse de l'entretien no 4

L'interviewée, 35 ans, de sexe féminin, en couple, avec des enfants, est enseignante en mathématiques depuis 12 ans. Elle enseigne depuis 6 ans dans cet établissement urbain de type ordinaire. Elle est également professeur principal et estime avoir « une bonne part » d'élèves en difficulté par classe de 28 élèves. Le tutoiement a été employé à la demande de l'interviewée. Elle a participé à la correction des feedbacks suite à la phase de test, mais reste un enseignant « testeur ». La retranscription de l'entretien et sa grille d'analyse complète figurent en annexe (cf. livre des annexes, 2^{nde} partie, chapitre 2, section 4, p. 289).

4.1. Description du prescrit de l'enseignante P4

P4 note, dans le nouveau programme, qu'il n'est question que de repères de progression à l'échelle du cycle 4. Par conséquent la liberté est donnée à l'enseignant d'aborder ou pas la distributivité double en 4^{ème}. Si son établissement a fait le choix de l'aborder en 4^{ème}, elle précise que cette liberté peut poser des problèmes lorsque les thèmes abordés entre établissements ne suivent pas la même progression, notamment lorsqu'un élève est amené à changer d'établissement :

404. Dans les nouveaux programmes, c'est des repères justes ! [...] 406. Tu as ta liberté pédagogique pour mettre la distributivité double en 4^{ème} si tu veux, mais dans l'absolu, la double distributivité a été placée en 3^{ème} [...] 299.b Après là, voilà, donner du sens, donner du sens (P4).

D'ordinaire, elle réalise cette séance en alternant des phases de recherche individuelle avec des phases de coopération collectives où elle autorise les échanges, crée des groupes de travail afin que ses élèves coopèrent et s'entraident :

54. Et puis faire des binômes, pas de niveaux mais assembler des élèves qui vont être plutôt moteurs [...] 56. Donc voilà, je laisse la coopération entre élèves [...] 305.b Là pour le coup j'ai fait un cours pas classique mais, une recherche individuelle 5min, une recherche par groupe où là j'ai laissé entre guillemets, pas entre guillemets, j'ai laissé la coopération se faire par binôme et parfois ils s'interpelaient, donc tant que tu surveilles le volume sonore ça va, et puis ensuite on a fait le bilan nous (P4).

P4 précise que, les années précédentes, elle prenait le temps d'aborder cette notion par une illustration géométrique au cours de laquelle les élèves devaient calculer l'aire d'un rectangle de deux manières différentes. De cette façon les élèves en déduisaient une égalité. Puis elle introduisait la lettre pour que les élèves puissent démontrer la formule de la double distributivité. Elle illustrait cette démonstration par 3 ou 4 exemples et par des flèches colorées permettant de visualiser comment distribuer :

6.b Lorsque j'abordais cette notion, je faisais toujours une illustration, une illustration géométrique [...] 18.a Calculez l'aire de ce rectangle de deux manières, on voyait l'égalité et puis ensuite on introduisait la lettre (P4).

Pour P4, les deux difficultés liées à cette notion sont la compréhension de la distribution et l'introduction de nombres relatifs. Il s'agit donc de savoir développer, factoriser et gérer les nombres relatifs, qui seront utiles ensuite en 3^{ème} pour résoudre des identités remarquables :

123. Ben une fois qu'ils ont compris le sens de ces flèches entre guillemets, dans quel ordre on fait les choses, après voilà, la deuxième difficulté qui vient, c'est celle-là, c'est gérer les signes, gérer les nombres relatifs [...]416 Avant on regardait les 3 identités remarquables dans le sens du développement et dans le sens de la factorisation, ça faisait 6 opérations en gros, et maintenant il en reste plus qu'une : c'est factoriser la différence de 2 carrés (P4).

P4 a eu une formation pour enseigner les mathématiques sur tablette. Formation qui lui a permis de tester une application de type tableur. Elle note, cependant, que l'interface tablette, pour ce genre d'application, lui semble moins pratique que sur ordinateur.

Elle dispose dans son collège d'une salle informatique et de l'application Labomep adaptée, selon elle, au calcul littéral. Cependant, nous comprenons qu'elle va peu souvent en salle informatique par manque de temps, par manque d'ordinateurs en état de fonctionnement.

Elle a participé à la phase de test de LudiMoodle. Elle trouve que l'EIAH est particulièrement adaptée au calcul littéral. Elle constate que les élèves de 3^{ème} ayant participé à la phase de test l'année précédente ont acquis des automatismes que n'avaient pas les élèves des années précédentes :

273. Donc je trouve que c'est un chapitre qui se prête bien à utiliser un ordi en salle info ou une tablette dans la classe [...] 279. Et je vois qu'il y a des automatismes qui ont été, qui ont été créés (P4).

Voyons à présent les affordances réelles que P4 a perçues lorsqu'elle a réalisé cette séance avec LudiMoodle.

4.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P4 pendant l'activité

P4 a commencé la séance par un rappel des notions précédentes, en insistant sur la gestion des nombres relatifs qui posent le plus de difficulté aux élèves :

116. D'ailleurs je le dis à un moment donné, je sais plus si c'est aujourd'hui, tu le verras dans les vidéos, où je dis mais en fait on se rend compte que votre problème majeur c'est pas tellement le calcul littéral, c'est de gérer les opérations avec des nombres relatifs [...] 121. En disant hop, stop, on va rappeler quand même les bases quoi (P4).

Puis elle a enchaîné sur la partie théorique qu'elle a illustrée au tableau par une démonstration. Elle est ensuite passée à la partie exerciceur sur tablette, tout en laissant les informations au tableau comme exemples auxquels les élèves peuvent se référer, ceci pour éviter de sortir le cahier de leçons. Les élèves ont gardé, par ailleurs, leur cahier de brouillon pendant la séance afin d'effectuer les calculs intermédiaires :

106. Leur cahier d'exercice sous la main, en parallèle de la tablette, pour l'utiliser comme brouillon et mon tableau de gauche qui sert de référence, qui sert de cours, ça évite aux élèves de tourner les pages (P4).

P4 note, que pour des raisons pratiques, la tablette était posée toute la journée sur le bureau des élèves et distribuée seulement après la trace écrite (par des élèves) pour la première séance du matin. Par ailleurs, elle a autorisé les élèves à se déplacer pour favoriser la coopération et débloquent certaines incompréhensions. Cela lui permettait de passer plus de temps auprès d'élèves en difficulté, de faire de la remédiation pour qu'ils puissent faire les premières questions :

78 Par contre là maintenant pour éviter de perdre ce temps-là de ranger à chaque fois, on les sort une fois en début de journée, on les range en fin de journée. Donc là je fais un peu la police en disant « touchez pas ! », euh partie cours tout de suite, 10min là-dessus [...] 230. Alors j'essayais plutôt d'aider les élèves en difficulté, pour quand même qu'ils fassent, qu'ils puissent faire les premières questions et puis les bons ils avaient besoin d'être rassurés surtout (P4).

P4 a laissé ses élèves en autonomie pendant la séance, notamment pour favoriser la remédiation. Les élèves ont été autorisés à communiquer entre eux, à s'entraider et à travailler en groupe :

58 Durant toute l'expérimentation quand j'ai des élèves qui ont terminé leurs séries d'exercices, donc ils se déconnectent et puis ils circulent, je les laisse circuler, c'est max 2-3 élèves dans la séance [...] 88.a Donc là tu es en autonomie, tu te gères, tu vas au fond, tu t'identifies [...] 305.b Là pour le coup j'ai fait un cours pas classique mais, une recherche individuelle 5min, une recherche par groupe où là j'ai laissé entre guillemets, pas entre guillemets, j'ai laissé la coopération se faire par binôme et parfois ils s'interpelaient, donc tant que tu surveilles le volume sonore ça va, et puis ensuite on a fait le bilan nous (P4).

P4 ajoute qu'elle a veillé à répéter aux élèves les consignes d'écriture sur LudiMoodle et comment tenir sa tablette ; elle avait noté les identifiants des élèves contre le mur afin qu'aucun ne perde de temps à la connexion :

181. Alors le multiplier, donc ça il fallait bien l'expliquer au début, que quand on écrit 3 fois x sur un papier on met une croix [...] 189. De le dire, de le spécifier, que le symbole fois est une étoile et que la puissance 2, et puis n'importe quelle puissance, s'écrit chapeau suivi de la puissance [...] 216. Voilà, donc on insistait bien pour que l'écran soit tenu en format portrait [...] 84 Donc j'ai bien photocopié tous les identifiants, tous les mots de passe de tous les élèves dans toutes les classes, donc ils sont punaisés sur le mur au fond de la salle [...] 86 Comme ça l'élève sait, ce n'est pas parce que tu n'as pas ton carnet que tu es empêché de travailler (P4).

P4 a donc perçu des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras, cf. tableau 86 ci-dessous) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon Créer des groupes de travail
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Mettre en autonomie	Noter les identifiants
Faciliter l'utilisation	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture
Harmoniser les usages	Mobiliser une trace écrite commune

Tableau 86: Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

4.3. Evaluation des affordances réelles perçues

Pour P4, l'introduction de la notion manque de sens, de concret. La preuve mathématique d'une égalité n'est pas « visuelle », rendant l'apprentissage purement « technique », ce qu'elle attribue au fait de faire partie d'un protocole expérimental et d'avoir fait du consensuel :

26. Donc grosso modo la critique que je dois apporter à ma manière d'introduire, c'est de dire que je vais un peu vite [...] 264. Voilà rendre concret c'est ça qui m'a manqué [...] 289. Le fait d'avoir été, voilà d'être dans une expérimentation et donc de respecter un protocole précis, fait que t'as moins de latitude à sortir de ce qui est prévu [...] 434.b Donc voilà, ce qu'il manquait c'est résoudre, c'est donner du sens et résoudre des problèmes (P4).

Elle est revenue sur cette perte de sens constatée. Elle explique qu'il manquait l'illustration géométrique, comme elle fait d'ordinaire (deux façons de calculer l'aire d'un rectangle) pour concrétiser le savoir. Elle juge l'illustration par les flèches insuffisante et responsable d'un grand nombre d'erreurs chez les élèves au moment de faire le calcul de la distribution. Elle ajoute qu'elle a dû faire cette mise en sens à la fin de l'expérimentation sur tableur :

28. Je passe un peu sous silence l'illustration géométrique, donc le côté graphique, le côté visuel, et on se contente de flèches $a*b$, $b*c$, $a*d$, $b*d$ et d'ailleurs les élèves coincent parce qu'ils savent plus $a*c$, $a+c$...donc ils s'emmêlent un peu les pinceaux grosso modo [...]301. Et puis j'ai fait, j'ai regroupé la séance 0 et le DM d'ouverture qui était prévu, je les ai remaniés pour voir l'intérêt du calcul littéral (P4).

P4 juge le contenu de la trace écrite trop insuffisant, ce qui pouvait poser problème en cas d'absence ou tout simplement pour réviser chez soi. L'utilisation du brouillon a quant à elle été utile aux élèves les plus en difficulté :

137. J'en n'ai pas beaucoup (qui sont venus rattraper) et les autres qui ne viennent pas ben y a pas d'autres possibilités en fait ! Donc voilà c'est ça qui est difficile c'est que, et ils n'ont pas de cahier à photocopier ! Si, ils ont un bout de leçon à photocopier mais ils n'ont pas d'exercices écrits [...] 141. Donc s'il y a une tierce personne qui veut les aider, un autre prof en aide aux devoirs, un surveillant en aide aux devoirs ou des parents ou des étudiants, pour certains qui prennent des cours, ben en ce moment sur le calcul littéral ils ont une leçon, point [...] 112 Et d'ailleurs les très bons, les très bons très vite, ils se passent du cahier. Alors ils ouvrent leur cahier mais je les vois bien faire sans écrire (P4).

Elle précise que les élèves ont été généralement intéressés par le support tablette et la plupart des éléments ludiques. Elle émet un « bémol » pour le timer, constatant un effet de latence entre le moment où l'élève répondait et celui où sa réponse était validée, pouvant être source de stress. Elle note aussi que le score ne cumulait pas les points par exercice, ce qui frustrait l'élève.

Elle constate une amélioration par rapport à l'année précédente, des éléments ludiques qui étaient davantage « visibles », et semble apprécier l'effet de « tremblement » permettant d'avertir l'élève de sa réussite à un exercice :

163.b Le côté tablette, ça les élèves ont adhéré vite [...] 201. Par exemple la mécanique des scores, quand le score s'efface, ne se cumule pas sur son exercice, il était un petit peu frustré [...] 207. Oui le petit avatar, donc ils regardaient bien, mais qu'est-ce qu'il a gagné, il en est où, toi t'as des cheveux, moi j'ai pas de cheveux (rire). Donc y en a qui ont été impactés positivement par cela [...] 236. Celle qui posait problème, c'est celle du chronomètre [...] 238. Qui ralentissait tout en fait [...] 218.b et puis les petits tremblements quand une question était réussie, ça faisait bouger la mécanique ludique, ça c'était bien aussi [...] 220. Ça permet de prendre conscience [...] 214. Et y a des élèves qui n'ont pas parlé des mécaniques ludiques. Alors ils les voyaient par rapport à l'an dernier, je trouve qu'on les voyait bien, elles étaient bien visibles (P4).

P4 a trouvé que le clavier numérique implémenté était simple à utiliser. Les règles d'écriture ont été acceptées et comprises par les élèves :

173. Donc ce clavier, je l'ai trouvé très simple d'utilisation. C'était un clavier pour faire des maths en fait [...] 185.a Donc on l'a dit, ils l'ont capté (écriture du multiplier) [...]187. Ça (écriture de l'exposant), ils l'ont compris aussi (P4).

Enfin, P4 constate que les élèves ont acquis des automatismes. Ils savent développer, factoriser, mais qu'ils n'ont pas compris le sens de ce qu'ils faisaient :

359. Ils ont plutôt, l'objectif acquérir des automatismes, ça, ça oui, ça en fait partie, par contre donner du sens, s'en servir pour résoudre des problèmes, non (P4).

Elle regrette l'absence d'exercices problèmes concret et de calcul d'aires :

258. Le calcul d'aires se prête bien à cette notion, donc oui donner des exemples plus concrets [...] 434.b Donc voilà, ce qu'il manquerait c'est résoudre, c'est donner du sens et résoudre des problèmes (P4).

Nous constatons que P4 émet un jugement négatif et positif sur des affordances réelles non perçues. Elle a également juger positive la possibilité de « faciliter l'utilisation » perçue au cours de l'activité. Nous observons, comme pour P1, P2 et P3, que l'affordance « intéresser » a bien été perçue et a été efficace même si elle n'a pas été perçue au cours de l'activité (cf. tableau 87 ci-dessous).

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon (+) Créer des groupes de travail
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Mettre en autonomie	Noter les identifiants
Faciliter l'utilisation (+)	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture (+)
Harmoniser les usages (-)	Mobiliser une trace écrite commune (-)
Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (+)
Maîtriser une technique (+)	Savoir développer (+) Savoir factoriser (+) Acquérir des automatismes (+)
Donner du sens (-)	Recourir aux exercices problèmes (-) Recourir au calcul d'aires (-)

Tableau 87: Evaluation des affordances réelles perçues par P4 lors de la phase expérimentale (gris=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

4.4. Affordances intentionnelles perçues par P4 en amont de l'activité

P4 précise qu'elle a participé à la médiatisation des séances. Elle a dû faire des concessions notamment en termes de temps passé sur la partie introductive de la notion de double distributivité. En effet, suite à la phase test à laquelle elle a participé, le choix a été fait que chaque enseignant accorde 30 minutes d'exercices sur tablettes aux élèves et qu'ils harmonisent leurs pratiques :

2. C'est vrai que la manière d'introduire la notion qui est totalement nouvelle pour eux, du fait de cette organisation qu'on a, où on doit assurer les 30 min de travail sur tablette [...] 4. On va l'introduire de manière assez rapide, c'est-à-dire qu'on dit la double distributivité et bien c'est deux fois la distributivité simple [...] 36 (cette façon de faire) Qu'on a, qu'on s'est imposé à tous dans l'expérimentation [...] 38 C'est une scénarisation type (P4).

Les objectifs visés étaient de faire que les élèves maîtrisent une technique, qu'ils sachent développer et factoriser :

20 Donc on cache le +b, on distribue a sur la parenthèse et puis on cache le a et on distribue le b sur la parenthèse. C'est très technique [...] 22 Ça devient technique. La preuve, voilà la preuve n'est plus visuelle on va dire [...] 291.b pour qu'ils puissent s'approprier les mécaniques ludiques (P4).

Les élèves devaient s'entraîner pour acquérir des automatismes :

286. Voilà, et c'est des notions qui se prêtent à ça. On a besoin que l'élève s'exerce pour acquérir, intégrer des automatismes en fait [...] 293.c et puis l'enjeu de, de s'entraîner assez pour passer au-delà des difficultés de base (P4).

P4 note que les éléments ludiques étaient censés intéresser les élèves :

293.a Y a plein d'enjeux. Y a l'enjeu des mécaniques ludique (P4).

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
Donner du sens	Recourir au calcul d'aires
Maîtriser une technique	Savoir gérer les nombres relatifs Savoir développer Savoir factoriser Créer des automatismes
Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Créer des groupes de travail
Harmoniser les pratiques	Utiliser une trace commune

Tableau 88: Affordances intentionnelles perçues par P4 en amont de l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

Nous constatons que les affordances épistémiques « harmoniser les pratiques » et « faire de la remédiation », que s'étaient fixées P4 en amont de l'activité correspondent aux affordances réelles perçues en situation. Les évaluations négatives portent davantage sur une comparaison entre ce que fait d'ordinaire P4 sans LudiMoodle, par exemple « donner du sens », comme pour les autres enseignants.

P4 n'a perçu aucune affordance implémentée en amont de l'activité ce qui peut paraître surprenant puisqu'elle a participé à la phase test l'année précédente. Elle a néanmoins perçu, au cours de l'activité, les possibilités d'« entraîner » en « mobilisant LudiMoodle comme exerciceur » et « mettre en autonomie » en « notant les identifiants ». Cependant, l'absence de continuum entre l'intentionnel et le réel interroge et pose la question d'un potentiel effet sur son style motivationnel (cf. tableau p. 89 ci-dessous).

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	Donner du sens	Recourir au calcul d'aires
	Maîtriser une technique	Savoir gérer les nombres relatifs Savoir développer Savoir factoriser Créer des automatismes
	Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Créer des groupes de travail
	Harmoniser les pratiques	Utiliser une trace commune
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon Créer des groupes de travail
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Mettre en autonomie	Noter les identifiants
	Faciliter l'utilisation	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture
	Harmoniser les usages	Mobiliser une trace écrite commune
Evaluation des affordances réelles	Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon (+) Créer des groupes de travail
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
	Mettre en autonomie	Noter les identifiants
	Faciliter l'utilisation (+)	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture (+)
	Harmoniser les usages (-)	Mobiliser une trace écrite commune (-)
	Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (+)
	Maîtriser une technique (+)	Savoir développer (+) Savoir factoriser (+) Acquérir des automatismes (+)
	Donner du sens (-)	Recourir aux exercices problèmes (-) Recourir au calcul d'aires (-)

Tableau 89: Affordances perçues par P4 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

5. Analyse de l'entretien no 5

L'interviewé, 40 ans, de sexe masculin, en couple, avec des enfants, est enseignant en mathématiques depuis 17 ans dont 5 ans dans cet établissement urbain de type ordinaire. Il est également professeur principal et estime avoir environ 20 à 30% d'élèves en difficulté par classe de 28 élèves. Le tutoiement a été employé à la demande de l'interviewé. P5 est un enseignant testeur. La retranscription de cet entretien et la grille d'analyse complète figurent en annexe (cf. livre des annexes, 2nde partie, chapitre 2, section 5, p. 301).

5.1. Description du prescrit de l'enseignant P5

Pour P5, la distributivité double est un chapitre très technique nécessitant de connaître la distributivité simple et les règles sur les nombres relatifs. Les principales difficultés sont liées aux acquis précédents, pouvant s'expliquer par le fait qu'ils ne voient pas immédiatement l'intérêt de cette technique. C'est la raison pour laquelle il privilégie l'entraide :

2.d C'est un chapitre qui est très technique, donc l'intérêt ils le voient pas tout de suite [...] 18 Voilà et comme c'est très technique si, ils ont, ils apprennent une nouvelle technique et en plus il faut mobiliser les techniques précédentes, ça c'est pas facile pour tout le monde (P5).

Selon lui, les programmes fixent comme objectifs de : savoir développer, factoriser, remplacer un nombre par une lettre. Ils préconisent également le recourt au calcul d'aires pour intéresser les élèves, ce qu'il fait habituellement :

145. Alors comme ça faudrait que regarde de nouveau les textes, parce que je les regarde pas avant chaque début de chapitre, euh, mais ouais dans les compétences, les objectifs c'est ça, savoir développer, savoir factoriser, savoir remplacer du calcul littéral par un nombre, par une valeur, voilà. Sur l'intérêt y a l'approche de la notion, c'est beaucoup sur les aires (P5).

Un des enjeux est aussi de savoir gérer les nombres relatifs et d'être capable de résoudre des équations :

16. Ouais ben là du coup il faut absolument connaître la distributivité simple avant et toutes les règles sur les nombres relatifs [...] 29. Mais on est encore une fois, sur de la résolution d'équations, d'inéquations (P5).

P5 précise qu'il a l'habitude d'attirer l'attention des élèves en recourant à des énigmes, à des exercices problèmes :

127. On peut résoudre des problèmes en effet, t'as un champ, t'as une piscine. Quelle est la longueur maximum ou minimum que tu peux mettre pour que ça rentre dans ton jardin ? On peut avoir des choses comme ça [...] 285. Toujours et puis sur le côté exercice de recherche. T'as rien ou t'as juste les informations qu'on te donne (P5 tape sur la table), débrouilles toi ! Trouves une réponse, c'est une énigme, c'est un jeu (P5).

Il déclare utilisé, de temps en temps, le logiciel Scratch et le tableur en salle informatique. Il note que dans les programmes il est dit que les élèves doivent passer 40% de leur temps sur ce logiciel mais que techniquement cela n'est pas possible, par manque de temps ou d'ordinateurs :

95. Dans les programmes, dans les nouveaux programmes de la réforme, il faudrait qu'en 4ème-3ème ils passent 40% de leur temps sur Scratch [...] 97. Ce qui est impossible, pour ma part c'est impossible (P5)

Enfin, P5 ajoute qu'il a l'habitude de faire travailler ses élèves en groupe et les évalue en cours d'apprentissage :

73. C'est, moi c'est ce que je fais en général sur ce chapitre (des évaluations intermédiaires) [...] 97.b Et puis en plus je fais des travaux de groupes (P5).

5.2. Affordances réelles perçues par l'enseignant P5 pendant l'activité

Pour cette séance, P5 déclare qu'il a « déroulé » le cours tel que prévu pour chacun des enseignants. Après un rappel des notions précédentes, P5 est passé à l'explication du cours. Il précise, dans la perspective d'harmoniser les pratiques, qu'une trace écrite et un brouillon avaient été prévus pour être distribués aux élèves :

2.1 Ok, donc je leur avais distribué le cours sans compléter la dernière fois [...] 22. Donc bien mettre le doigt là-dessus et à chaque fois que je voyais une erreur par rapport à ça, je revenais dessus pour tout le monde [...] 28.a Ensuite c'est le cours, la petite partie du cours le « à retenir », à expliquer avec des exemples et ensuite les responsables de tablettes distribuent les tablettes [...] 42 Mais normalement t'as un brouillon qui te permet d'avoir les, des traces écrites (P5).

Puis il a fait distribué les tablettes par un élève. Il note qu'il avait donné les consignes d'écriture sur tablette lors de la 1^{ère} séance :

239 Ils l'ont dès la 1ère séance, une fois que je leur dis, tu tapes sur chapeau et ça fonctionne, y a pas de problème. Y en a qui se sont amusés à changer les claviers d'une classe à l'autre pour perturber la classe des 4èmes qui arrivait après (P5).

P5 a laissé travailler ses élèves en autonomie. Ils avaient un feedback automatique :

36. Principalement de façon autonome et individuelle [...] 85.3 Là ils ont la correction immédiate

Enfin, P5 a fait une remédiation collective au tableau notamment sur la gestion des nombres relatifs. Il dit qu'il a autorisé également les échanges entre élèves :

22. bien mettre le doigt là-dessus et à chaque fois que je voyais une erreur par rapport à ça, je revenais dessus pour tout le monde [...]38.1 Euh, après ils échangent quand même pas mal sur ah là qu'est-ce que t'as mis ? Notamment j'en avais 2 devant, ils faisaient tout sur brouillon avant, ce qui était préconisé, et ils comparaient leurs résultats après avoir validé leurs réponses. Moi j'ai faux pourtant, qu'est-ce que t'as mis ? Ah oui d'accord ! et du coup ils m'appelaient quand ils comprenaient pas (P5).

P5 a donc perçu des affordances réelles dont certaines correspondent aux invariants implémentés lors de la co-conception (affordances écrites en gras, cf. tableau 90 ci-dessous) :

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon Faire une remédiation collective Faire une remédiation individuelle
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
Faciliter l'utilisation	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture
Harmoniser les usages	Mobiliser une trace écrite commune

Tableau 90: Affordances réelles perçues par l'enseignant P5 pendant l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

5.3. Evaluation des affordances réelles perçues

P5 constate que l'expérimentation a intéressé les élèves, qu'ils ont été concentrés, même s'il reste mitigé quant à l'intérêt des éléments de jeu. Il note un effet tablette mais pense qu'il est dû à l'effet nouveauté :

179. Là c'est intéressant en mathématiques parce qu'au moins ils restent concentrés sur ça et ils peuvent pas faire autre chose [...] 199. C'est-à-dire que j'ai pas entendu d'élève dire « ah mon avatar il a eu une épée » ou, non mais, ceux à qui ça a joué beaucoup, c'est le chronomètre. Ça les a stressés, mais le temps Monsieur, je suis en train, mais répondez-moi vite parce que », je

leur dis mais non, c'est un temps de référence et j'ai beau leur expliquer, le chronomètre joue beaucoup [...] 207. Oui et puis la nouveauté. S'ils avaient des tablettes tout le temps, je suis pas sûr que ça les passionnerait [...] 209. Je pense que ça aide plus ceux qui sont en difficulté, parce qu'il y a ceux qui sont en difficulté parce qu'ils ont des problèmes de compréhension et puis ceux qui sont en difficulté parce qu'ils passent déjà beaucoup de temps sur les écrans, donc ça leur rajoute un peu de temps d'écran, ce qui est négatif de notre point de vue, mais du leur « ah ben je suis sur un écran c'est cool ! (P5).

Le fait d'avoir mis les élèves en travail autonome, lui a permis de se focaliser sur les élèves les plus en difficulté :

32 Donc c'est beaucoup là-dessus, ce qui permet quand même pas mal de différencier parce que les élèves les plus en difficulté c'est eux qui m'appellent le plus [...] 269. Là ouais ça permet de passer vraiment, là en cours, ça m'a permis de passer vraiment plus de temps individuellement avec ceux qui étaient en difficulté (P5).

Cependant, il note que rien n'avait été prévu pour donner du sens à cet apprentissage. Ce qu'il regrette.

Il constate que les élèves ne maîtrisent pas encore le calcul de la distribution :

4.4 donc ça (faire du concret) après c'est un truc on en discutera avec les collègues du projet, mais pour améliorer ça parce qu'en effet sur l'intérêt en lui-même c'est du travail technique pour quelque chose qui leur servira surtout au lycée [...] 44. Donc j'ai repris ça après l'évaluation parce que je pense que les évaluations sont pas très bien réussies [...] 273. Peut-être intégrer l'activité sur les aires au milieu, juste avant la double distributivité, de façon à ce que ce soit pas trop loin du contenu de la leçon, que quand c'est au tout début (P5).

Il regrette également un manque d'évaluations intermédiaires et constate que la gestion du brouillon a été compliquée car les élèves n'ont pas l'habitude de travailler ainsi. Ils ont tendance à jeter le brouillon, ce qui pose des difficultés pour réviser :

40.1 Ce chapitre j'ai du mal à voir l'avancée totale des élèves euh, parce que ils ont pas de travaux écrits, ça demande de l'autonomie, du brouillon, mais ils ont pas l'habitude de travailler avec donc ils le jettent, c'est pas une trace écrite que je garde [...] 40.2 Les seules traces écrites qu'ils ont c'est la leçon et les petits exemples qu'on fait en début d'heure. Pour réviser, j'ai même une maman qui s'en est inquiété [...] 147 je pense qu'on peut revoir, sur d'autres évaluations, pourquoi pas des évaluations sur tablette (P5).

P5 précise qu'il a pu fournir une aide individualisée mais qu'il aurait été souhaitable de faire des groupes de travail :

261 Oui ils pourraient travailler en binôme, ce qu'ils font plus ou moins mais encore une fois, on pourrait les faire travailler en binôme avec 4 calculs chacun et chacun doit corriger les calculs de l'autre (P5).

Nous constatons que P5 émet un jugement positif et négatif sur des affordances qu'il n'a pas perçues notamment « intéresser les élèves », comme les quatre autres enseignants. Les jugements sont plutôt positifs sur les affordances réelles perçues (cf. tableau 91 ci-après).

Evaluation des affordances réelles épistémiques	Evaluation des affordances réelles pragmatiques
Faire de la remédiation (+)	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon (-) Faire une remédiation collective Faire une remédiation individuelle (+)
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Mettre en autonomie (+)	Recourir aux feedbacks automatiques (+)
Faciliter l'utilisation	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture
Harmoniser les usages	Mobiliser une trace écrite commune
Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (-) Mobiliser la tablette numérique (+)
Maîtriser une technique (-)	Savoir développer (-) Savoir factoriser (-) Evaluer (-)

Tableau 91: Evaluation des affordances réelles perçues par l'enseignant P5 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

5.4. Affordances intentionnelles perçues par P5 en amont de l'activité

Pour P5, le plus important en mathématiques est de faire du concret pour que les élèves perçoivent l'intérêt de ce qu'ils font. Ceci semble compliqué sur ce chapitre du cours en particulier, sachant que l'objectif est de connaître une notion qui sera utile au lycée :

109.3 Mais ouais après aussi stratégie, c'est aussi après amener du concret, amener de la vie perso sur les applications que j'ai eues, mais c'est amener du concret principalement, leur dire voilà ça peut servir à ça [...] 119 Là c'est compliqué. C'est compliqué parce qu'ils vont en avoir besoin surtout en seconde et en 1ère derrière le côté concret. Donc là clairement c'est d'être honnête avec eux et de leur dire, vous apprenez de la technique pour de la technique (P5).

Les objectifs liés à la distributivité double sont de savoir factoriser et développer une expression littérale, mais aussi de savoir démontrer, résoudre une équation ou des exercices problèmes :

141 Savoir développer, réduire [...] 291.c Voilà et en même temps, j'ai envie de dire c'est l'élément essentiel des Mathématiques, c'est-à-dire c'est la démonstration et aller chercher [...]

119.c Ou alors ça va être un peu utile là en fin de 4ème quand on va travailler sur les équations [...] 119.e euh dans les cas un peu plus complexes, dans les résolutions de problèmes (P5).

Il note qu'il n'a pas conçu les ressources numériques mais qu'il a participé à une réunion au cours de laquelle il a émis le souhait qu'une évaluation intermédiaire soit prévue pour évaluer les acquis, sans toutefois qu'elle ne soit notée, pour ne pas démotiver :

75.1 Là c'est vrai que j'ai insisté, cette évaluation-là était pas forcément prévue. J'ai insisté quand on a fait la réunion en disant, ce serait bien d'en avoir une au moins, et en effet après on donne pas les notes pour pas interférer sur le questionnaire final et sur la motivation [...] 163 J'étais, j'étais pas dans la conception (P5).

Il comptait sur la tablette pour intéresser les élèves et sur LudiMoodle pour s'entraîner :

2.c sachant que l'intérêt derrière il est apporté par les tablettes [...] 289 Sur LudiMoodle il est là que pour appliquer [...] 291.1 Il applique, il applique, il applique (P5).

Affordances intentionnelles épistémiques	Affordances intentionnelles pragmatiques
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur
Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser Evaluer
Faire du concret	Résoudre des équations
Intéresser	Mobiliser la tablette numérique

Tableau 92: Affordances intentionnelles perçues par l'enseignant P5 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

Nous observons que P5 n'avait pas prévu, en amont de l'activité, que les éléments ludiques pouvaient intéresser les élèves. Par contre, il supposait que la tablette numérique créerait l'intérêt, ce qu'il a constaté. Il n'a pas perçu la possibilité de maîtriser une technique pendant l'activité, ce qui peut se comprendre puisqu'il s'agit d'une connaissance qui ne peut être évaluée que sur la durée.

Finalement, seul un continuum de l'affordance « s'entraîner » est observé entre l'intentionnel et le réel : « s'entraîner » en « mobilisant LudiMoodle comme un exerciceur ». Le fait de ne pas avoir anticipé de « mettre en autonomie » les élèves a très probablement eu un effet sur le style motivationnel de P5 (cf. tableau 93 ci-dessous).

	Affordances épistémiques	Affordances pragmatiques
Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciseur
	Maîtriser une technique	Savoir développer Savoir factoriser Evaluer
	Faire du concret	Résoudre des équations
	Intéresser	Mobiliser la tablette numérique
Affordances réelles perçues pendant l'activité	Faire de la remédiation	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon Faire une remédiation collective Faire une remédiation individuelle
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciseur
	Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques
	Faciliter l'utilisation	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture
	Harmoniser les usages	Mobiliser une trace écrite commune
Evaluation des affordances réelles	Faire de la remédiation (+)	Autoriser les échanges Annoter au tableau Mobiliser le brouillon (-) Faire une remédiation collective Faire une remédiation individuelle (+)
	S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciseur
	Mettre en autonomie (+)	Recourir aux feedbacks automatiques (+)
	Faciliter l'utilisation	Désigner des responsables tablettes Anticiper les règles d'écriture
	Harmoniser les usages	Mobiliser une trace écrite commune
	Intéresser (+)	Insérer des éléments ludiques (-) Mobiliser la tablette numérique (+)
	Maîtriser une technique (-)	Savoir développer (-) Savoir factoriser (-) Evaluer (-)

Tableau 93: Affordances perçues par P5 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentée ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)

6. Analyse croisée des entretiens

Dans cette section les résultats des entretiens précédents seront croisés pour vérifier que la co-conception a favorisé la perception d'affordances à la fois par les enseignants co-concepteurs et les enseignants testeurs (hypothèse 3). Il s'agira aussi d'identifier les régularités et particularités des affordances perçues par ces enseignants. Pour ce faire, nous présenterons les affordances réelles perçues par chacun des enseignants. Elles devraient être pour partie communes, et pour partie différentes, puisque l'affordance dépend également des spécificités de la situation réelle, de la manière de configurer l'environnement. Une focale particulière concerne les invariants implémentés lors de la phase de co-conception, notamment pour

différencier celles qui ont été perçues (hypothèse 3.1) de celles perçues mais non implémentées. Enfin, nous comparerons les intentions de départ de chaque enseignant pour comprendre pourquoi certains perçoivent un continuum entre affordances intentionnelles et affordances réelles (hypothèse 3.2).

6.1. Affordances réelles perçues

Deux des quatre invariants socioculturels épistémiques implémentés, censés déclencher les comportements motivés des élèves (notés en gras dans le tableau 94 ci-dessous), ont été perçus par tous les enseignants (qu'ils soient testeurs ou co-concepteurs) : il s'agit des possibilités de « mettre en autonomie » grâce aux feedbacks automatiques et de « s'entraîner ». Nous avons rajouté la possibilité « d'intéresser » qui a aussi été perçue par tous au moment d'évaluer leur efficacité. De ce point de vue, la co-conception témoigne d'une certaine efficacité et homogénéité (hypothèse 3.1 validée).

Affordances réelles épistémiques	Affordances réelles pragmatiques
Harmoniser les pratiques	Utiliser une trace écrite commune
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques Laisser se débrouiller
S'entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur
Intéresser	Insérer des éléments ludiques (tous hors P5) Mobiliser la tablette numérique (P2 et P5)
Nouvelles affordances épistémiques perçues	Nouvelles affordances pragmatiques perçues
Donner du sens (P1)	Savoir modéliser un problème (P1)
Faciliter l'utilisation (tous hors P1 et P3)	Anticiper les règles d'écriture Désigner des responsables tablettes
Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Annoter au tableau Faire de la remédiation individuelle Autoriser les échanges (tous hors P5) Mobiliser le rapport dynamique (P2) Insérer des flèches colorées (P2)
Simplifier (P1, P4)	Sélectionner les exemples de la trace écrite (P1, P4) Sélectionner les exercices sur tablette (P1, P4)

Tableau 94: Affordances réelles perçues en situation lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

Nous observons également que les enseignants ont perçu la possibilité « d'harmoniser les pratiques » en mobilisant une trace écrite commune. Il s'agit d'un invariant implémenté en amont dans le but de médiatiser la séance mais qui n'est pas lié au fait d'intéresser les élèves. Cette « nouvelle » affordance périphérique à l'usage de LudiMoodle n'est pas la seule. La possibilité de « faire de la remédiation », traduisant une pratique commune, est aussi perçue par tous les enseignants (validation de l'hypothèse 3.2).

Des affordances sont spécifiques aux enseignants qu’elles soient épistémiques (« simplifier », « donner du sens », « faciliter l’utilisation ») ou pragmatiques (« anticiper les règles d’écriture », « désigner des responsables tablettes », « mobiliser le brouillon », « annoter au tableau », « faire de la remédiation individuelle »). Ces différences témoignent d’environnements potentiellement différents de l’enseignant dans leur manière de le configurer et d’y donner du sens. Nous aborderons ce point lors du chapitre suivant consacré au style motivationnel (cf. chapitre 4, p. 234). En effet, trois des enseignants ont simplifié l’apprentissage de cette notion en sélectionnant les exemples de la trace écrite et/ou les exercices sur tablette.

6.2. Evaluation des affordances réelles perçues

L’efficacité perçue pour une même affordance réelle n’est pas la même selon l’enseignant interrogé (cf. tableau 95 ci-dessous) : les enseignants évaluent de façon différente deux des affordances implémentées dans LudiMoodle : « mettre en autonomie » et « s’entraîner ». P2 et P3 ont trouvé que l’affordance « mettre en autonomie » n’avait pas été efficace ; P1 et P5 jugent la possibilité d’« intéresser » grâce aux éléments ludiques non efficace.

Tous s’accordent à dire qu’il aurait été pertinent que la possibilité de « donner du sens », qui n’a pas été perçue pendant l’activité, soit implémentée.

Affordances effectives		Efficacité perçue	
épistémiques	pragmatiques	+	-
Harmoniser les pratiques	Utiliser une trace écrite commune		P4/P5
Mettre en autonomie	Recourir aux feedbacks automatiques Laisser se débrouiller	P1/P4/P5	P2/P3
S’entraîner	Mobiliser LudiMoodle comme exerciceur	P1/P3/P4/P5	
Intéresser	Insérer des éléments ludiques Mobiliser la tablette numérique	P2/P3/P4 P1/P2/P4/P5	P1/P5
Faciliter l’utilisation	Anticiper les règles d’écriture Désigner des responsables tablettes Déposer les tablettes sur les tablettes en début de journée	P2/P4/P5	

Faire de la remédiation	Mobiliser le brouillon Annoter au tableau Faire de la remédiation individuelle Autoriser les échanges Mobiliser le vidéoprojecteur Mobiliser le rapport dynamique Insérer des flèches colorées	Tous	Sauf pour le brouillon
Simplifier	Sélectionner les exemples de la trace écrite Sélectionner les exercices sur tablette	P1	
Donner du sens	Rajouter un exemple concret		P1/P2/P3/P4

Tableau 95: Efficacité perçue des affordances réelles lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)

6.3. Affordances intentionnelles perçues en amont de l'activité

L'analyse des entretiens montre que les enseignants, lors de la préparation de leur séance ont perçu deux affordances épistémiques communes : « maîtriser une technique » et « intéresser » (cf. tableau 96).

Affordances épistémiques intentionnelles	Affordances pragmatiques intentionnelles
Maîtriser une technique	Savoir développer (tous hors P3) Savoir réduire (tous hors P3) Créer des automatismes (P2 et P4) Savoir gérer les nombres relatifs (P4) Savoir démontrer (P5) Résoudre des équations (P5) Evaluer (P5)
Intéresser	Insérer des éléments ludiques (tous hors P5) Mobiliser la tablette numérique (P5)
Différencier (P3)	Adapter la difficulté (P3)
Harmoniser les pratiques (P2-P4)	Utiliser une trace écrite commune (P2-P4)
Mettre en autonomie (P1-P3)	recourir aux feedbacks automatiques (P1-P3)
S'entraîner (P1-P2-P5)	Mobiliser LudiMoodle comme un exerciceur (P1-P2-P5)

Tableau 96: Affordances intentionnelles perçues avec LudiMoodle

Si nous comparons ces résultats avec ceux des affordances réelles perçues, nous notons un seul continuum homogène pour tous les enseignants, lié à une affordance épistémique implémentée dans LudiMoodle : « intéresser ». Les autres continuums sont spécifiques aux enseignants : « mettre en autonomie » pour P1 et P3 ; « s'entraîner » pour P1, P2 et P5 ; etc. Ces résultats montrent que l'affordance de LudiMoodle n'est pas monadique : un même enseignant perçoit plusieurs affordances (épistémiques et pragmatiques) de LudiMoodle, qui spécifient son environnement et, possiblement, son style motivationnel (cf. chapitre 4 ci-après).

Ces affordances font sens de manière interdépendante puisqu'elles permettent aux enseignants de percevoir leur capacité à mettre en œuvre une intention qui s'inscrit elle-même, dans une pratique, une expérience précédente, mais aussi une manière de traduire le prescrit.

Chapitre 4. Effet de l'enseignant sur les comportements motivés

Le style motivationnel des enseignants sera déterminé à partir des entretiens et observations réalisés lors de la séance 6-leçon 7 relative à la distributivité double (cf. section 1, ci-après). Il s'agira notamment de vérifier qu'un style « non contrôlant » (hypothèse 4) favorise davantage les comportements motivés qu'un style « contrôlant ». Nous regardons si les différences de styles motivationnels observées s'expliquent par leur perception de continuums différents.

1. Style motivationnel des enseignants

Nous présentons nos compte-rendu d'observations pour permettre au lecteur de saisir ce qui s'est passé pendant l'activité et spécifier le style motivationnel de l'enseignant en fonction de trois critères : l'autonomie laissée aux élèves, la structuration de l'enseignement et l'implication de l'enseignant.

1.1. Style motivationnel de l'enseignant P1

Les élèves sont en binômes ou en groupe de 4. P1 commence par rappeler les éléments à retenir. Puis il demande aux élèves, qu'est-ce que :

- Développer une expression littérale : transformer une expression en sommes
- Factoriser : transformer une somme en produits
- La distributivité simple : $k(a+b)=ka+kb$ (elle dessine des flèches pour distribuer)
- Réduire une expression littérale : chercher à avoir le moins de symboles possible ex.
 $2x+3x=5x$

Elle annonce, ensuite, aux élèves qu'ils vont « voir » une nouvelle formule : la distributivité double. Elle écrit au tableau $(a+b)(c+d)$.

Elle rappelle que lorsque les deux facteurs sont des sommes, on peut les transformer en une seule. Ici on peut considérer que $(a+b)=k$, on peut ainsi distribuer, ce qui donne $(a+b)*c + (a+b)*d$ (elle note le multiplier x et pas $*$). On obtient ainsi une somme de produits et l'on peut

distribuer c sur $a+b$ et d sur $a+b$. Elle trace des flèches pour que les élèves visualisent. Puis, elle demande à un élève de donner la réponse. L'élève dit que c 'est équivalent à $ca+cb+da+db$. P1 répond qu'avec la commutativité on peut écrire $ac+bc+ad+bd$. P1 conclut en disant que la distributivité double c 'est deux fois la simple.

Elle dit ensuite aux élèves de faire attention lorsqu'il y a des nombres relatifs notamment aux soustractions. Elle conseille aux élèves de les transformer en additions pour éviter les erreurs de calcul. Elle annonce qu'il y aura deux séances sur la distributivité double. Cette séance est consacrée aux deux premiers exemples de la trace écrite avant de passer sur tablette ; trace écrite qu'elle projette au tableau avec un vidéoprojecteur. Elle note sur le 1^{er} exemple les flèches de distribution pour aider les élèves et leur demande de le résoudre à voix haute. Elle détaille avec eux les différentes étapes :

- 1^{ère} étape : écrire les produits issus de la distribution. Elle précise que s'ils sont à l'aise ils peuvent « sauter » cette étape en écrivant directement par exemple $3x*5=15x$
- 2^{ème} étape : réduire en prenant l'habitude de ranger les x^2 , puis les x puis les nombres. Elle demande à 1 élève de le faire dans l'exemple mais au lieu de dire x^2 , l'élève se trompe et dit $2x$, ce qui est faux

Puis, P1 demande s'il y a des questions. Une élève demande s'il est obligatoire de ranger les nombres dans l'ordre décroissant des puissances de x sur la tablette. P1 répond que non mais que c 'est préférable, c 'est une habitude à prendre. Elle passe ensuite à l'exemple 2 qui comporte une soustraction $(5+3x)(2x-1)$ elle leur fait transformer les soustractions en additions en notant $(2x+(-1))(5+3x)=2x*5+2x*3x+(-1)*5+(-1)*3x$. Elle rappelle que la technique est simple et que les erreurs la plupart du temps sont des erreurs de signe. Ensuite elle note la réduction au tableau :

- $10x+6x^2+(-5)+(-3x)$
- $6x^2+7x+(-5)$
- $6x^2+7x-5$

Ensuite, elle précise aux élèves qu'elle laisse les exemples au tableau pour qu'ils puissent s'aider. Elle leur demande de se connecter à LudiMoodle sur les tablettes déjà posées sur les tables.

P1 note que la séance n'est pas encore active sur la tablette et fait une manipulation depuis la sienne pour que les élèves y aient accès. Elle indique aux élèves que le second exemple

n'est pas disponible car il est un peu complexe, qu'elle ne veut pas qu'ils perdent de temps. Ils traiteront ce second exemple la prochaine fois.

Les élèves commencent les exercices sur tablette, en autonomie. Une élève demande s'ils peuvent prendre le brouillon et P1 répond que c'est nécessaire pour pouvoir décomposer le calcul et qu'il faut absolument qu'ils prennent le temps de le faire. P1 répète régulièrement les consignes au tableau et passe vers chaque élève qui l'interpelle. Lorsque la sonnerie retentit, P1 demande aux élèves de se déconnecter. L'un d'entre eux lui demande qui doit ramasser les tablettes aujourd'hui. P1 regarde un planning au mur et donne 3 noms.

Les élèves sont relativement silencieux. Les quelques discussions entre eux concernent les mathématiques. Aucun d'entre eux ne parle de son élément ludique. Ils restent relativement concentrés jusqu'à la fin de la séance.

P1 laisse faire les échanges entre élèves. Elle a sélectionné les exemples de la trace écrite et les exercices sur tablette afin que ses élèves ne soient pas en difficulté. Ces éléments laissent penser que P1 a un style qui favorise l'autonomie de ses élèves. Le fait d'être compréhensive, de ne pas juger négativement les erreurs ou de faire preuve d'empathie, suggère qu'elle est impliquée (cf. tableau 97).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	-1	Propose des défis	-1	Compréhensif	1
Incite à faire des choix	-1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	1
Evite un ton directif	1	Différencie	1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges	1		
Se fait discret	1	Crée des groupes de travail	1		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (25min sur tablette)	1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	1		
		Annote au tableau (Insère des flèches pour illustrer la distribution)	1		

		Disposition des tables (par groupe de 4)	1		
Scores	2		5		4
Score autonomie	6	Score structuration	6		

Tableau 97: Style motivationnel de l'enseignante P1 (phase expérimentale)

Ces scores permettent de dire que l'enseignant a un style « non contrôlant ».

1.2. Style motivationnel de l'enseignant P2

Les élèves sont disposés en U, face au tableau.

P2 commence sa séance en précisant que la leçon va porter sur la distributivité double. Il invite les élèves à sortir leur cahier, pendant qu'il distribue le cours photocopié. P2 dit aux élèves qu'ils vont procéder comme d'habitude : ils vont « regarder comment ça marche » puis s'entraîner sur tablette. Il projette le cours au tableau et rappelle que la simple distributivité a été vue précédemment et la double n'est autre que deux fois la simple. Il écrit la formule $(a+b)(c+d)$, puis passe à la démonstration qu'il illustre par des flèches colorées. Il montre qu'il faut distribuer le a sur c puis sur d, de même pour le b.

P2 assure qu'il n'y a pas de difficulté. Il faut prendre son temps et des exemples seront présents pour aider. Dans le premier exemple, il fait remplacer le a par $3x$ puis continue seul, sa démonstration au tableau. Il interroge alors un élève et lui demande combien fait $3x \cdot 5$, celui-ci répond $15x$. A ce moment-là P2 explique qu'il va falloir s'aider du brouillon. Ensuite, il demande aux élèves ce qu'il faut faire lorsqu'on a fini de distribuer. Un élève répond qu'il faut rassembler. P2 précise qu'il s'agit ici de réduire. Il faut donc commencer par les x^2 . Puis il demande aux élèves combien il y en a. Certains élèves sont en désaccord, P2 valide une réponse et les élèves s'expliquent entre eux. Un élève dit qu'il n'a rien compris. P2 lui répond « c'est pour ça qu'on refait ça ensemble ». Il continue d'interroger les élèves sur le nombre de x puis le nombre d'entiers.

Il passe, ensuite, au second exemple. P2 prévient les élèves qu'il y a une soustraction. Il rappelle de prendre le -1 entièrement sans oublier le – dans le calcul. Une fois la distribution terminée, P2 leur demande de réduire. Lorsque l'exemple est terminé, il demande aux élèves si ça va ? Un élève demande à revenir sur un résultat qu'il ne comprend pas.

P2 passe au troisième exemple. Il précise qu'il y a une difficulté supplémentaire avec une double et une simple distributivité. Tous les élèves participent et ne semblent pas en difficulté. P2 fait une erreur à un moment, les élèves le lui font remarquer. Au moment de réduire, il insiste de nouveau sur la nécessité de passer par le brouillon, sachant que dans LudiMoodle, c'est la forme la plus réduite qui est attendue. Il termine sa présentation en disant qu'il s'agit d'une technique opératoire qu'ils doivent connaître.

P2 demande ensuite de distribuer les tablettes. Trois élèves s'en chargent. Il leur demande de se connecter sur la leçon 7. Il laisse le cours et les exemples projetés au tableau. Les élèves lui signalent qu'il n'y a pas de réseau et il répond que ça arrive et qu'il faut qu'ils « relancent pour rafraîchir leur page ». Plusieurs élèves s'inquiètent car seuls les exercices 7.1 et 7.3 sont disponibles. P2 dit que ce n'est pas grave, puisqu'ils ont accès à tous les exercices. Il précise que pour passer d'un exercice à un autre, il faut 70% de réussite. Il distribue ensuite du brouillon.

Il y a beaucoup d'échanges entre les élèves pour comparer leurs réponses. Un groupe d'élèves hors champ de caméra semble distrait. L'un d'entre eux dit qu'ils vont « passer devant les élèves de la FAC ». P2 fait de la remédiation individuelle et passe vers les élèves qui l'appellent. Il regarde également le rapport dynamique sur sa tablette pour voir ceux qui sont en difficulté.

Puis, P2 sort dans le couloir à un moment donné pour faire cesser le bruit que font des élèves d'une autre classe. Il revient dans sa classe. Un élève s'inquiète pour son chronomètre. P2 lui répond de ne pas s'en faire : le temps est calculé en fonction de ses besoins. Une autre élève dit à ses camarades que le temps indique « 4 jours et 2h ». Cette même élève (qui fait partie du groupe d'élèves distraits) dit que des exercices sont déjà faits sur sa tablette mais que ce n'est pas elle qui les a faits. P2 s'assure qu'elle a pris les bons identifiants et lui répond que c'est forcément elle.

Ensuite, les questions les plus souvent posées par les élèves concernent l'étape de la réduction. P2 rappelle donc qu'il est nécessaire de réduire le plus possible sur LudiMoodle. Il passe vers un autre élève et lui demande d'écrire au brouillon en s'aidant des flèches pour distribuer. Une élève se lève. Puis il se déplace. P2 lui demande de s'asseoir.

Un groupe d'élèves distraits continue de parler de tout sauf de mathématiques. Il ne cesse de déranger deux élèves devant eux.

P2 fait une explication collective à voix haute sur la gestion des nombres relatifs. Puis, de nouveau, il intervient auprès des élèves sur des problèmes de réduction. Un des élèves du groupe « distrait » lui dit qu'il n'y arrive pas. P2 lui répond de prendre son brouillon. L'élève lui répond qu'il n'aime pas faire au brouillon. P2 lui rétorque que c'est normal : il n'y arrive pas, parce qu'il n'écoute pas les consignes. Une autre élève lui demande alors combien fait 8×3 . P2 l'autorise à sortir sa calculette puis reprend chaque étape avec elle. La sonnerie retentit, les élèves se lèvent. P2 demande de ranger les tablettes.

Contrairement à P1, P2 n'a pas sélectionné les exemples ou les exercices pour simplifier. Il s'est servi du rapport dynamique pour personnaliser la remédiation.

Il s'est fait discret, a évité un ton trop directif, a accordé suffisamment de temps aux élèves, ce qui laisse penser qu'il a favorisé leur autonomie. Il a été relativement compréhensif et a fait preuve d'empathie, s'est donc impliqué, ce qui a dû contribuer à leurs comportements motivés. P2 a évité de donner des feedbacks trop rapides, a autorisé les échanges, s'est aidé du rapport dynamique de l'EAIH pour faire une remédiation plus ciblée, il a donc un enseignement assez structuré (cf. tableau 98).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	-1	Propose des défis	-1	Compréhensif	1
Incite à faire des choix (utilisation du brouillon)	-1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	-1
Evite un ton directif	1	Différencie	-1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges	1		
Se fait discret	1	Crée des groupes de travail	0		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (35min sur tablette)	1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	1		
		Annote au tableau (Insère des flèches pour illustrer la distribution)	1		
		Disposition des tables (en U face au tableau)	-1		
		Mobiliser le rapport dynamique	1		

Scores	2		3		2
Score autonomie	4	Score structuration	3		

Tableau 98: Style motivationnel de l'enseignant P2 (phase expérimentale)

Selon ces deux scores, P2 semble avoir un style « non contrôlant ».

1.3. Style motivationnel de l'enseignant P3

Les élèves sont deux par table, face au tableau. Les tablettes ne sont pas encore distribuées. Le cours est projeté au tableau.

P3 commence sa séance par un rappel sur « comment distribuer dans la distributivité simple et supprimer les parenthèses ». Trois exemples sont déjà notés au tableau ($5*(x+10)$; $3+(x-5)$; $4-(x+6)$). Il demande comment développer le 1^{er} calcul. Un élève répond et P3 trace des flèches pour illustrer la distribution. P3 indique que cette technique s'appelle la distributivité simple. Il continue avec les exemples suivants pour voir comment les élèves gèrent les signes négatifs. Puis, P3 annonce qu'ils vont voir une nouvelle règle : « la distributivité double » qui ressemble à la simple en plus « compliqué ». Il précise que la trace écrite qu'ils ont dans leur cahier est projetée au tableau. Il leur demande de compléter les exemples au fur et à mesure. Puis, arrête le vidéoprojecteur. Il explique le 1^{er} exemple : il y a deux parenthèses, chacun des termes de la 1^{ère} va venir multiplier ceux de la 2^{nde}. Il illustre ceci par des flèches. P3 dit aux élèves que c'est assez simple et demande à un élève de résoudre l'exemple. Celui-ci lui dicte $3x*5+3x*x+2*5$. P3 demande combien fait $3x*5$ et leur conseille de commencer par $3*5$ puis de faire $15*x$ et de faire de même pour les produits suivants. Il en profite pour rappeler que $x*x$ correspond à x^2 .

P3 annonce aux élèves qu'ils vont devoir se servir de leur brouillon une fois sur tablette et qu'ils devront s'assurer qu'ils ont suffisamment réduit. Puis, il demande s'ils ont des questions et passe au second exemple qui comporte un nombre relatif. De nouveau, P3 demande aux élèves de passer par le brouillon. Il leur donne comme consigne de mettre en rouge le moins pour signaler un piège. Ensuite, il leur demande si le moins est rattaché au 1^{er} ou au second nombre. Il passe alors à la résolution en notant des flèches pour illustrer la distribution. Un élève lui dicte $2x*5+2x*3x+1*5+-1*3x$. P3 dit qu'en mathématiques on ne peut pas écrire de la sorte et demande aux élèves ce qu'il faut faire. Certains répondent qu'il faut enlever les +, d'autres les parenthèses. P3 dit que les deux sont possibles. Les élèves lui dictent alors le

résultat. P3 note $10x+6x^2-5-3x$. Il demande si c'est terminé. Un élève répond que ça fait $7x+6x^2-5$.

P3 passe au dernier exemple $(3x-2)(-5x+3x)-3(6-2x)$. Il fait remarquer aux élèves qu'il s'agit d'un exemple avec deux formules qu'ils doivent identifier. Un élève finit par dire que les deux 1ères parenthèses forment la double distributivité et que la suite représente la simple. P3 leur dit de faire attention aux – et de commencer par la double. De nouveau, il les guide en indiquant les étapes et en s'aidant des flèches au tableau. Il leur conseille de commencer par identifier le signe d'une multiplication, puis de s'intéresser au produit, avant de terminer par les x. Enfin, P3 montre qu'il ne reste plus qu'à regrouper et à simplifier. Un élève propose de réduire $-15x-8$. P3 lui répond que c'est impossible car on ne peut pas mélanger des x et des nombres. Un élève lui demande alors pourquoi on a mélangé $3x*-5=-15x$. P3 explique que c'est parce que c'est une multiplication.

Ils passent ensuite sur tablette. P3 demandent aux élèves responsables de les distribuer. Les élèves se connectent. Ils commencent à faire des exercices, sans que P3 n'aient besoin de leur dire. P3 leur demande si le brouillon est facultatif, conseillé ou obligatoire ? Tous répondent en cœur : « conseillé ». Les élèves chuchotent avec leur binôme, ils lèvent la main lorsqu'ils ont besoin d'aide. P3 conseille à plusieurs d'entre eux de passer par le brouillon et de faire des flèches pour s'aider. Les principales erreurs concernent des problèmes de réductions incomplètes ou de gestion des signes négatifs.

Un élève dit à voix haute que « c'est trop bien » mais nous ne savons pas s'il parle de son résultat, de son élément ludique, ou d'autres choses. Au bout de 20 minutes, les élèves commencent à faire un peu plus de bruit mais continuent de travailler. Leurs discussions tournent autour des mathématiques. P3 refait un point général sur la nécessité de ne pas aller trop vite et de bien mettre les flèches pour éviter de se tromper.

Une élève demande à un autre si « ça a avancé ». Nous supposons qu'elle parle de l'élément « progression » sans pouvoir vérifier. P3 de nouveau fait une remédiation au tableau et intervient, cette fois-ci, sur les erreurs liées à la gestion des nombres relatifs. Il leur dit que lorsqu'on développe on a trois familles : les x^2 , les x et les nombres. Les élèves travaillent jusqu'à ce que la sonnerie retentisse. P3 demande aux élèves responsables de ramasser les tablettes et aux autres d'attendre pour se lever.

P3 incite les élèves à faire des choix (utilisation du brouillon), évite un ton trop directif. Il laisse les élèves tâtonner avant de les aider. De ce point de vue il soutient leur autonomie. Il

donne des feedbacks individuels, autorise les échanges et anticipe les règles d'écriture ce qui laisse penser que son enseignement est structuré. Il fait preuve d'empathie, reste positif et semble impliqué (cf. tableau 99).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	-1	Propose des défis	-1	Compréhensif	1
Incite à faire des choix (utilisation du brouillon)	1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	-1
Evite un ton directif	1	Différencie	-1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges (règlementés)	1		
Se fait discret	1	Crée des groupes de travail	0		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (37 min sur tablette)	1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciseur	1		
		Annote au tableau (Insère des flèches pour illustrer la distribution)	1		
		Disposition des tables (par 2 face au tableau)	1		
Scores	4		3		2
Score autonomie	6	Score structuration	3		

Tableau 99: Style motivationnel de l'enseignant P3 (phase expérimentale)

Ces scores nous permettent de dire que P3 a un style « non contrôlant ».

1.4. Style motivationnel de l'enseignant P4

Les élèves sont deux par table, face au tableau. Le cours est vidéoprojeté avec les exemples. La tablette est déjà sur table. P4 donne les consignes : se connecter et aller au fond de la classe s'ils ont oublié leurs identifiants et mots de passe.

Quatre élèves arrivent sur la deuxième sonnerie et s'installent. Elle leur demande d'ouvrir leur cahier de leçon. 6 élèves entrent dans la classe et P4 leur fait remarquer qu'ils trouvent le moyen d'arriver en retard alors qu'ils étaient en permanence. Les élèves sont dissipés et n'écoutent pas les consignes. Un élève lui coupe la parole plusieurs fois et P4 lui

demande d'arrêter. Elle répète les consignes et leur demande de se concentrer, de poser la tablette et de prendre leur cahier de leçons. Elle confisque la tablette à un élève qui n'écoute pas. Elle rappelle que c'est comme d'habitude, que ce n'est pas la 1^{ère} fois qu'ils travaillent sur cette plateforme LudiMoodle où ils vont faire une série d'exercices en application d'une leçon. Il lui faut 5 minutes pour que les élèves commencent à l'écouter.

Elle peut alors commencer son cours. Elle leur dit qu'ils vont apprendre une nouvelle notion dont 30 minutes minimum sera consacrée à la tablette. Elle demande à un élève, dont nous supposons qu'il est souvent absent, s'il a déjà vu une séance sur tablette. Il répond : une seule. Elle dit qu'elle comprend que ça puisse être difficile pour ceux qui n'ont pas pu « rattraper » mais que « ce n'est pas grave », ils vont « s'accrocher ». Elle redit à un élève de sortir son cours, le « à retenir n°5 ». Son cahier n'a plus de pages vierges donc elle lui dit qu'elle va lui en donner un, mais qu'il s'appelle revient.

Elle poursuit en leur expliquant qu'il y aura deux séances sur la distributivité double : la 6 et la 7. Elle dit qu'il s'agit d'une technique qui permet de développer, transformer un produit en une somme. Elle rappelle qu'ils ont appris à faire la distributivité simple. Puis elle note au tableau : $a(c+d)$. Elle demande si quelqu'un peut développer. Un élève répond $a*c+a*d$. P4 dit qu'on part bien d'un produit pour obtenir une somme. « La double distributivité c'est pareil », poursuit-elle : on part d'un produit et on obtient deux sommes, $(a+b)$ facteur de $(c+d)$. Elle cache le b . Leur demande de lire $a(c+d)$, puis de noter $a*c+a*d$ comme pour la simple. Elle cache ensuite le a et leur demande de poursuivre. Ils répondent $b*c+b*d$. Elle dit que c'est juste et précise qu'ils appliquent la distributivité simple deux fois. Elle utilise une formule rassurante : « ce ne sera pas plus compliqué que cela ». Elle demande aux élèves de nommer les deux facteurs. Une élève répond $(a+b)$ et $(c+d)$. P4 lui demande de dire quelle est la nature de cette expression et d'identifier le nombre de termes. L'élève répond qu'il s'agit d'une somme de 4 termes ac, ad, bc, bd .

P4 demande à un élève de développer l'exemple suivant. Il souhaite ajouter $3x+2$. Elle lui fait remarquer que c'est impossible. Pour les aider elle entoure chaque terme en rouge et fait des flèches pour illustrer la distribution. Un autre élève essaie de développer. Il commet une erreur : $3x*x=4x$. Elle le guide, tout en écrivant au tableau : $3x*5+3x*x+2*5+2*x$ P4 demande de noter.

Un surveillant entre dans la salle pour lui donner un papier.

P4 reprend son enseignement. Elle indique qu'il faut maintenant réduire. Puis elle interroge des élèves à tour de rôle. Elle demande à un élève s'il peut réduire encore et lui conseille d'ordonner en commençant par le terme avec le plus haut degré. Elle note $3x^2+17x+10$.

P4 prévient les élèves que la plateforme attend la forme développée puis réduite de l'expression. Elle précise qu'il leur faudra se servir du brouillon, car c'est difficile de faire cela de tête, qu'il faut de l'expérience pour le faire sans se tromper. Un élève dit qu'il n'a pas les exemples dans son cahier. P4 lui répond que ça a été distribué lors de la 1^{ère} séance. Il faudra qu'il photocopie le cours de quelqu'un.

Elle passe au second exemple, en précisant qu'elle ne traitera pas le 3^{ème} exemple. Ce dernier étant complexe, ils le feront la séance suivante. Elle demande à un élève de développer. L'élève développe en utilise le terme « fois » au lieu de « facteur de ». Elle lui fait remarquer.

P4 demande alors à tous les élèves s'ils reconnaissent une expression de type produit. Les élèves répondent : « oui ». P4 précise que le but est d'arriver à transformer le produit en une somme. Un élève développe alors la 1^{ère} partie et une autre élève développe la seconde partie (sans faire d'erreur de signes). P4 dit : « c'est bien ! Il faut penser à considérer chaque facteur avec son signe ». P4 montre la manière de simplifier les écritures, en mettant $-1*3x$ au lieu de $+1*3x$. P4 demande à un élève de réduire, il fait une erreur. Il oublie que $x*x=x^2$. P4 demande alors aux élèves d'écrire en même temps qu'elle. Elle montre qu'ils ont réduit les 4 termes. Une élève dit : « on peut encore réduire ». Un élève répond : « $6x^2+7x-5$ ». P4 encadre le résultat et demande combien il y a de termes.

Un élève demande s'ils peuvent commencer sur tablette. Elle répond par l'affirmative. Un élève lui demande pourquoi ils ne font pas l'exemple suivant. Elle répond qu'ils le feront la séance suivante parce qu'il est plus difficile.

P4 précise à ses élèves qu'ils vont faire les exercices 7.1 et 7.2. Elle ajoute : « pour passer au 7.2 ils faut atteindre au moins 70% de réussite ». Elle demande de garder le cahier côté exercices pour s'en servir de brouillon.

Un élève compare ses résultats avec un autre et lui dit : « toi t'as que ça ». Dans le même temps, une élève demande à P4 si elle va laisser les exemples au tableau. P4 répond que oui. Les élèves travaillent seuls. Elle rappelle la nécessité de se servir du brouillon. Les élèves

s'entraident et demandent parfois à P4 de les aider. Certains l'appellent pour vérifier le résultat final.

Certains élèves se demandent si la caméra les filme. Ils pensent qu'elle ne fonctionne pas. Les élèves font beaucoup de bruit. P4 leur dit de ne pas être « avare d'effort ».

Puis, un élève dit qu'il a fait 3 fautes sur 10. Un autre élève est indiscipliné, elle prend son carnet de correspondance. Elle fait « chut » car le bruit persiste. Sentant que certains élèves sont dissipés, elle leur dit « pas de stress ». Les élèves lui répondent en riant « y a Point S », en référence à une publicité qui passe à la télévision.

Si dans l'ensemble les élèves font leurs exercices, un groupe d'élèves discute sans faire les exercices. On n'entend pas ce que dit P4 lorsqu'elle passe vers ces élèves.

Un élève s'étonne de devoir recommencer. Il semble qu'il ait fait trop d'erreurs. P4 demande à un élève s'il y arrive et lui dit de suivre les deux flèches du haut puis celles du bas. La plupart des erreurs concernent la gestion des nombres relatifs ainsi qu'une confusion entre $x \cdot x$ et $x+x$.

Un élève appelle P4 car sa tablette a « bugué ». Une autre élève ne sait pas comment additionner des x ensemble. P4 lui répond : « 8 pommes + 3 pommes, ça fait combien ? ». L'élève répond 11 pommes. P4 lui répond qu'avec les x c'est pareil, qu'on peut les additionner.

P4 circule dans les rangs pour aider les élèves.

Les élèves commencent à faire des erreurs lorsque les exemples ont des signes moins. Elle aide un élève en notant son calcul au tableau. Puis, lui demande de venir au tableau. Pendant ce temps, un groupe d'élèves parle de tout sauf de mathématiques. P4 demande à l'élève au tableau, « combien fait $x \cdot -x$ » tout en rappelant la règle des signes. Deux élèves chahutent au fond la salle. P4 active la séance 6 sur la tablette, que les élèves ont faite le cours précédent, pour qu'un élève qui a des difficultés puisse revoir la simple distributivité.

Un élève qui a fini se lève pour aider les autres. Pendant ce temps, P4 annonce à une élève qui n'arrête pas de parler qu'elle a son heure de colle et qu'elle l'a suffisamment prévenue.

Il reste 5 minutes de cours. Les élèves font énormément de bruit, ils chahutent. L'un d'entre eux donne une claque derrière la tête à un autre qui le menace avec son poing. Le premier finit par s'excuser. Ses camarades lui disent : « ça ne se fait pas ». Celui qui a été frappé ne daigne pas le regarder, alors l'élève s'excuse à nouveau voyant qu'il l'a « blessé ». P4 n'a

rien perçu de la scène. La sonnerie retentit. P4 demande de finir l'exercice en cours, avant de se déconnecter et de laisser la tablette sur la table.

Nous notons que l'enseignante est plutôt autoritaire. Elle n'hésite pas à confronter les élèves à leurs propres difficultés devant le reste de la classe. Elle fait preuve de peu de compréhension, et donne l'impression de peu s'impliquer.

Elle ne fixe aucune règle d'échange sur la partie exercice, et ne constitue pas de groupes de travail. C'est pourquoi son score de structuration est assez bas.

Elle intervient très peu pour rétablir l'ordre. D'ailleurs, lors des entretiens, P4 déclare qu'elle a laissé les élèves en autonomie. Elle a un ton assez directif et n'accorde pas assez de temps aux élèves. Cela explique un score de soutien à l'autonomie un peu bas (cf. tableau 100).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	1	Propose des défis	-1	Compréhensif	-1
Incite à faire des choix (utilisation du brouillon)	-1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	-1
Evite un ton directif	-1	Différencie (Sélectionne les exercices sur tablette)	1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	-1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	-1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges (absence de règles)	-1		
Se fait discret	1	Crée des groupes de travail	-1		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (18 min sur tablette)	-1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	1		
		Annote au tableau (Insère des flèches pour illustrer la distribution)	1		
		Disposition des tables (par 2 face au tableau)	1		
Scores	4		2		-4
Score autonomie	0	Score structuration	2		

Tableau 100: Style motivationnel de l'enseignante P4 (phase expérimentale)

Les scores d'autonomie et d'implication de P4 permettent de dire qu'elle a un style motivationnel plutôt « neutre ».

1.5. Style motivationnel de l'enseignant P5

Les élèves sont assis par deux face au tableau. P5 leur demande de sortir le cours qu'il leur a distribué la dernière fois et qu'ils vont compléter. Puis il fait un rappel de ce qu'ils sont censés maîtriser. Il note au tableau un exemple de distributivité simple avec un nombre relatif. Il montre qu'il y a suppression de parenthèses et inversion des signes. Une élève passe à la réduction, P5 note par ordre décroissant de puissances de x . Une élève demande pourquoi il y a un $+$ entre deux termes. P5 réexplique : « lorsqu'on développe $k(a+b)$ on note $k*a+k*b$ ». Il précise que si le terme b était négatif, alors le résultat serait $k*a-k*b$.

Une élève, en retard, entre dans la classe.

P5 continue son enseignement. Il leur rappelle qu'à la séance précédente il était possible d'avoir un calcul du type $(6+4x)(2x+6)$. Ce type de calcul concerne 2 distributivités simples avec un facteur commun. Il montre la manière de développer cette expression. Il note $(a+b)(c+d)$ et précise : « il faut distribuer a par rapport à $c+d$ et inversement ». Il l'illustre par des flèches colorées en bas et en haut. Ces flèches permettent d'éviter de se tromper. Ensuite il développe « $ac+ad+bc+bd$ ». Il précise qu'on ne met pas de signe « multiplier » entre deux lettres puisque c'est pareil. Il rajoute que la formule qui permet de développer s'appelle la double distributivité. La double distributivité correspond à deux fois la simple distributivité. Les élèves l'écoutent. Il repart sur l'exemple et demande qui veut résoudre avec lui. Personne ne se lance. P5 demande alors qui est a et qui est b . Un élève se lance. P5 continue sa démonstration et développe $2x*3+2x*4x+6*3+6*4x$. Une élève ne comprend pas. P5 lui dit : « on a une somme de deux termes, le 1^{er} c'est a , le 2^{ème} c'est b ». Un élève répond que dans le résultat il y a 3 « $+$ » alors que dans la parenthèse il n'y en a que deux. P5 indique qu'il ne faut pas compter comme cela. Il y a toujours une somme de 4 produits, précise-t-il. Il enchaîne sa démonstration tout seul. Il commence dans l'ordre des puissances de x décroissantes pour montrer, qu'à la fin, il ne reste que 3 termes. Il demande aux élèves si l'un de ces termes pourrait être nul. Un élève répond « le 18 ». P5 répond : « non. Le nombre entier et le nombre x^2 peuvent rester ». Il précise aux élèves que les seuls cas où ils verront cela, c'est en 3^{ème} lorsqu'il y a $(3x+2)(3x-2)=9x^2-4$. Il s'agit d'une identité remarquable.

Puis, il dit aux élèves qu'ils ont 3 exemples dans leur leçon. Ils vont les compléter ensemble. Il leur demande d'écrire $(3x+2)(5+x)$. Il interroge un élève qui était absent la séance précédente. Mais il n'a pas la leçon. P5 lui dit d'aller chercher le « à retenir n°5 ». Une autre

élève se lève pour en récupérer un également. Il note $3x*5+3x*x$. Il demande si tout le monde est d'accord. Personne ne prend la parole, sauf un qui ne comprend pas. P5 réexplique $k(a+b)$ pour qu'il comprenne. Il continue sa démonstration, s'interrompt et leur demande ce qu'il reste. Personne ne répond. Il tente de les inciter : « vous êtes tous mous ce matin ». Puis un élève dicte le second exemple. Les élèves notent. Il leur demande d'arrêter, ils noteront plus tard. P5 attire leur attention sur ce que pose le plus de problème : la gestion des nombres négatifs. Il en profite pour faire une incise en leur demandant d'être concentrés lorsqu'ils seront sur la tablette et de ne pas se laisser distraire par les autres. P5 continue à développer l'expression en notant -1 entre parenthèses pour qu'ils ne se trompent pas. Il s'arrête pour demander à deux élèves de se réveiller. Un élève participe à la démonstration de l'enseignant. P5 en profite pour montrer qu'une autre erreur c'est d'additionner au lieu de multiplier. Puis il réduit en ordonnant en expliquant que c'est cette forme qui est attendue sur tablette.

Il passe au 3^{ème} exemple. Un élève lui dicte l'énoncé. P5 demande à un élève de développer. Il note à chaque fois des parenthèses autour des moins pour éviter les erreurs. P5 finit la démonstration. Il arrive à $-6x+6x$. Il demande aux élèves pourquoi c'est intéressant ? Des élèves répondent que cela s'annule. P5 regroupe les termes, puis ordonne les termes et réduit.

P5 prévient les élèves que les exercices sur la tablette sont de difficulté sensiblement équivalentes aux deux premiers exemples. Un élève ne comprend pas. P5 passe vers lui pour lui réexpliquer. Les élèves recopient les exemples du tableau dans leur cahier de leçon. Une élève, qui a fini, demande si elle peut distribuer les tablettes. P5 répond par l'affirmative. P5 passe vers un élève qui n'a pas son cours. P5, agacé, lui dit que s'il a prévu de ne rien faire, il peut descendre (sous-entendu chez le.la directeur.trice). Il dit à voix haute pour que les autres élèves entendent : « sur les 3 classes participantes, tu es le seul à ne pas bosser malgré le fait de travailler sur tablette ».

P5 autorise le passage à la leçon 7 sur tablette. Il demande de faire uniquement deux exercices : le 7.1 puis le 7.2. Il n'y a aucun bruit dans la classe.

Les élèves se connectent. Ils travaillent seuls. P5 leur dit de l'appeler s'ils ne parviennent pas à se connecter sur LudiMoodle.net. Il leur demande de prendre un brouillon, de couper le son des tablettes et de prendre les tablettes en mode portrait. Il laisse les exemples au tableau pour les aider. P5 continue de laisser les élèves se débrouiller seuls.

Deux élèves chuchotent entre elles.

P5 demande de l'appeler si besoin. Un élève l'appelle, puis un second. P5 va les voir. Il s'aperçoit qu'un élève travaille sans brouillon. Il lui demande d'en prendre un.

Deux élèves ont des difficultés pour se connecter. Ils appellent P5 qui résout le problème en prônant l'humour : « vous n'avez pas le fluide ».

Un élève demande s'il faut juste le résultat final. P5 répond : « oui ».

P5 passe dans les rangs. Il demande à un élève d'accélérer sinon sa fusée ne va pas décoller. P5 dit à un autre élève qu'il ne peut pas additionner des x avec des x^2 et lui précise qu'à la fin ils doivent obligatoirement avoir 3 termes. Il passe vers un autre élève qui ne parvient pas à distribuer les termes de son expression. Il répète à un autre élève de prendre un brouillon et de réduire au maximum. L'élève lui demande pourquoi prendre un brouillon. P5 lui répond : « parce que t'es pas un génie et que t'as pas l'habitude de le faire ». P5 fait ensuite une remédiation collective à l'oral en leur disant d'écrire correctement car sinon ils ne peuvent pas se relire et font des erreurs de calcul. Les élèves sont toujours concentrés. Certains comparent leur résultat.

P5 demande aux élèves de se dépêcher car ils vont enchaîner une seconde séance d'une heure et qu'ils ne pourront pas revenir sur les exercices 7.1 et 7.2.

P5 passe vers un autre élève qui ne parvient pas à faire $x*x=x^2$. Les élèves commencent à discuter entre eux. P5 réagit en leur demandant de « faire attention au volume sonore, ils n'ont pas besoin de parler. S'il y a des questions c'est à moi ». P5 passe vers un autre élève, tout en disant à voix haute aux autres élèves : « soyez rigoureux. Si vous oubliez un signe ou autre, ça fait faux tout de suite ». Il dit à cet élève que son raisonnement est bon et que le jour du contrôle il n'aura pas zéro comme à chaque fois.

P5 passe vers un élève qui l'appelle et lui dit : « toi, ton avatar, il n'est pas prêt de s'habiller ! ». Il lui réexplique comment distribuer chaque terme et lui note des flèches sur son brouillon.

Les autres élèves recommencent de discuter à voix basse.

P5 dit à tous les élèves que le résultat attendu est le plus simplifié : « il n'y a pas de $+(-5)$, c'est -5 ; il n'y a pas de parenthèses dans le résultat final ». Il passe alors vers un autre élève et dit tout fort : « attention aux oublis. Ne pas mettre de parenthèses ».

P5 annonce qu'il reste 5 minutes avant de clôturer la séance. Il fait une remédiation au tableau en disant aux élèves de considérer chaque terme avec son signe. P5 prend sa tablette et demande qui est l'élève kfl5. L'élève concerné lève la main.

Il passe vers un autre élève et lui dit qu'il ne peut pas ajouter des x avec des x^2 .

Deux minutes avant l'horaire, P5 clôture la séance, en proposant aux élèves qui le souhaitent de continuer, sinon de prendre une pause (puisqu'il continue l'horaire suivante avec cette classe). 6 élèves restent assis et terminent.

Pendant cette séance, P5 fait très souvent des démonstrations en étant seul au tableau. Il interroge les élèves essentiellement pour valider ou infirmer le résultat. Il est très directif et n'incite pas à faire des choix. C'est pourquoi son score d'autonomie est assez bas.

Il a interdit les échanges entre élèves (alors que lors de l'entretien il avait déclaré laisser les élèves s'entraider). De manière général, il structure peu son enseignement.

A de nombreuses reprises il a fait des remarques négatives, parfois sous le ton de la plaisanterie, à certains élèves. Il n'a à aucun moment fait preuve de compréhension, d'empathie, et s'implique finalement peu (cf. tableau 101).

Soutien à l'autonomie	Score	Structuration de l'enseignement		Implication de l'enseignant	
Explique utilité	1	Propose des défis	-1	Compréhensif	-1
Incite à faire des choix (utilisation du brouillon)	-1	Fixe des objectifs atteignables	-1	Adopte une position en retrait au fond de la classe	-1
Evite un ton directif	-1	Différencie (sélectionne les exercices sur tablette)	1	Evite les remarques négatives (garde une attitude neutre face aux difficultés)	-1
S'entraîner	1	Donne des feedbacks individuels	1	Empathie	-1
Intéresse	-1	Evite les feedbacks collectifs trop rapides	1		
Laisse se débrouiller	1	Autorise les échanges (interdit)	-1		
Se fait discret	-1	Crée des groupes de travail	-1		
Accorde suffisamment de temps aux apprentissages (28 min sur tablette)	1	Anticipe les règles d'écriture de l'exerciceur	1		
		Annote au tableau (Insère des flèches pour illustrer la distribution)	1		
		Disposition des tables (par 2 face au tableau)	1		

Scores	0		2		-4
Score autonomie	-4	Score structuration	2		

Tableau 101: Style motivationnel de l'enseignant P5 (phase expérimentale)

Les scores d'autonomie et de structuration montrent que P5 a un style très « contrôlant ».

1.6. Synthèse

Les scores des enseignants, que nous avons repérés sur le graphique ci-dessous grâce aux scores d'autonomie⁴³ et de structuration obtenus, nous laissent penser que :

- P1, P2 et P3 soutiendraient davantage l'autonomie et auraient un enseignement structuré : ils seraient donc « non contrôlants » ;
- P4 aurait un enseignement peu structuré mais son style motivationnel ne serait pas très affirmé : elle serait plutôt « neutre » ;
- P5 en revanche, aurait un style très « contrôlant ».

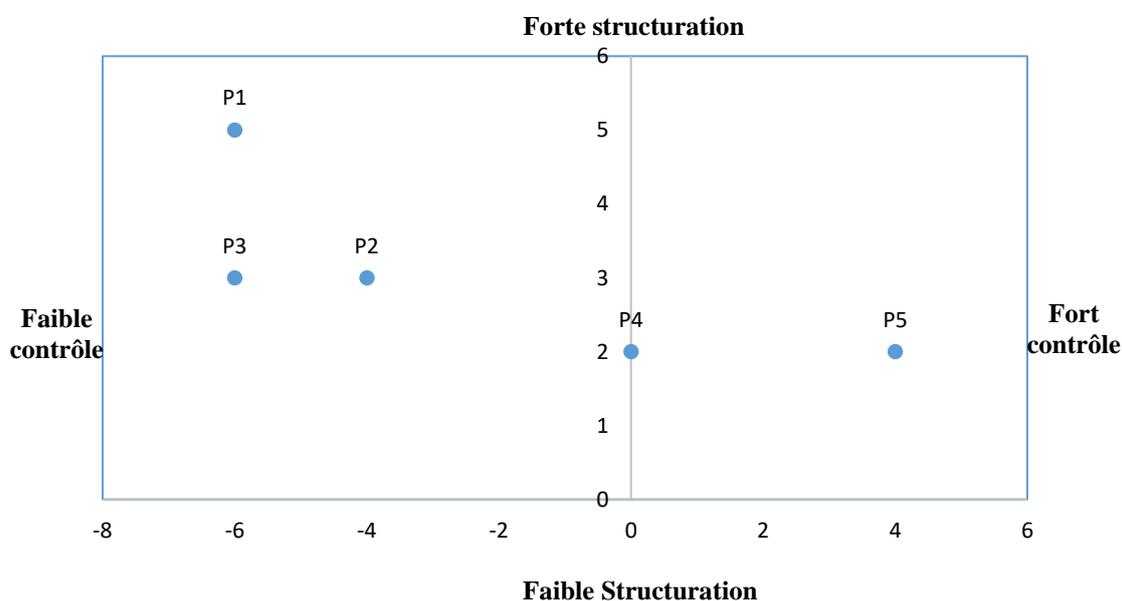


Figure 22 : Illustration des styles motivationnels des enseignants (phase expérimentale)

⁴³ Un score d'autonomie de 6 par exemple signifie que l'enseignant P1 favorise beaucoup l'autonomie, ce qui explique l'inversion de position sur l'axe des abscisses.

2. Effet du style motivationnel sur le comportement motivé

N'ayant pas les valeurs de la motivation au moment de la réalisation de la séance 6- leçon 7 sur la distributivité double, nous avons remobilisé celles obtenues en fin d'expérimentation, soit trois séances plus tard, conscients de la fragilité d'une telle transposition. Les comportements motivés des élèves, caractérisés par leur variation de motivation, leurs performances et leur persévérance, ont été étudiés en fonction du style motivationnel de l'enseignant.

Il apparaît que les élèves des enseignants ayant un style « non contrôlant » (P1-P2-P3), persévèrent ($H=8.171$; $p=.004$) et performant ($H=7.868$; $p=.005$) davantage que ceux des enseignants ayant un style « neutre » (P4) ou « contrôlant » (P5). En particulier, les élèves de P1 affichent des niveaux de persévérance significativement supérieurs à ceux des élèves de P4 et P5. P1 et P2 affichent des niveaux équivalents.

Les élèves des enseignants au style « non contrôlant » ont aussi des niveaux de performances plus élevés que ceux dont les enseignants ont un style « contrôlant » (cf. tableau 102).

	P1-P2	P1-P3	P1-P4	P1-P5	P2-P3	P2-P4	P2-P5	P3-P4	P3-P5	P4-P5
Persévérance	-	-	8.151* P1>P4	7.450* P1>P5	-	-	-	-	-	-
Performance	-	5.448* P1<P3	-	6.592* P1>P5	-	-	10.348** P2>P5	5.227* P3>P4	14.605** P3>P5	8.243* P4>P5

Tableau 102: Différences de persévérance et de performances entre élèves suivant l'enseignant (significativité : $->.05$, $*<.05$, $**<.001$)

D'un point de vue motivationnel, nous observons que la motivation varie différemment suivant l'enseignant considéré (cf. tableau 103), mais surtout suivant le niveau de motivation initiale de l'élève, ce qui corrobore les résultats de la phase test (cf. section 2, p. 180).

Enseignants	P1	P2	P3	P4	P5
Motivation intrinsèque	114.55	107.42	167.07	134.03	133.86
Amotivation	140.81	169.40	92.33	124.16	123.84
Δ amotivation	4.880**	-	3.935**	6.954**	5.823**
Δ motivation intrinsèque	-	-	-3.255**	-4.289**	-4.123**
Δ motivation extrinsèque	-	-	-	-2.461*	-

Tableau 103: Niveaux de MI, AMOT entre élèves et variations de la motivation selon l'enseignant (rangs moyens et significativité : $*<.05$, $**<.001$)

Les élèves de P1, qui pourtant persévèrent et performant le plus, sont davantage amotivés ; aucune démotivation n'est notée pour les élèves de P2. Ces résultats montrent bien que la motivation n'est pas prédictive d'un comportement motivé (cf. chapitre 2, p. 180), mais aussi que l'effet enseignant est complémentaire de l'effet élève-LudiMoodle. Ces résultats sont confirmés par l'étude des corrélations ci-après. Nous avons regroupé ces résultats dans le tableau 104 ci-dessous en indiquant la force des corrélations observées (*<.05, **<.001) et le sens de la relation (+/-).

Enseignant	Corrélation entre variations de motivations	Corrélation entre variation de motivation et performance (QR)	Corrélation entre variation de motivation et persévérance (RC)	Corrélation entre performance (QR) et persévérance (RC)
P1	(+) Δ MI-Δ ME**	-	-	(-) QR-RC**
P2	(+) Δ MI-Δ ME*	(-) Δ AMOT -QR*	(+) Δ AMOT- RC**	(-) QR-RC**
P3	(-) Δ AMOT-Δ MI* (-) Δ AMOT-Δ ME* (+) Δ MI-Δ ME**	-	(-)Δ AMOT-RC*	(-) QR-RC**
P4	(+) Δ MI-Δ ME**	-	-	(-) QR-RC**
P5	(+) Δ MI-Δ ME**	-	-	-

Tableau 104: Corrélations observées par élèves d'un même enseignant entre les variations de motivation, la performance (QR) et la persévérance (RC) sur la séance 6-leçon 7

De manière plus spécifique, l'étude des performances et de la persévérance par sexe montre que seules les filles des classes de P1 affichent une persévérance significativement supérieure à celles des autres classes.

	P1-P2	P1-P3	P1-P4	P1-P5	P2-P3	P2-P4	P2-P5	P3-P4	P3-P5	P4-P5
Persévérance filles	-	5.005* P1>P3	8.366* P1>P4	6.172* P1>P5	-	-	-	-	-	-
Persévérance garçons	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Performance filles	-	5.358* P1<P3	-	5.613* P1>P5	-	-	8.774** P2>P5	6.406* P3>P4	13.953** P3>P5	-
Performance garçons	-	-	-	4.927* P1>P5	-	-	3.880* P2>P5	4.769* P3>P5	4.769* P3>P5	11.249** P4>P5

Tableau 105: Différences significatives de performance et de persévérance par sexe selon l'enseignant (significativité: - >.05, *<.05, **<.001)

En s'intéressant plus particulièrement aux différences de style entre enseignants, il est remarqué que ce qui caractérise P1 c'est le degré de structuration de son enseignement (+5) et

son degré d'implication (+4) qui sont plus élevés que ceux des autres enseignants. P3 et P4 ont laissé les élèves travailler seuls, mais ne se sont pas impliqués autant que P1, ce qui a pu finalement nuire à l'autonomie des élèves. Cet effet de l'implication semble particulièrement vrai lorsque nous nous focalisons sur P5 dont le style est contrôlant. Il ne semble ni avoir mis en place les conditions favorisant l'autonomie de ses élèves, ni structurer son enseignement et s'impliquer positivement. Nous verrons dans la section suivante si ces différences de style motivationnel peuvent s'expliquer par une perception différente des affordances implémentées dans LudiMoodle et/ou si elles s'expliquent davantage par des différences de profils d'élèves.

3. Triangulation des données

Nous avons souhaité savoir si les profils d'élèves trouvés précédemment (cf. section 4, p. 188) étaient davantage présents dans les classes de P1 (cf. tableau 106 ci-dessous).

	P1	P2	P3	P4	P5
Achiever-Timer	1	2	0	0	2
Player-Avatar	2	2	2	9	3
Disruptor-Progression	2	0	0	0	0
Total profil de joueurs	5	4	2	9	5
MI-avatar	2	0	1	4	5
AMOT-avatar/ progression/score/timer	15	11	0	15	11
Total profil motivationnel	17	11	1	19	16
Total général	22	15	3	28	21

Tableau 106: Répartition des profils d'élèves selon l'enseignant

Nous observons que les élèves pour lesquels l'élément ludique était adapté à leur profil de joueur sont principalement dans les classes de P4 puis P1 et P5. En particulier il est observé qu'il s'agit exclusivement de profils *Player*, motivés par leur réussite personnelle et les challenges. P1 et P4 concentrent le plus grand effectif d'élèves amotivés ayant reçu un élément de jeu motivant. Si les élèves de P4 sont parmi les moins persévérants et performants, ceux de P1 au contraire sont ceux qui persévèrent et performant le plus. Puisqu'ils présentent le même profil motivationnel, les variations observées en termes de comportements pourraient donc s'expliquer davantage en termes de style motivationnel de l'enseignant.

P1 est le seul enseignant qui a perçu dans l'intentionnel et le réel les possibilités de « s'entraîner » et de « mettre en autonomie » ; P3 n'a ce continuum que pour « mettre en

autonomie » ; les autres enseignants n'ont perçu la possibilité de « mettre en autonomie » que dans le réel. Ce continuum de perception d'affordances pour P1 pourrait donc être explicatif de son style motivationnel : le fait de percevoir les invariants implémentés dans l'intentionnel lui a très certainement permis de s'adapter dans le réel, notamment en anticipant la structuration de son enseignement, en créant les conditions favorisant l'autonomie des élèves.

Chapitre 5. Synthèse

1. *Gamification* et caractéristiques des élèves (hypothèse 1)

Si les résultats tendent à montrer une démotivation généralisée avec une diminution des motivations à apprendre (MICO), à la régulation externe (MERE), ainsi qu'une plus grande amotivation, des effets nuancés s'observent selon les caractéristiques individuelles des élèves. Il a été notamment constaté que les filles de zone rurale sont davantage motivées à faire des mathématiques par utilité (MEID), mais que cette progression de la motivation n'est corrélée ni à leur persévérance, ni à leurs performances. Elles sont cependant davantage persévérantes que leurs homologues de zone urbaine ou que les garçons de leur zone. Aucune différence de motivation n'a été observée entre garçons, bien les garçons de zone urbaine performant davantage que ceux de zone rurale. Pelletier et al. (1999) ont montré que la progression de l'amotivation pourrait expliquer la diminution des motivations à apprendre (MICO) et à la régulation externe (MERE).

Plus spécifiquement, si un effet démotivant est observé dans tous les collèges, là encore, des différences sont observées suivant le sexe. Les filles des collèges 1 et 2 ont été respectivement davantage motivées à se sentir compétentes (MEIN) et à relever des défis (MIAC). Ce résultat signifie que les filles de zone rurale ne sont pas les seules à avoir été motivées. En revanche, ces progressions de la motivation ne sont pas corrélées à leur persévérance et performances, ce qui signifierait que la *gamification* n'a un effet que sur la motivation. Cet effet varie suivant l'élément de jeu reçu. Les filles rurales, et plus spécifiquement celles du collège 2, ont été démotivées par l'élément de jeu « classement », alors que celles du collège 1 en zone urbaine ont été davantage motivées. Ces effets différents montrent bien qu'un élément de jeu ne peut être considéré comme un simple élément graphique (Marache-Francisco, Brangier, 2015) : les différences de variation de motivation observées pour un même élément de jeu s'expliqueraient par la satisfaction, ou pas, de besoins psychologiques différents (Hamari et al., 2014). Enfin, dans quatre classes, il est observé la progression de la motivation. Dans deux de ces classes en faveur des filles et dans les deux autres en faveur des garçons. Ce dernier résultat corrobore les résultats précédents : les effets produits ne sont pas spécifiques à un sexe en particulier, mais à des besoins particuliers. Il y a

donc un effet différent de la *gamification* suivant un ensemble de variables concomitantes : le sexe, la zone de collège ou la classe.

Plus généralement, un EIAH « générique » semble limité quant à ses effets motivationnels (Barata et al., 2016), d'autant s'il n'est pas adapté à certaines caractéristiques des élèves, puisque les résultats mettent en évidence l'existence d'une motivation à la régulation externe différente entre élèves selon la zone de collège et leur motivation initiale. En effet, les élèves de collèges urbains sont davantage performants que ceux de zone rurale et sont moins motivés à la régulation externe. Parmi les explications possibles, celle d'une différence de statut socio-économique influant sur les performances des élèves semble probante, comme celle de différences entre établissements plus ou moins favorisés. En effet, l'enquête PISA de 2015 (2016, p. 227) montrait, en France, des variations de performances de 12% en sciences entre élèves favorisés et défavorisés, avec toutefois environ 25% d'élèves dits « résilients⁴⁴ », c'est-à-dire défavorisés socio-économiquement, mais présentant des performances élevées. Une autre hypothèse explicative est de considérer que leur plus grande autodétermination les oriente davantage dans des apprentissages de maîtrise expliquant une performance académique plus élevée (Ames, 1992; Koestner et al., 1992; Mims et al., 1983; Nicholls, 1989). Cependant, aucune différence significative de motivation, de persévérance et de performances n'a été observée selon le sexe, contrairement aux résultats des dernières enquêtes PISA (OCDE, 2016, 2019).

2. Une *gamification* adaptée qui motive davantage qu'une *gamification* « générique » (hypothèse 2)

L'hypothèse 2 vise à prouver qu'une *gamification* adaptée devrait offrir de meilleurs résultats sur le comportement motivé des élèves qu'une *gamification* générique. Deux sous hypothèses ont été formulées : le niveau de motivation initiale est une variable explicative de l'effet de la *gamification* du fait de besoins psychologiques ; les préférences de jeu des utilisateurs influencent leurs comportements motivés.

Concernant la motivation initiale les résultats de la phase expérimentale, comme ceux de la phase test, montrent une corrélation négative entre le niveau de motivation initiale et le

⁴⁴ « Dans l'enquête PISA, les élèves sont considérés comme résilients s'ils se situent dans le quartile inférieur de l'indice PISA du statut économique, social et culturel (SESC) d'un pays ou d'une économie, et se classent dans le quartile supérieur de la performance, tous pays et économies confondus, après contrôle du statut socio-économique » (PISA, 2016, p. 233).

niveau de motivation finale. Le niveau de motivation initiale et, donc, d'autodétermination initiale de l'élève à faire des mathématiques est une variable discriminante du gain motivationnel : les élèves les moins motivés intrinsèquement et extrinsèquement à faire des mathématiques ont été parmi les plus motivés suite à l'expérimentation, alors que ceux les plus motivés au départ ont été davantage démotivés voire amotivés. Ce résultat corrobore celui d'autres études (Amabile & al., 1976; Lavoué & al., 2018). Il suggère qu'un EIAH gamifié, qui fonctionne par renforcement positif ou négatif, ne serait pas adapté aux élèves intéressés intrinsèquement par les mathématiques, faisant ainsi écho à d'autres études dans le cadre de la théorie de l'autodétermination (Amabile & al., 1976; Deci & al., 1981, 2001; McGraw & McCullers, 1979).

Les résultats sont plus contrastés suivant l'élément de jeu reçu. Ainsi, parmi ceux ayant un impact positif sur la variation de motivation, il est constaté que l'« avatar » augmente la motivation extrinsèque des élèves initialement intrinsèquement motivés ; il diminue l'amotivation et augmente la motivation intrinsèque des plus amotivés. Nous supposons que ces élèves, en se fixant pour objectif de collecter davantage d'accessoires pour leur « avatar », ont satisfait à la fois leurs besoins d'autonomie et de compétence, ce qui expliquerait l'augmentation de leur motivation (Nix & al., 1999; Peng & al., 2012; Rigby & Ryan, 2011; Ryan & al., 2006; Sailer & al., 2017). L'élément « progression », quant à lui, en tant que feedback informationnel diminue l'amotivation des plus amotivés, ce qui peut s'interpréter par une augmentation de leur sentiment de compétence (Peng & al., 2012; Ryan & Deci, 2000). L'élément « score » aurait agi comme une récompense non contrôlante, puisqu'il a permis de diminuer l'amotivation des élèves les plus amotivés. L'élève avait la possibilité de refaire s'il le souhaitait les exercices qui lui étaient proposés pour améliorer son score : il n'était donc pas sanctionné par un score pouvant nuire à la poursuite de l'exercice (Deci & al., 2001). Le « timer », enfin, a diminué l'amotivation des plus amotivés et augmenté leurs motivations (intrinsèque et extrinsèque). Il a donc agi comme une incitation à la performance, ce qui a permis aux élèves les plus amotivés, de satisfaire leur besoin de compétence, tout en leur procurant davantage de plaisir (Peng et al., 2012; Ryan & Deci, 2000). Enfin, des éléments de jeu nuisent à la motivation de certains profils d'élèves. C'est le cas notamment des « badges » et de la « progression » qui dégradent la motivation intrinsèque des élèves les plus intrinsèquement motivés. Le fait qu'il n'y ait aucune incidence de ces récompenses sur l'évaluation de ces élèves semble une explication possible : ils n'auraient pas perçu les enjeux de ce cours de calcul littéral gamifié, ce qui fait écho aux résultats de Barata et al. (2016). Le

« score » dégrade la motivation extrinsèque des plus extrinsèquement motivés. Il s'agit pourtant d'une récompense. Il aurait donc dû satisfaire le besoin de compétence de ce type d'élèves. Le fait qu'il n'y ait pas d'enjeu réel, puisqu'aucune évaluation des exercices n'avait été prévue en amont, et donc l'absence d'obligation de performances, explique probablement ce résultat (Deci, Koestner, Ryan, 2001). Par conséquent, certains éléments de jeu seraient adaptés à un type de profil motivationnel mais pas à d'autres : ils auraient donc des capacités de satisfaire certains besoins psychologiques différents (Cruz et al., 2017 ; Hamari et al., 2014 ; Marache-Francisco, Brangier, 2015).

Concernant les préférences des jeux, il a été montré que le rapport profil de joueur-élément ludique pouvait expliquer des résultats différents en termes de motivation. Un résultat attire particulièrement l'attention : l'interdépendance entre le profil de joueur et la motivation. En effet, certains profils de joueurs comme les élèves motivés par le changement (profil *Disruptor*), et ceux motivés par le contact social (profil *Socializer*), ont été davantage amotivés alors que les élèves motivés par les challenges (profil *Achiever*) l'ont moins été. Ces résultats peuvent s'expliquer, pour les *Disruptor*, car il s'agissait ici d'un exerciceur et donc d'exercices répétitifs. Les *Socializer* n'ont pas pu collaborer avec d'autres élèves, aucun élément ludique n'ayant été prévu en ce sens par les enseignants. Les *Achiever* ont trouvé dans cette forme d'apprentissage des mathématiques, une source de motivation. Barata et al. (2016) ont d'ailleurs montré qu'il s'agit d'une catégorie de joueurs qui performe beaucoup plus que les autres dans un contexte gamifié, en cherchant à relever davantage de défis.

Suivant l'élément de jeu reçu et le profil de joueur, des effets différents sont aussi constatés. L'élément de jeu « avatar » a favorisé la motivation intrinsèque des élèves au profil *Player*. Leur réussite aux tests, permettant d'accessoiriser leur avatar, a certainement satisfait leur réussite personnelle (Sailer et al., 2017). L'élément de jeu « progression » a permis aux élèves *Disruptor* d'augmenter leur motivation intrinsèque. A chaque fois qu'ils réussissaient un exercice, ils permettaient à leur fusée (censée matérialisée leur progression) de progresser en direction de la Lune. Or, ce type de joueur serait par « nature » motivé par le changement (Hallifax, Serna, Marty, Lavoué, et al., 2019). Ce résultat est cependant différent de celui annoncé par les concepteurs de la typologie de joueurs Hexad (Marczewski, 2015). Le « timer » permet d'augmenter les motivations intrinsèque et extrinsèque des élèves motivés par les challenges (profil *Achiever*), satisfaisant ainsi leur besoin de compétence (Yildirim, 2016). Une hypothèse explicative concerne la maîtrise du temps comme c'était le cas ici. Le temps affiché était comparé à la moyenne des différents temps enregistrés, rendant l'objectif de faire mieux

visible et atteignable. Ce résultat confirme ceux de Tondello et al. (2016) qui montrent que le timer semble suffire à satisfaire le besoin de compétence des *Achievers* qui sont intéressés par les challenges. Ainsi, ces résultats permettent de valider l'hypothèse 2 selon laquelle un EIAH gamifié « adapté » est davantage pertinent d'un point de vue motivationnel, qu'un EIAH gamifié « générique ». Cinq profils semblent se détacher : les « motivés intrinsèquement-avatar », les « amotivés-avatar/progression/score/timer », les « *Achiever-timer* », les « *Player-avatar* » et les « *Disruptor-progression* ». Les deux premiers profils montrent que le fait de faire des mathématiques par plaisir serait possible avec un EIAH gamifié, dès lors que l'élément de jeu proposé serait adapté. Ils montrent également qu'il serait possible, par ce procédé ludique, de redonner goût aux mathématiques des plus amotivés.

3. Une co-conception qui favorise la découverte d'affordances (hypothèse3)

Chacun des enseignants a perçu un continuum d'affordances (de l'intentionnel au réel) comprenant au moins un invariant épistémique et pragmatique. Il est aussi constaté que plusieurs enseignants perçoivent les mêmes invariants implémentés, même si l'ensemble des affordances perçues diffèrent d'un enseignant à l'autre (pouvant expliciter des différences de style motivationnel, cf. chapitre 4 p. 234). Ce premier constat permet de valider partiellement notre première hypothèse 3.1 : la co-conception a favorisé la découverte d'invariants épistémiques et pragmatiques à la fois chez les enseignants co-concepteurs et les enseignants testeurs. Cette reconnaissance n'a été possible que parce que les enseignants partagent une même culture (Norman, 1988 ; Simonian, 2019), c'est-à-dire un prescrit et des objectifs de séance communs. Parmi les affordances communes perçues, certaines (*harmoniser les pratiques, mobiliser une trace écrite commune*) sont davantage liées à la médiatisation de la notion. La perception d'affordances résulterait donc, à ce stade, d'une prise en compte des nouvelles contraintes de l'environnement (nouvel artefact et scénarisation commune) et d'une sélection des possibles du prescrit, ce qui corrobore les résultats d'autres recherches sur le sujet ayant montré que le degré de prescription du scénario avait une influence sur « l'homogénéité de la population en matière d'affordances » (Simonian et al., 2016, 2019; Simonian & Audran, 2012). Le concept de genèse instrumentale de Rabardel (1995) apporte aussi un éclairage dans la transition de l'affordance intentionnelle à celle réelle, puisqu'il permet de comprendre que l'intention de départ de l'enseignant est liée à des schèmes d'utilisation (Labomep, par exemple) et d'action (faire de la remédiation, par exemple) acquis précédemment ; puis, en manipulant

l'environnement numérique, dans un contexte d'utilisation particulier (physique et technique), il découvre de nouvelles potentialités d'action jusqu'à modifier ses schèmes préexistants (processus d'instrumentation explicitant, en partie, la variabilité des affordances réelles).

Par ailleurs, une nouvelle affordance épistémique (faire de la remédiation) et des affordances pragmatiques (mobiliser le brouillon, autoriser les échanges), communes à tous les enseignants, ont été perçues au cours de l'activité. De ce point de vue, si la phase de co-conception n'a pas permis d'identifier tous les invariants implémentés, elle a possiblement favorisé la découverte d'affordances qui pourraient être implémentées dans l'environnement numérique ou, sans être implémentées, pourraient être identifiées par tous les enseignants du fait de leur culture commune. En effet, l'affordance se caractérise, par une propriété perçue de l'environnement qui permet d'attribuer une possibilité du sujet à l'artefact (et non dans le rapport strict sujet-artefact). Ainsi, « faire de la remédiation », qui est au cœur de la pratique des enseignants indépendamment de LudiMoodle, est une possibilité intentionnelle et réelle perçue avec LudiMoodle. Dans ce cas précis, LudiMoodle est socioculturellement affordant puisqu'il permet aux enseignants de percevoir leur capacité à faire de la remédiation jusqu'à la mettre en œuvre.

Un autre constat concerne la variabilité des affordances qui semble dépendante du contexte d'usage. Cette variabilité, particulièrement étudiée dans la sociologie des usages (Chambat, 1994; Jouët, 1992; Perriault, 1989), tend à confirmer l'hypothèse 3.2 : d'autres affordances que celles implémentées sont perçues puisque l'approche écologique suppose des dynamiques spécifiques aux sujet en fonction du rapport qu'ils entretiennent avec l'environnement. En effet, des variations dans la découverte d'affordances épistémiques réelles ont été observées, comme « simplifier » (commune à P1, P4 et P5) ou « donner du sens » à l'apprentissage de la distributivité double (P1). Ceci est d'autant plus marqué lorsque nous nous intéressons aux variations d'affordances pragmatiques perçues. Ceci peut être compréhensible puisque les enseignants ne sont pas des automates, bien qu'appartenant à un genre commun, ils ont un style spécifique (Clot, 2014). Une des hypothèses explicatives de ces variations concerne le rapport au prescrit : la manière de traduire le prescrit diffère entre enseignant, influençant l'intention jusqu'à la mise en œuvre de la séance⁴⁵. En analysant le rapport au prescrit, il est constaté que P1, P3 et P4, cherchent d'habitude à donner du sens à cette notion de manière

⁴⁵ Par exemple, P1 a disposé les tables de façon à ce que les élèves puissent travailler par quatre et s'entraider ; P3 et P4 les ont laissé travailler et échanger par binômes ; les élèves de P5 travaillaient par table de deux mais n'avaient pas le droit d'interagir entre eux.

différente, en faisant un exercice rituel, des tours de magie ou des programmes de calcul (P1), en illustrant la technique de la distribution par des flèches (P3 et P4), en recourant au calcul d'aires (P1 et P4) ou à la résolution de problèmes (P3, P5). Seul P3 a insisté sur la nécessité qu'il avait de s'adapter (simplifier, donner du sens) à un public se destinant à quitter l'enseignement général après la troisième. Trois d'entre eux mobilisent, par ailleurs, des outils différents : P1 utilise Maths en Poche, Domino et le tableur, P3 Labomep et P5 mobilise Scratch et le tableur. P1 et P3 sont les seuls à trouver dans les outils qu'ils utilisent habituellement, les possibilités de différencier les apprentissages et d'adapter la difficulté. Ces rapports au prescrit permettent d'expliquer les variations observées : les enseignants, en fonction de leur public et des outils qu'ils ont l'habitude de mobiliser, perçoivent des affordances différentes. Ces « empreintes de la technique » (Perriault, 1989, p.14) illustrent la transposition des habiletés et schèmes acquis précédemment par chacun des enseignants. De ce point de vue toute affordance s'inscrit dans l'histoire socioculturelle des acteurs et des activités (Simonian, 2019a, 2019b, 2020). Nous pouvons ici faire un lien avec la sociologie de la traduction (Latour, 2005 ; Thévenot & Boltanski, 1991), en considérant que le rapport du prescrit à l'intentionnel puis au réel est un processus de traduction, référant à des dimensions idéologiques et pragmatiques.

Les affordances implémentées ont été pour la plupart jugées efficaces. Les jugements négatifs concernent essentiellement des affordances qui n'ont pas été perçues au cours de l'activité mais en amont ou en aval de l'activité. Ces affordances implémentées, non perçues au cours de l'activité, ont pu être influencées par l'expérimentation qui a modifié certaines de leurs habitudes. En effet, l'harmonisation demandée par les chercheurs a été l'objet de jugements négatifs ainsi que l'utilisation du brouillon et la durée de l'expérimentation. Une hypothèse explicative serait la comparaison qui est faite par certains enseignants avec les affordances perçues traditionnellement dans le prescrit. Cet écart correspondrait à la non possibilité d'atteindre le but initial (Norman, 2013). Tous les enseignants, hors P1 qui a rédigé la trace écrite, notent que celle-ci était insuffisante en termes de contenu.

De manière générale, les enseignants ont regretté un manque d'évaluations intermédiaires leur permettant de vérifier les acquis des élèves, une absence de possibilité de présenter la notion comme ils le feraient traditionnellement et surtout un manque de sens au profit d'une automatisation de cette technique, pourtant préconisé dans les documents d'accompagnement⁴⁶. Par ailleurs, du fait des contraintes de l'expérimentation, l'apprentissage

⁴⁶ Ressources d'accompagnement du programme de mathématiques, cycle 4, calcul littéral, 2018, p. 4, repéré à <https://eduscol.education.fr/experitheque/fiches/fiche9998.pdf>

du calcul littéral s'est déroulé sur 3 semaines alors même qu'une « progression spiralée » et une « dévolution » sont préconisés (Brousseau & Balacheff, 1988) pour permettre l'acquisition de connaissances et de compétences.

Enfin, certains enseignants estiment que faire tout un chapitre sur tablette, sans varier les supports, pouvait manquer d'intérêt. Ce constat laisse penser que le rapport à l'environnement dans lequel a été pensée l'intégration de LudiMoodle est certes signifiant mais pas suffisamment affordant pour deux raisons : il ne tient pas assez compte des pratiques antécédentes, il ne permet pas suffisamment à l'enseignant d'agir sur son environnement en étant trop normé dans l'usage. Nous trouvons ici une préoccupation de Linard (1990, p. 186) : « *la médiatisation technique ne peut ni remplacer ni garantir la médiation humaine* ». En d'autres termes, si l'affordance de l'environnement numérique est effective, elle ne peut être totalement médiatisée et normée puisqu'elle consiste à laisser un certain degré de liberté à l'acteur pour qu'il puisse y intégrer ses perceptions et agir dans son environnement. L'affordance est donc davantage à comprendre comme un processus de configuration holistique sémio-pragmatique de l'environnement socioculturel. Une telle acception permet de comprendre les raisons pour lesquelles les enseignants ont des affordances communes (invariants) et spécifiques (variabilités). Ces variabilités, comme nous le verrons dans la section suivante, expliquent, pour partie, les styles motivationnels de l'enseignant. Styles qui semblent avoir une influence sur les comportements motivés des élèves.

4. Un style « non contrôlant » qui favorise les comportements motivés (hypothèse 4)

L'étude des comportements motivés suivant le style motivationnel des enseignants montre que les élèves dont l'enseignant a un style « non contrôlant » (P1, P2 et P3 dans la phase expérimentale) persévèrent et performant davantage que ceux dont l'enseignant a un style « contrôlant » (P5) ou « neutre » (P4). En effet, P1 et P4 concentrent le plus d'élèves amotivés et ceux présentant un profil de joueur particulièrement adapté à la *gamification* (cf. section 4, p. 188). Cependant, ils présentent des résultats différents en termes de comportements motivés. Les élèves de P1 persévèrent et performant davantage que ceux de P4. L'une des explications possibles est que le style « non contrôlant » de P1 (soutien à l'autonomie de ses élèves, implication et structuration de son enseignement) favorise le comportement motivé des élèves, à défaut de les motiver davantage. En effet, une progression de l'amotivation a été relevée dans

ses classes, sans toutefois qu'il n'y ait d'impact direct sur les motivations intrinsèques et extrinsèques. Ces premiers résultats vont dans le sens des recherches dans le domaine : un style « non contrôlant » favoriserait les comportements motivés puisqu'il influencerait sur la perception qu'ont les élèves de leur degré de liberté (Katz, 2017 ; Ryan, Grolnick, 1986). Cependant, si le style motivationnel semble principalement lié dans notre cas à la persévérance et aux performances, il ne semble pas influencer la motivation, contrairement à la *gamification*. Ce résultat nuance donc ceux d'autres chercheurs (Benita et al., 2017 ; Careau et Fournier, 2002 ; Ciani et al., 2011 ; Gillet et al., 2012 ; Vansteenkiste et al., 2010 ; Viau, 2009). Il montre que l'objet de savoir, la spécificité de l'EIAH, les conditions de son intégration, sa mise œuvre, sont autant de variables pouvant influencer sur le comportement motivé des élèves.

L'étude des affordances montre que P1, P3 et P5 sont les seuls à avoir perçu un continuum entre l'intentionnel et le réel pour certaines affordances implémentées : « mettre en autonomie » en « recourant aux feedbacks » et en « laissant se débrouiller » (P1 et P3) ; « s'entraîner » en « mobilisant l'EIAH comme un exerciceur » (P1 et P5). L'affordance relative à l'autonomie n'a été perçue que par les enseignants dont le style est « non contrôlant ». Dit autrement, la perception de ce continuum pourrait être explicative de leur style. Or P2 qui a le même style n'a pas perçu ce continuum alors qu'il a perçu cette même affordance pendant l'activité, comme P4 et P5 qui ont un style « neutre » ou « contrôlant ». Donc, la perception en amont de cette affordance implémentée ne semble pas la seule hypothèse explicative du style motivationnel. En s'intéressant, plus spécifiquement, aux affordances pragmatiques perçues pour cette affordance « mettre en autonomie », nous notons que P4 s'est contenté de « noter les identifiants », en fond de salle aux élèves, pour faciliter leur connexion à l'application. P5 s'est contenté de « recourir aux feedbacks » de l'EIAH. P1, P2 et P3, en revanche, ont davantage favorisé l'autonomie des élèves, en évitant de les aider de manière trop rapide et en les laissant « se débrouiller ». Le style motivationnel s'expliquerait donc davantage par un écart d'affordances épistémiques (ici « mettre en autonomie) et pragmatiques perçues au cours de l'activité (et moins par la perception d'un continuum des affordances intentionnelles et réelles). Dit autrement, les pratiques définiraient davantage leur style motivationnel. Ce résultat rejoint le constat fait par certains auteurs (Roth et al., 2017 ; Sarrazin et al., 2006 ; Viau, 2009) : ce serait la façon dont l'enseignant s'implique, ce qu'il met en place et la façon dont il structure son enseignement, qui déterminent son style. Les affordances sont d'ailleurs basées sur l'action réelle et non sur l'intention même si cette dernière peut expliciter des différences. L'action réelle, la manière dont l'enseignant hiérarchise ses actions au cours de l'activité permettent

d'identifier les affordances. L'intention de l'enseignant ne serait donc pas une affordance en soi, mais une variable explicative des différentes affordances.

Aux vus de ces résultats, un style « non contrôlant » se caractérise, dans cette étude, par la perception des affordances suivantes : « simplifier » en « sélectionnant les exemples et exercices », « donner du sens » en « modélisant un problème concret », « mettre en autonomie » en « laissant se débrouiller » et « faire de la remédiation » en « autorisant les échanges ». Le fait de percevoir l'ensemble de ces affordances caractérise l'adoption d'un style fortement « non contrôlant ». Ce style favorise le comportement motivé des élèves puisque des écarts sont significativement différents avec les enseignants dont le style est « contrôlant » (Black & Deci, 2000; Miserandino, 1996). Tel est notamment le cas pour P1 par rapport à P4 et P5, en termes de performances et de persévérance, sachant que ses élèves augmentent leur amotivation. Ainsi le style motivationnel n'expliquerait qu'une partie des variations des comportements motivés des élèves (performance et persévérance), l'autre partie (la motivation) serait davantage dépendante de l'adaptation de l'EIAH aux caractéristiques des élèves et à leur profil de joueur.

Chapitre 6. Discussion générale

Les résultats obtenus montrent la nécessité de considérer deux rapports à l'environnement de l'élève : celui de l'EIAH gamifié et celui de l'enseignant. C'est deux environnements, qui n'en font qu'un pour les élèves, semblent influencer différemment le comportement motivé. La relation élève-EIAH gamifié montre des effets en termes de motivation. La relation enseignant-EIAH gamifié montre des effets sur la persévérance et la performance. Ainsi, le comportement motivé, qui comprend motivation-performance-persévérance, serait favorisé par une approche écologique holistique de l'environnement de l'élève.

1. Les conditions d'un comportement motivé avec un EIAH gamifié dans une approche écologique

Les résultats des deux expérimentations mettent en évidence l'existence de motivations différentes entre élèves à faire des mathématiques selon leur zone, leur collège ou leur classe d'appartenance, et donc d'une autodétermination différente à faire des mathématiques. Parmi les explications possibles, nous retenons celle de besoins psychologiques différents d'autonomie, d'appartenance et/ou de compétence, correspondant à une internalisation différente des contraintes externes dans le Soi (Deci et al., 1991) suivant le contexte et le groupe social d'appartenance des élèves (Deci & Ryan, 2000; Grolnick & Ryan, 1989). En effet, les entretiens d'explicitations menés auprès des enseignants officiant en zone rurale, nous apprennent que les élèves appartenant à cette zone de collège se destinent pour la plupart à des études courtes en milieu professionnel, ce qui pourrait expliquer qu'ils ne présentent pas d'intérêt intrinsèque à faire des mathématiques.

Il est aussi remarqué que plus les contraintes extrinsèques sont internalisées, plus la motivation est dite « autonome » et serait corrélée de façon positive aux performances académiques et à la persévérance (Brunet et al., 2015; Ratelle et al., 2005). C'est d'ailleurs ce que confirment les tests de corrélation réalisés puisqu'il a été noté une corrélation positive forte entre la performance et la motivation intrinsèque initiale. Cela corrobore les résultats du dernier PISA (OCDE, 2018) qui relevaient un écart de 107 points en faveur des élèves de milieux socio-économique favorisés. En revanche, nous n'avons noté aucune corrélation entre motivation intrinsèque et persévérance, contrairement à d'autres études ayant montré qu'une motivation

intrinsèque basse induisait une faible persévérance (Blanchard et al., 2004; Vallerand et al., 1997). Nous avons, par ailleurs, souhaité vérifier l'existence de motivations différentes suivant le sexe de l'élève, puisqu'il avait été montré que les garçons sont davantage motivés intrinsèquement que les filles (Garron-Carrier & al., 2016 ; OCDE, 2016, 2018). Or les résultats de la phase test et de la phase expérimentale ne nous permettent pas de corroborer ce résultat. En effet, d'autres variables seraient explicatives et interdépendantes dont le niveau de motivation initiale, le type de motivation recherchée par l'élève, puisque des résultats différents ont été trouvés.

Bien que les données issues de la phase de test ne nous permettent pas d'étudier l'impact des éléments de jeu ni les performances et la persévérance des élèves, les données de la motivation ont pu être comparées à celle de la phase expérimentale. Ainsi, il a été montré que l'intégration de LudiMoodle avait une incidence sur la motivation des élèves. En effet, dans chacune de ces expérimentations, il a été observé une baisse de la motivation ainsi qu'une progression de l'amotivation pour certains élèves. Aucune augmentation de la motivation n'a été constatée si l'on considère les élèves comme des individus identiques, voire des « individus techniques ». Théoriquement, cette baisse de la motivation s'explique par une diminution de la valeur intrinsèque de l'activité qui se définit à la fois par l'intérêt personnel de l'élève à faire des mathématiques (Eccles & Wigfield, 2002) et par les effets de contexte qui peuvent modifier sa valeur perçue (Krapp, 2005). Le fait que les élèves dits « à haut potentiel » (cohorte de la phase test), initialement parmi les plus motivés finissent par être amotivés, illustre cette baisse d'intérêt à faire des mathématiques de la sorte. Deux conséquences résultent de ces résultats : la nécessité d'adapter l'EIAH gamifié aux spécificités des élèves et l'importance de la motivation initiale sur la motivation finale. Ces conséquences se justifient à partir des résultats observés lors des deux phases d'expérimentation, corroborant d'ailleurs d'autres études (Kickmeier-Rust et al., 2014; Lavoué et al., 2018; Roosta et al., 2016).

Les résultats de la phase expérimentale montrent des résultats différents suivant l'élément de jeu reçu (ex. classement qui motive les filles du collège 1 et dé motive les filles du collège 2). Cet effet différent peut s'expliquer par la familiarité avec les jeux vidéo qui contribue à renforcer l'intérêt des élèves et leur comportement motivé (Bagley, 2012; Landers & Armstrong, 2017) ou le choix du support qui favoriserait également cet intérêt, en comparaison avec une activité de ce type en salle informatique (Gasparini & Cullen, 2013; Hamon & Villemonteix, 2015; Villemonteix et al., 2015). Plus spécifiquement, certaines motivations augmentent en fonction de l'élément ludique et du profil de joueur. Ces résultats montrent

surtout que les élèves, en fonction de leur profil de joueurs, ont vécu des expériences différentes (Brougère & al., 2015) : si certains éléments de jeu favorisent cette expérience, d'autres au contraire la dégradent. Pour être efficace, la *gamification* doit alors être adaptée (Göbel et al., 2010; Monterrat, 2015; Natkin & Yan, 2007) : lorsque l'élément de jeu reçu correspond au « bon » profil de joueur de l'élève, alors les effets motivationnels sont davantage significatifs et se caractérisent par un intérêt intrinsèque de l'activité supérieur, permettant d'affirmer que cette expérience favorise le « *Play/Playing* » auquel fait référence Silva (2013). Cependant, pour être qualifiée de « ludique », cette expérience doit également favoriser le « *Game/Gaming* » (Silva, 2013), c'est-à-dire, favoriser le comportement motivé de l'élève. Or, les résultats sur l'ensemble de la phase expérimentale, mais aussi ceux plus spécifiques liés à l'apprentissage de la distributivité double (séance 6-leçon 7), mettent en évidence l'absence de corrélation entre ces variations positives de la motivation et les deux indicateurs d'interaction, « performances » et « persévérance ». Autrement dit, le fait d'être davantage motivé par une situation d'apprentissage médiatisée par un EIAH gamifié n'induirait pas nécessairement davantage de comportements motivés. Ce résultat vient ainsi contrebalancer les résultats positifs observés par certains chercheurs (Denny, 2013; Domínguez et al., 2013) et alimenter les résultats plus mitigés (Hamari et al., 2014; Hanus & Fox, 2015; Orosz et al., 2013). L'hypothèse 3 est donc validée partiellement : une *gamification* « adaptée » au niveau de motivation initiale (hypothèse 3.1) et au profil de joueur de l'élève (hypothèse 3.2) est davantage pertinente qu'une *gamification* « générique » puisqu'elle motive davantage les élèves peu motivés et démotive, voire amotive, ceux fortement préalablement motivés. Cependant, la *gamification* ne suffit pas, à elle seule, à les engager davantage dans l'activité.

Tous ces résultats ne s'expliquent pas en effet dans la seule relation élèves-EIAH puisque des variations de motivations sont constatées entre classes. Elles s'expliqueraient par le style des enseignants, c'est-à-dire par les conditions créées pour favoriser l'autonomie des élèves qui concernent à la fois la façon dont l'enseignant structure et s'implique dans l'enseignement. Ainsi, les enseignants ayant adopté un style non-contrôlant (Black & Deci, 2000; Miserandino, 1996) ont réussi à soutenir les besoins d'autonomie et de compétence de leurs élèves (Reeve et al., 2004), en leur permettant notamment d'évoluer dans un environnement permissif mais réglementé. C'est le cas de P1, P2 et P3 de la phase expérimentale ainsi que P1 de la phase test. Les styles motivationnels de l'enseignant ont favorisé la persévérance des élèves alors même que dans certaines classes, une démotivation avait été observée, corroborant ainsi les résultats d'autres études (Buchs et al., 2012; Ratelle et

al., 2005). Pour Pelgrims (2006), ce résultat est particulièrement vérifié en arithmétique et, plus spécifiquement, dans les classes où les élèves sont les plus amotivés et les moins performants. La manière d'intégrer l'EIAH est donc fondamentale notamment la collaboration qui rendrait le but accessible pour les élèves et augmenterait leur intérêt intrinsèque de l'activité (sans toutefois influencer sur le sentiment de compétence qui dépend d'autres facteurs, comme la peur de l'échec, Whitaker Sena et al., 2007). Le fait de réglementer les échanges entre les élèves, entre enseignant et élèves, le fait de proposer une remédiation individuelle (P1 de la 2nde cohorte), permettrait non seulement de favoriser la persévérance des élèves, mais aussi leurs performances. A l'inverse, un style contrôlant ne favoriserait pas un comportement motivé, comme le montre les résultats (cf. enseignant P3 de la phase de test sur la motivation, enseignant P5 de la phase expérimentale sur le comportement motivé).

Par conséquent, bien que l'exploitation de ces résultats soit limitée en termes de généralisation, puisque seuls huit enseignants ont été interrogés et observés, ils suggèrent que la motivation serait dépendante de processus d'autorégulation qui doivent tenir compte des caractéristiques individuelles de l'élève, notamment de l'intérêt de l'élève (motivation initiale) pour la discipline enseignée, de son rapport au jeu (profil de joueur), et que le comportement motivé serait dépendant du soutien à l'autonomie des agents sociaux, en particulier des enseignants (Chandler & Connell, 1987; Deci & Ryan, 1985b, 2000; Koestner et al., 1992; Mims et al., 1983; Sheldon et al., 1996).

2. Pertinence de la co-conception sur la perception d'affordances réelles

L'environnement numérique LudiMoodle, dans sa phase initiale, a été co-conçu par quatre enseignants qui ont implémentés différentes affordances épistémiques (maîtriser une technique, mettre en autonomie, intéresser, différencier) et pragmatiques (savoir développer, savoir réduire, recourir aux feedbacks automatiques, insérer des éléments ludiques, adapter la difficulté, prévoir des exercices bonus). Suite aux problèmes techniques et ergonomiques rencontrés lors de la phase de test, des améliorations ont été apportées. Deux d'entre eux ont notamment implémenté une nouvelle affordance épistémique (harmoniser les pratiques) ainsi qu'une affordance pragmatique (utiliser une trace écrite commune). L'objectif de ces phases de co-conception était de faciliter l'affordance de LudiMoodle c'est-à-dire la perception immédiate de le mobiliser pour atteindre le but fixé. Aussi, il était indispensable d'implémenter

des patterns d'informations dans le *design*, informant directement l'enseignant, qu'il soit co-concepteur ou testeur, des possibilités offertes par LudiMoodle lié à leur culture et pratique.

Suite aux entretiens d'explicitation d'une action réalisés auprès d'enseignants des 2 cohortes, il est apparu que l'invariant socioculturel implémenté « différencier » n'avait pas été perçu par tous. Néanmoins, il est constaté la perception d'invariants qui ont favorisé la découverte d'affordances épistémiques communes (hypothèse 2.1). C'est parce que les enseignants, qu'ils soient co-concepteurs ou testeurs, appartiennent à une même environnement socioculturel (Simonian, 2019a, 2019b, 2020) – dans notre cas, l'enseignement des mathématiques au collège en 4^{ème} – qu'ils perçoivent des invariants communs, leur permettant de savoir comment en faire usage. Pour Cosentino (2019), ces affordances « standards », caractérisent les fonctions d'un objet qui sont culturellement dérivées de certaines actions orientées par des buts, communs à l'ensemble de la communauté d'appartenance de l'individu. Autrement dit, les invariants implémentés auraient agi comme des patterns d'informations (Norman, 1988), informant les enseignants sur les possibilités de « mettre en autonomie » et de « s'entraîner », révélant ainsi la dimension sémiotique de l'affordance (Morgagni, 2011). Néanmoins, force est de constater que tous n'ont pas perçu la totalité des invariants implémentés, en particulier les invariants pragmatiques, davantage liés aux pratiques des enseignants, ce qui pose la question des effets, à la fois du contexte (comprenant la spécificité des élèves) et de leur rapport au prescrit. En d'autres termes si les enseignants partagent un même environnement socioculturel, leur rapport à cet environnement revêt des spécificités, explicitant que les conditions d'un environnement – pourtant identiques pour tous - ne sont ni comprises, ni perçues de manière générique et uniforme (hypothèse 1.2).

Deux affordances communes, non implémentées, ont été perçues : une affordance épistémique (« faire de la remédiation ») et une affordance pragmatique (« annoter au tableau »). Les enseignants de la seconde expérimentation ont également perçu la possibilité épistémique de « faciliter l'utilisation » ainsi que certaines affordances pragmatiques (ex « anticiper les règles d'écriture »). Le fait que les enseignants des deux cohortes perçoivent, en situation, des affordances communes non implémentées dans l'environnement numérique, illustre la dimension socioculturelle de l'affordance (Simonian, 2015, 2019a; Simonian et al., 2016) comprise dans la dynamique sujet-objet-environnement où la perception dépend, d'une part, d'intentions (pouvant être spécifiques du fait d'un vécu et d'une traduction du prescrit) et ; d'autre part, de sa perception de sa propre capacité à agir pour répondre à des besoins préalablement identifiés. Une implémentation de ces nouvelles affordances dans

l'environnement numérique pourrait être pertinente, puisqu'elles ont agi comme des invariants socioculturels ou indices sémiotiques (Morgagni, 2011), même si nous pouvons penser que d'autres affordances seront perçues par d'autres enseignants. L'enjeu est donc davantage de concevoir un artefact qui permette l'identification immédiate de ce qui peut en être fait, sachant que ce ne sont pas uniquement les fonctionnalités qui sont déterminantes mais les propriétés perçues de ces fonctionnalités (ex. s'entraîner, intéresser, etc.). La perception de ces propriétés est une hypothèse explicative de la variation des affordances perçues, comme les possibilités de « simplifier » (commune à P2 et P3 de la 1^{ère} cohorte, ainsi qu'à P1, P4 et P5 dans la seconde), « donner du sens » (P3 de la seconde cohorte), et « faire du concret » (P1 de la 1^{ère} cohorte et P1 dans la seconde cohorte), etc.

Ces affordances permettent de comprendre, pour partie, le style motivationnel de l'enseignant. Le style motivationnel de chaque enseignant dépendant des possibilités perçues de LudiMoodle, de son environnement socioculturel (rapport au prescrit notamment) et de ses expériences antérieures. C'est une des raisons pour lesquelles la théorie de l'affordance et la théorie de l'activité ont des points communs. Ces deux théories cherchent à comprendre les signifiants de l'activité pour un sujet ; activité recourant toujours à des artefacts qu'ils soient symboliques ou matériels, ce qui « *oblige le chercheur à prendre en compte un paramètre particulier qui est la nouvelle dimension sociale du contexte dans lequel les signes sont interprétés* » (Audran, 2010, p. 89). C'est la raison pour laquelle Pacurar (2015) et Bril (2002) préfèrent parler d'affordances contextuelles plutôt que d'affordances réelles.

Un autre point de jonction concerne la proposition d'Engeström (1987) où l'activité serait comprise par un ensemble de « systèmes d'activité » dont un des enjeux est que l'enseignant et les élèves partagent un but commun (« Outcome »), qui dans notre cas, serait que l'apprentissage des mathématiques soit davantage motivant. Constat peut être fait que ce but semble atteint pour la persévérance et la performance mais pas pour la motivation, illustrant une tension quaternaire entre enseignant et élèves. Une des raisons serait la manière dont l'enseignant favoriserait l'autonomie au cours de son activité, notamment en fonction du degré de liberté attribué à l'élève. « *En somme, la construction d'affordances dépend de la manière dont le maître va éduquer la capacité d'attention de l'apprenant. Le rôle du maître serait d'assister l'apprenant dans la détection et l'utilisation des propriétés de son environnement animé et inanimé, et de leur fonctionnement dans un milieu culturel particulier* » (Bril, 2002, p.256). Autrement dit, les variations de perceptions d'affordances épistémiques et pragmatiques, perçues par chacun des enseignants, impacteraient de manière différente la

perception d'affordances motivationnelles par l'élève, pouvant expliquer les différences de comportements motivés observés.

Le degré de liberté est fondamental dans la théorie de l'affordance. Il concerne aussi l'enseignant dans sa possibilité d'agir avec LudiMoodle ou dans sa perception d'une obligation à agir d'une manière spécifique (affordance déontique, Simonian et al., 2016). Une tension peut se cristalliser ici entre l'utilisateur et le chercheur puisque le degré de liberté, selon Bernstein (1967), correspondrait aux dimensions indépendantes ne pouvant être contrôlées. Autrement dit, plus ces dimensions seraient nombreuses, plus il serait difficile de contrôler les variables de l'expérimentation, avec en contrepartie davantage de possibilités d'interaction entre le sujet et son environnement. Il paraît donc essentiel de trouver un équilibre entre contraintes et degrés de liberté. Dans notre cas, l'harmonisation des pratiques visait à limiter un éventuel « effet maître » pouvant biaiser les données.

Enfin, la triangulation des données sur l'affordance, le style motivationnel, le comportement motivé des élèves, confirme l'importance de considérer tous les résultats comme « situés » (Boekaerts, 2001; Bouffard et al., 2004).

3. Limites de l'étude

Nous avons identifié plusieurs limites à notre étude pouvant potentiellement affecter la généralisation de nos résultats. La première concerne le domaine d'étude. Les résultats portent sur le calcul littéral en mathématiques pour des élèves en 4^{ème}, ce qui limite la transférabilité des résultats à d'autres savoirs, pour d'autres élèves. Comme le constatent Supper et al. (2019), des effets différents de motivation et de comportements motivés peuvent s'observer entre deux disciplines différentes (ex. mathématiques et anglais) enseignées avec un même support. La notion abordée peut également intéresser différemment les élèves (Viau, 2009), comme nous l'avons noté pour la séance portant sur la distributivité double.

La seconde limite identifiée concerne les caractéristiques sociodémographiques des élèves, en particulier l'âge des élèves qui potentiellement peut influencer différemment sur les résultats. En effet, nous nous sommes focalisés sur l'apprentissage du calcul littéral auprès d'élèves de 4^{ème} au collège ayant entre 14 et 15 ans. Or il s'agit d'un âge particulièrement délicat d'un point de vue motivationnel (Gillet et al., 2012), ce qui pose la question de la démotivation

globale observée : est-elle seulement liée à l'activité d'apprentissage instrumentée et/ou plus globalement à une démotivation liée à l'âge des élèves ?

Le fait que l'activité soit imposée et que les élèves ne puissent pas choisir leur élément de jeu constitue également une limite (Lessel et al., 2019), pouvant affecter leur sentiment d'autonomie et leur engagement dans la tâche demandée (Viau, 2009). Ainsi, laisser la possibilité aux élèves de choisir l'élément ludique le plus adapté à leurs préférences de jeu serait davantage pertinent (Nicholson, 2012). Une autre possibilité serait d'adapter la *gamification*, en amont de la séance (Mora et al., 2018), en tenant compte du profil de l'élève et, de façon plus dynamique, au cours de l'activité par l'enseignant (Monterrat, Lavoué, & George, 2017)⁴⁷. Cette dernière orientation permettrait d'augmenter la valeur perçue de l'activité (Viau, 2009) et serait assimilable à un défi (Deci et al., 1981; Zuckerman et al., 1978), ayant pour conséquence une plus grande autodétermination de l'élève.

L'obligation de traiter la totalité du calcul littéral sur une période de 3 semaines, sans varier les situations d'apprentissage pour éviter – autant que possible – l'« effet maître » peut potentiellement biaiser certains résultats. En effet, Hallifax et al. (2019) ont constaté, dans une méta-analyse, des effets davantage positifs de la *gamification* lors d'expérimentations courtes en comparaison avec des expérimentations plus longues, mettant ainsi en évidence « l'effet de nouveauté » auquel faisaient référence Hamari et al. (2014). Il aurait été souhaitable de mesurer la motivation des élèves à mi-parcours, ou à intervalles réguliers, d'une part pour vérifier l'« effet nouveauté » ; et, d'autre part, pour permettre une analyse plus fine des résultats de la triangulation des données.

Par ailleurs, le degré d'homogénéisation du scénario, implémenté ou non dans le logiciel Moodle, peut également expliquer une démotivation globale qui symbolise finalement une perte d'intérêt perçue dans l'activité proposée (Viau, 2009). D'ailleurs, les enseignants ont noté que l'harmonisation des pratiques, dans un souci de limitation des biais, ne leur avait pas permis de percevoir l'affordance épistémique « donner du sens », pourtant essentielle à l'acquisition de concepts en mathématiques. Aussi, il semble pertinent de « laisser faire » les enseignants pour favoriser l'affordance de cet environnement.

La dernière limite concerne les résultats sur l'affordance. Ils ne portent que sur une seule séance d'enseignement. Même s'ils permettent de montrer un effet entre la perception

⁴⁷ Ceci avait bien été prévu dans le protocole générale de recherche mais n'a pu avoir lieu pour cause de crise sanitaire.

d'affordances par les enseignants, la persévérance et/ou les performances des élèves, ils ne sont pas généralisables à l'ensemble de l'étude. Cependant, ils illustrent l'importance du contexte d'enseignement et des choix faits par l'enseignant, suite à sa perception d'affordances, qui se matérialisent par des styles motivationnels différents.

4. Perspectives de recherche

Une première perspective de recherche concerne la continuité de cette étude et l'approfondissement des résultats. Au cours de l'année 2021, il est prévu d'étudier l'effet de l'adaptation de la *gamification* au profil de l'élève – matérialisé par son niveau de motivation initiale et son profil de joueur – sur sa variation de motivation et son comportement motivé. Ainsi, trois groupes d'élèves seront constitués : le 1er recevra une *gamification* générique non adaptée, le second une adaptation statique en amont de l'activité et le dernier une adaptation dynamique en cours d'activité. Il s'agira ici de montrer qu'une adaptation dynamique, par l'enseignant qui connaît ses élèves et perçoit leur état émotionnel en situation, est préférable puisqu'elle est davantage située et tient compte des fluctuations de la motivation (Chemolli & Gagné, 2014; Lazzaro, 2004).

Toujours dans cette continuité, une deuxième perspective de recherche concerne la pertinence de tenir compte des caractéristiques individuelles des élèves (appartenance socio-économique, genre, type de collège) et de leur profil de joueur pour augmenter leur comportement motivé lors de l'utilisation d'un EIAH gamifié.

Enfin, une troisième perspective de recherche est l'étude, plus approfondie, du style motivationnel de l'enseignant traduit en termes d'affordances socioculturelles. Il s'agit d'identifier les invariants à mettre en œuvre pour favoriser le comportement motivé des élèves, supposant que favoriser le processus d'autodétermination des élèves serait l'objet d'une méthode d'enseignement spécifique. Pour ce faire, il sera nécessaire d'étudier des affordances motivationnelles perçues par les élèves.

Conclusion générale

La ludification, plus connue dans le domaine sous le terme de *gamification*, qui consiste en l'ajout d'éléments de jeu à une situation d'apprentissage (Deterding et al., 2011), vise à favoriser le comportement motivé des apprenants (Bergeron-Boucher, 2016 ; Barata et al., 2016). Cependant, les études montrent des effets différents pour un même élément de jeu, en termes de motivation et de performances. Denny (2013) constate, par exemple, que les badges permettraient d'augmenter les performances des élèves en satisfaisant leur besoin de compétence, alors qu'Hanus et Fox (2015) notent, au contraire, qu'ils inciteraient à la comparaison sociale et dégraderaient la motivation intrinsèque des élèves.

Ces variations observées permettent de comprendre, d'une part, qu'un élément de jeu ne peut être réduit à sa forme graphique (Simondon, 1959), puisqu'il revêt un fond qui consiste en une dynamique motivationnelle particulière ; et d'autre part, qu'il a la capacité de satisfaire certains besoins psychologiques, qui sont liés aux caractéristiques individuelles des élèves. C'est une des raisons pour lesquelles les recherches actuelles proposent d'envisager la *gamification* comme « située » pour prendre en compte les caractéristiques de l'élève et l'environnement d'apprentissage (Vassileva, 2012). Ainsi, le rapport au jeu de l'élève (Koivisto, 2017; Monterrat, 2015; Nacke & Deterding, 2017), qui se traduit par un profil de joueur particulier (Landers, Armstrong, 2017 ; Marczewski, 2015 ; Monterrat, 2015 ; Nacke et al., 2014), et son rapport à l'objet de savoir qui se traduit par un niveau de motivation initiale (Roosta et al., 2016 ; Lavoué et al., 2018), semblent être pertinents pour proposer un élément de jeu adapté à l'élève.

Cependant, le comportement motivé ne peut être envisagé dans la seule relation élève-EIAH. En effet, dans le cadre d'un apprentissage médié et médiatisé par un EIAH gamifié, un rapport quadratique entre l'enseignant-l'objet de savoir-l'EIAH-l'élève est à envisager. La façon dont l'enseignant structure son enseignement, s'implique et crée les conditions favorisant l'autonomie de ses élèves (Reeve, 2009 ; Sarrazin et al., 2006), et qui définit son style motivationnel, semble déterminante pour favoriser le comportement motivé des élèves (Benita et al., Careau et Fournier, 2002 ; Ciani et al., 2011 ; Gillet et al., 2012 ; Vansteenkiste et al., 2010 ; Viau, 2009). La perception d'autonomie par les élèves favoriserait leurs comportements motivés (Chirkov & Ryan, 2001).

L'approche écologique a semblé pertinente pour étudier l'ensemble des interrelations (Bateson, 1936) qui se jouent au sein de ce couplage structurel (Guérin, 2012) enseignant–objet de savoir–EIAH–élève. Elle permet de comprendre comment l'enseignant et l'élève s'adaptent dynamiquement à leur environnement au cours de l'activité, en le reconfigurant (Lévy, 1987 ; Pogent et al., 2019 ; Wittgenstein, 1922). L'ensemble des résultats, obtenu à partir d'une triangulation des données, montre la complémentarité d'une méthodologie qualitative (entretien d'explication d'une action, observation non participante descriptive et narrative) et d'une méthodologie quantitative (échelle de la motivation et questionnaire Hexad).

Les résultats soulignent la pertinence de la co-conception de l'EIAH LudiMoodle avec des enseignants. En effet, le fait d'incorporer des invariants socioculturels (Gibson, 1979 ; Morgagni, 2011 ; Niveleau, 2006 ; Simonian, 2019a, 2019b) issus de normes, d'expériences et d'une culture commune (Simonian, 2019b, 2020), favorise leur découverte d'affordances épistémiques et pragmatiques communes pendant l'activité (Philippette & Fastrez, 2013). D'autres affordances plus spécifiques, davantage liées à leurs pratiques et expériences (Garrett, 2002; Hassenzahl, 2010; Norman, 1988, 2013) ont été perçues en cours d'utilisation. La variabilité de ces découvertes peut s'interpréter par des contextes différents et, donc, par une adaptation différente à leur écosystème-classe (Doyle, 1986).

Ces variations semblent expliquer en partie les différences de style motivationnel observées entre enseignants – qui se manifestent par une autonomie laissée aux élèves plus ou moins grande, une organisation particulière de l'espace classe et des buts spécifiques (Reeve, 2009; Roth et al., 2007; Viau, 2009) – et *in fine*, les différences de comportements motivés entre élèves en termes de persévérance et performance (mais non en termes de motivation). Dit autrement, lorsqu'un enseignant perçoit des affordances épistémiques et pragmatiques permettant de créer les conditions d'une mise en autonomie de ses élèves, il favorise leur persévérance et performances. En effet, la triangulation de nos données tend à montrer que la *gamification*, lorsqu'elle est adaptée au niveau de motivation initiale de l'élève et à son profil de joueur, motive davantage les élèves les plus démotivés ou amotivés (Lavoué et al., 2018) mais n'est pas suffisante pour engager l'élève dans l'activité demandée. Il faut aussi que l'enseignant adopte un style « autonomisant » (Jézégou, 2013) ou encore « non contrôlant ».

Ces résultats ouvrent plusieurs perspectives de recherche. La première concerne la vérification qu'une *gamification* adaptée au profil de l'élève, qui se définit par son rapport à

l'objet de savoir (motivation initiale) mais aussi par son rapport au jeu (profil de joueur), favorise davantage les comportements motivés qu'une *gamification* générique. Il s'agirait également de tester la pertinence d'une adaptation dynamique afin de tenir compte de la fluctuation de la motivation au cours de l'activité (Lazzaro, 2004). Une seconde perspective de recherche serait d'étudier les variations de motivation suivant l'appartenance socioéconomique de l'élève. En effet, les résultats semblent indiquer un rapport à l'objet de savoir mais également au jeu différent suivant le sexe ou la zone de collège d'appartenance.

Enfin, il a été vu que les variations de style motivationnel pouvaient s'interpréter comme une perception et une interprétation différente des invariants présents dans l'environnement d'apprentissage, conduisant à la perception d'affordances motivationnelles différentes. Or, les résultats montrent que le style motivationnel n'influe que sur la persévérance et les performances. Il serait donc judicieux de s'intéresser aux affordances motivationnelles (Deterding, 2011 ; Zhang, 2008) perçues par les élèves pour voir si elles rejoignent celles des enseignants, ou si elles évoluent sur un autre plan, ce qui signifierait que l'EIAH ne répond que partiellement à l'objectif initial de motiver.

Plus généralement, cette recherche montre qu'une approche écologique nécessite des analyses dynamiques à des micro-échelles sans considérer l'élève comme un individu technique qui, à coup sûr, lorsqu'il utiliserait un outil bien conçu, serait davantage motivé, performant et persévérant. Considérer l'humain comme un être biopsychosocial (Linard, 1989), c'est aussi accepter et comprendre les différences pour personnaliser les apprentissages. Il est de même pour la motivation. Tout environnement qui imposerait un usage à l'enseignant ou aux élèves finirait par nuire à la qualité de perception sémiotique, leur permettant de comprendre leur environnement, d'agir, de s'engager dans une dynamique interrelationnelle.

La multiplicité des affordances, autres que celles implémentées, montrent – certes des différences – mais aussi une certaine homogénéité puisqu'elles sont partagées par certains enseignants. La liberté d'agir dans un environnement est d'ailleurs au fondement de l'affordance comme théorie du développement (Gibson, 1979, Niveleau, 2006 ; Norman, 1988 ; Morgagni, 2011 ; Simonian 2019a, 2019b). Or pour agir, la connaissance sur l'environnement est essentielle (et non la connaissance de l'environnement). De ce point de vue, il semble pertinent de développer les connaissances des enseignants sur les processus d'autodétermination pour, d'une part, favoriser un style motivationnel « non contrôlant » ; et,

d'autre part, permettre d'agir sur la motivation des élèves au cours de l'activité, puisque la motivation est elle-même dynamique. Il en est de même pour les élèves qui pourraient choisir, au cours de l'activité, différents profils de joueurs, montrant ainsi à l'enseignant leur profil motivationnel.

Ainsi tout EIAH apparaît comme un médiateur de l'environnement socioculturel plus large dans lequel il s'inscrit, impliquant des rapports communs et différents à cet environnement. L'élève, l'EIAH et l'enseignant ne peuvent être dissociés, ce qui questionne toute volonté politique de concevoir des environnements numériques génériques où les élèves apprendraient seuls, comme si les humains étaient des individus techniques, et l'autonomie un processus générique pouvant être implémenté.

Bibliographie

- Ach, N. (1910). *Über den Willensakt und das Temperament: Eine experimentelle Untersuchung*. Ann Arbor: University of Michigan Library.
- Akrich, M. (1989). La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques. *Anthropologie et Sociétés*, 13(2), p. 31-54.
- Akrich, M. (1993). Les objets techniques et leurs utilisateurs : De la conception à l'action. In Conein, B., Dodier, N., & Thévenot, L. (Eds.), *Les objets dans l'action : De la maison au laboratoire*. Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales. doi :10.4000/books.editionsehess.9879
- Akrich, M. (2006). Les utilisateurs, acteurs de l'innovation. *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs*, 253–265.
- Albero, B., & Brassac, C. (2013). Une approche praxéologique de la connaissance dans le domaine de la formation. Éléments pour un cadre théorique. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 184, 105–119.
- Amabile, T. M. (1985). Motivation and creativity: Effects of motivational orientation on creative writers. *Journal of personality and social psychology*, 48(2), 393-399. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.48.2.393>
- Amabile, T. M. (1996). *Creativity in Context*. Boulder, CO: Westview Press.
- Amabile, T. M., DeJong, W., & Lepper, M. R. (1976). *Effects of Externally-Imposed Deadlines on Subsequent Intrinsic Motivation*. 34(1), 92-98. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.34.1.92>
- Amabile, T. M. (1983). *Motivation and Creativity: Effects of Motivational Orientation on Creative Writers*. <https://eric.ed.gov/?id=ED240445>
- Amadieu, F., & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique : Mythes et réalités*. Retz.
- Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of educational psychology*, 84(3), 261. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.3.261>
- Angyal, A. (1941). *Foundations for a science of personality*. Commonwealth Fund.
- Audran, J. (2010). *Dispositifs et situations: Contribution à l'étude anthropologique et communicationnelle des environnements d'apprentissage en ligne dans l'Enseignement supérieur*. [Habilitation à diriger des recherches, Université Paris Descartes]. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01345875>
- Bagley, K. S. (2012). *Conceptual mile markers to improve time-to-value for exploratory search sessions* (Doctoral Dissertation), University of Massachusetts, Lowell.
- Balas-Chanel, A. (2002). L'Entretien d'explicitation. Accompagner l'apprenant vers la métacognition explicite. *Recherches & éducations*, 1, Article 1. <https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.4000/rechercheseducations.159>
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1-26. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1>

- Bandura, A., Adams, N. E., & Beyer, J. (1977). Cognitive processes mediating behavioral change. *Journal of personality and social psychology*, 35(3), 125.
- Barata, G., Gama, S., Jorge, J., & Gonçalves, D. (2016). Studying student differentiation in gamified education : A long-term study. *Computers in Human Behavior*. 71, pp 550-585, <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.049>
- Baron, G.-L., & Bruillard, É. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation*. Paris: Presses universitaires de France.
- Barrère, A., Martuccelli, D. (2009). *Le roman comme laboratoire. De la connaissance littéraire à l'imagination sociologique*. Lille: Presses universitaires du Septentrion.
- Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades : Players who suit MUDs. *Journal of MUD research*, 1(1), 19.
- Bateson, G. N. (1936). *A survey of the problems suggested by a composite picture of the culture of a New Guinea tribe drawn from three points of view*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bateson, G. N. (1972). *Steps to an Ecology of Mind : Collected essays in anthropology. Psychiatry, Evolution, and Epistemology*. Chicago: University of Chicago Press
- Baumeister, R., & Leary, M. (1995). The need to belong : Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological bulletin*, 117(3), 497-529.
- Ben Youssef, A., & Rallet, A. (2009). *Usage des TIC dans l'enseignement supérieur*. HAL. <http://econpapers.repec.org/RePEc:hal:journl:halshs-00937250>
- Benita, M., Shane, N., Elgali, O., & Roth, G. (2017). The important role of the context in which achievement goals are adopted : An experimental test. *Motivation and Emotion*, 41(2), 180-195. <https://doi.org/10.1007/s11031-016-9600-8>
- Benware, C., & Deci, E. (1984). Quality of Learning with an Active versus Passive Motivational Set. *American Educational Research Journal*, 21(4), 755-765.
- Bergeron-Boucher, J. (2016). *Identification des motivations pour le jeu vidéo : Revue des typologies des joueurs* [Université Laval]. <http://www.theses.ulaval.ca/2016/32687/>
- Bergson, H. (1888). *Essai sur les données immédiates de la conscience*. Paris : Presses universitaires de France.
- Berlyne, D. E. (1971). *Aesthetics and psychobiology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Bernstein, N. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford, New York: Pergamon Press.
- Black, A., & Deci, E. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry : A self-determination theory perspective. *Science education*, 84(6), 740-756.
- Blais, M., Sabourin, S., Boucher, C., & Vallerand, R. (1990). Toward a motivational model of couple happiness. *Journal of personality and Social Psychology*, 59(5), 1021.
- Blanchard, C., Pelletier, L., Otis, N., & Sharp, E. (2004). Rôle de l'autodétermination et des aptitudes scolaires dans la prédiction des absences scolaires et l'intention de décrocher. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(1), 105-123.
- Blanchard-Laville, C. (1981). Les dimensions affectives de l'apprentissage des statistiques. *Éducation permanente*, 61, 41-62.

- Blanton, H., Christie, C., & Dye, M. (2002). Social identity versus reference frame comparisons : The moderating role of stereotype endorsement. *Journal of experimental social psychology*, 38(3), 253–267.
- Boekaerts, M. (2001). Context sensitivity : Activated motivational beliefs, current concerns and emotional arousal. In S. Volet & S. Järvelä (Eds.), *Advances in learning and instruction series. Motivation in learning contexts: Theoretical advances and methodological implications*. Pergamon Press, 17-32.
- Boggiano, A., & Ruble, D. (1979). Competence and the overjustification effect : A developmental study. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37(9), 1462-1468.
- Bonenfant, M., & Genvo, S. (2014). Une approche située et critique du concept de gamification. *Sciences du jeu*, 2, 1-9. <https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.4000/sdj.286>
- Bouffard, T., Mariné, C., & Chouinard, R. (2004). Interdépendance des caractéristiques individuelles et contextuelles dans la motivation à apprendre. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(1), 3–8.
- Bourdin, S., & Bouillon, J.-L. (2005). La réduction de la «fracture numérique» aux prises avec le pilotage d'un projet : Les TICE entre rationalisation économique et rationalisation pédagogique. *Colloque organisé par L'Institut Supérieur de la Documentation (ISD) "L'information numérique et les enjeux de la société de l'information" Université La Manouba, Tunis 14-16 avril 2005*.
- Bouvier, P., Lavoué, E., & Sehaba, K. (2014). Defining engagement and characterizing engaged-behaviors in digital gaming. *Simulation & Gaming*, 45(4-5), 491–507.
- Bowlby, J. (1958). « The nature of the child's tie to his mother », *International Journal of Psycho-Analysis*, 39, 350-373.
- Bril, B. (2002). Apprentissage et contexte. *Intellectica*, 35(2), 251-268. <https://doi.org/10.3406/intel.2002.1669>
- Bronfenbrenner, U. (1979). *The ecology of human development*. Cambridge, Massachusetts, and London, England : Harvard university press.
- Brophy, J. (1987). Socializing students' motivation to learn. *Advances in motivation and achievement*, 5, 181–210.
- Brogère, G., Ammouche, S., Berry, V., Blanchet, A., Labelle, S., Leveneur, F., Seurrat, A., & Siety, E. (2015). *Penser le jeu. Les industries culturelles face au jeu*. Paris: Nouveau Monde.
- Brousseau, G., & Balacheff, N. (1998). *Théorie des situations didactiques : Didactique des mathématiques 1970-1990*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Brunet, J., Gunnell, K. E., Gaudreau, P., & Sabiston, C. M. (2015). An integrative analytical framework for understanding the effects of autonomous and controlled motivation. *Personality and Individual Differences*, 84, 2–15.
- Buchs, C., Lehraus, K., & Crahay, M. (2012). Coopération et apprentissage. *L'école peut-elle être juste et efficace*, 421–454.
- Butlen, D., Charles-Pezard, M., Masselot, P., & Sayac, N. (2007). De l'analyse de pratiques à des scénarios de formation : Accompagnement en mathématiques de professeurs des écoles nouvellement nommés dans des écoles de milieux défavorisés (ZEP/REP). *Rapport de recherche (volume1), cahier de didirem*, 56.

- Caillois, R. (1958). *Les jeux et les hommes : Le masque et le vertige*. Paris : Gallimard.
- Callon, M. (1986). Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles St Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'Année sociologique*, 86, p. 169-208.
- Capéraà, P., & Van Cutsem, B. (1988). *Méthodes et modèles en statistique non paramétrique : Exposé fondamental* (Vol. 1). Québec: Presses Université Laval.
- Careau, L., & Fournier, A. L. (2002). Disposition à l'étude. *La motivation*. Québec: Presses Université Laval
- Chambat, P. (1994). Usages des technologies de l'information et de la communication (TIC) : Évolution des problématiques. *Technologies de l'information et société*, 6(3), 249–270.
- Chandler, C., & Connell, J. (1987). Children's intrinsic, extrinsic and internalized motivation : A developmental study of children's reasons for liked and disliked behaviours. *British Journal of Developmental Psychology*, 5(4), 357–365.
- Chemolli, E., & Gagné, M. (2014). Evidence against the continuum structure underlying motivation measures derived from self-determination theory. *Psychologie assessment*, 26(2), 575-585.
- Cheong, C., Cheong, F., & Filippou, J. (2013). Quick Quiz : A Gamified Approach for Enhancing Learning. In Proceedings of the 17th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS 2013), Jeju Island, Korea. Paper 206
- Chirkov, V. I., & Ryan, R. M. (2001). Parent and teacher autonomy-support in Russian and US adolescents : Common effects on well-being and academic motivation. *Journal of cross-cultural psychology*, 32(5), 618–635.
- Chouinard, R., Bergeron, J., Vezeau, C., & Janosz, M. (2010). Motivation et adaptation psychosociale des élèves du secondaire selon la localisation socioéconomique de leur école. *Revue des sciences de l'éducation*, 36(2), 321–342.
- Ciani, K. D., Sheldon, K. M., Hilpert, J. C., & Easter, M. A. (2011). Antecedents and trajectories of achievement goals : A self-determination theory perspective. *British Journal of Educational Psychology*, 81(2), 223–243.
- Ciccone, A. (2012). La pratique de l'observation. *Contraste*, 36(1), 55-77. <https://doi.org/10.3917/cont.036.0055>
- Clifton, R. A., Perry, R. P., Roberts, L. W., & Peter, T. (2008). Gender, psychosocial dispositions, and the academic achievement of college students. *Research in Higher Education*, 49(8), 684–703.
- Clot, Y. (2014). *Travail et pouvoir d'agir*. Paris: Presses universitaires de France.
- Condry, J. (1987). Enhancing motivation : A social developmental perspective. *Advances in motivation and achievement: Enhancing motivation*, 5, 23–49.
- Corbett, J. (1988). Famine and household coping strategies. *World development*, 16(9), 1099–1112.
- Cosentino, E. (2019). Artifacts and affordances. *Synthese*. 196(6), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11229-019-02297-4>
- Cosnefroy, L. (2010). Se mettre au travail et y rester : Les tourments de l'autorégulation. *Revue française de pédagogie*, 170, 5-15.

- Croutsche, J.-J. (2002). Étude des relations de causalité : Utilisation des modèles d'équations structurelles (approche méthodologique). *La Revue des Sciences de Gestion: Direction et Gestion*, 198, 81-97.
- Cruz, C., Hanus, M. D., & Fox, J. (2017). The need to achieve : Players' perceptions and uses of extrinsic meta-game reward systems for video game consoles. *Computers in Human Behavior*, 71, 516–524.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow. The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper Perennial Modern Classics.
- Damon, W., & Lerner, R. M. (2006). *Handbook of Child Psychology, Theoretical Models of Human Development*. Vol. 1. Manhattan: John Wiley & Sons Inc.
- Daoust, H., Vallerand, R. J., & Blais, M. R. (1988). Motivation and education : A look at some important consequences. *Canadian Psychology*, 29(2a), 172 (abstract).
- Darwin, C. (1859). *The origin of species*. London: John Murray.
- De Bilde, J., Vansteenkiste, M., & Lens, W. (2011). Understanding the association between future time perspective and self-regulated learning through the lens of self-determination theory. *Learning and Instruction*, 21(3), 332–344. <https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.1016/j.learninstruc.2010.03.002>
- De Charms, R. (1968). *Personal causation : The internal affective determinants of behavior*. New York: Academic Press.
- Deci, E. (1971). Effects of externally mediated rewards on intrinsic motivation. *Journal of personality and Social Psychology*, 18(1), 105-115. <http://psycnet.apa.org/journals/psp/18/1/105/>
- Deci, E. (1972). The effects of contingent and noncontingent rewards and controls on intrinsic motivation. *Organizational behavior and human performance*, 8(2), 217–229. [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(72\)90047-5](https://doi.org/10.1016/0030-5073(72)90047-5)
- Deci, E. (1975). *Intrinsic motivation*. New York: London.
- Deci, E., Betley, G., Kahle, J., Abrams, L., & Porac, J. (1981). When trying to win : Competition and intrinsic motivation. *Personality and social psychology bulletin*, 7(1), 79–83. <https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.1177/014616728171012>
- Deci, E., & Cascio, W. F. (1972). *Changes in Intrinsic Motivation as a Function of Negative Feedback and Threats. Eastern Psychological Association Meeting*. Boston, Massachusetts.
- Deci, E., Koestner, R., & Ryan, R. (2001). Extrinsic Rewards and Intrinsic Motivation in Education : Reconsidered Once Again. *Review of Educational Research*, 71(1), 1-27. <https://doi.org/10.3102/00346543071001001>
- Deci, E., & Ryan, R. (1985a). The general causality orientations scale : Self-determination in personality. *Journal of research in personality*, 19(2), 109–134. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0092656685900236>
- Deci, E., & Ryan, R. (1985b). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York and London: Plenum Press.
- Deci, E., & Ryan, R. (2000). The " what" and " why" of goal pursuits : Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological inquiry*, 11(4), 227–268.

- Deci, E., Vallerand, R., Pelletier, L., & Ryan, R. (1991). Motivation and education : The self-determination perspective. *Educational psychologist*, 26(3-4), 325–346. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00461520.1991.9653137>
- Deforge, Y. (1991). « Enseignements techniques, enseignements professionnels, enseignements technologiques » In Perrin J.(dir.), *Construire une science des techniques*. Limonest, L'interdisciplinaire.
- Denny, P. (2013). The effect of virtual achievements on student engagement. *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, 763–772.
- Depover, C., & Strebelle, A. (1997). *Un modèle et une stratégie d'intervention en matière d'introduction des TIC dans le processus éducatif*. IRDP. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000821/>
- Déro, M., & Heutte, J. (2008). Impact des TIC sur les conditions de travail dans un établissement d'enseignement supérieur : Auto-efficacité, flow et satisfaction au travail. M. Sidir, E. Bruillard, GL. Baron (Dir.). *Actes des 2e Journées Communication et apprentissage instrumenté en réseau (JOCAIR'2008), Amiens (France), 27-29 Août 2008*, 192–205.
- Deterding, S. (2011). Situated motivational affordances of game elements : A conceptual model. In *Gamification: Using game design elements in non-gaming contexts, a workshop at CHI*. (Vol. 10, No. 1979742.1979575).
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness : Defining gamification. *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, 9–15.
- Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., de-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J.-J. (2013). Gamifying learning experiences : Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63, 380-392. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>
- Doyle, W. (1986). Paradigmes de recherche sur l'efficacité des enseignants. *L'art et la science de l'enseignement*, 435–481.
- Dubet, F., Martuccelli, D. (1996). Théories de la socialisation et définitions sociologiques de l'école. *Revue française de sociologie*, 511-535.
- Dweck, C. (1985). Intrinsic motivation, perceived control, and self-evaluation maintenance : An achievement goal analysis. *Research on motivation in education: The classroom milieu*, 2, 289–305.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109–132.
- Ehrlich, S., & Florin, A. (1989). Ne pas décourager l'élève : Etude sur l'échec de fonctionnement des enfants en classe. *Revue française de pédagogie*, 86(1), 35-48. <https://doi.org/10.3406/rfp.1989.1426>
- Eisenberger, R., & Cameron, J. (1996). Detrimental effects of reward : Reality or myth? *American psychologist*, 51(11), 1153-1166. <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1996-06440-007>
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding : An activity-theoretical approach to development research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.

- Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133-156. <https://doi.org/10.1080/13639080020028747>
- Festinger, L. (1954). A theory of social comparison processes. *Human relations*, 7(2), 117-140.
- Fisher, C. (1978). The effects of personal control, competence, and extrinsic reward systems on intrinsic motivation. *Organizational Behavior and Human Performance*, 21(3), 273-288. [https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.1016/0030-5073\(78\)90054-5](https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.1016/0030-5073(78)90054-5)
- Fitz-Walter, Z., Tjondronegoro, D., & Wyeth, P. (2011). Orientation passport: Using gamification to engage university students. *Proceedings of the 23rd Australian computer-human interaction conference*, 122-125.
- Fogg, B. (2009). A behavior model for persuasive design. In *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology (Persuasive '09)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 40, 1-7, <https://doi.org/10.1145/1541948.1541999>
- Galand, B., Philippot, P., & Frenay, M. (2006). Structure de buts, relations enseignants-élèves et adaptation scolaire des élèves: Une analyse multi-niveaux. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 2(155), 57-72.
- Garon-CARRIER, G., Boivin, M., Guay, F., & Kovas, Y. (2016). Intrinsic Motivation and Achievement in Mathematics in Elementary School: A Longitudinal Investigation of Their Association. *Child Development*, 87(1), 75-165. <https://doi.org/10.1111/cdev.12458>
- Gasparini, A., & Culén, A. (2013). *The iPad in a Classroom: A Cool Personal Item or Simply an Educational Tool?*, 204-209.
- Gaver, W. (1991). Technology affordances. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 79-84.
- Gentry, M., Gable, R., & Rizza, M. (2002). Students' perceptions of classroom activities: Are there grade-level and gender differences? *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 539-544.
- Gibson, J. (1979). *The ecological approach to human perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gillet, N., Vallerand, R. J., & Lafrenière, M.-A. K. (2012). Intrinsic and extrinsic school motivation as a function of age: The mediating role of autonomy support. *Social Psychology of Education*, 15(1), 77-95. <https://doi.org/10.1007/s11218-011-9170-2>
- Göbel, S., Hardy, S., Wendel, V., Mehm, F., & Steinmetz, R. (2010). Serious games for health: Personalized exergames. *Proceedings of the 18th ACM international conference on Multimedia*, 1663-1666.
- Gregory, R. L. (1973). *Eye and brain: The psychology of seeing*. Oxford: Oxford university press.
- Grolnick, W., & Ryan, R. (1987). Autonomy in children's learning: An experimental and individual difference investigation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 52(5), 890-898. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.52.5.890>
- Grolnick, W., & Ryan, R. (1989). Parent styles associated with children's self-regulation and competence in school. *Journal of educational psychology*, 81(2), 143-154.

- Grolnick, W., Ryan, R., & Deci, E. (1991). Inner resources for school achievement : Motivational mediators of children's perceptions of their parents. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 508-517. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.83.4.508>
- Grolnick, W. S., & Ryan, R. M. (1987). Autonomy in children's learning : An experimental and individual difference investigation. *Journal of personality and social psychology*, 52(5), 890-898.
- Guay, F., Mageau, G., & Vallerand, R. (2003). On the hierarchical structure of self-determined motivation : A test of top-down, bottom-up, reciprocal, and horizontal effects. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 29(8), 992–1004.
- Guay, F., Vallerand, R. J., & Blanchard, C. (2000). On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation : The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and emotion*, 24(3), 175–213.
- Guérin, J. (2012). *Activité collective et apprentissage : De l'ergonomie à l'écologie des situations de formations*. Paris: Editions L'Harmattan.
- Habermas, J. (1968). Technik und Wissenschaft als "Ideologie"? *Man and World*, 1(4), 483–523.
- Hakulinen, L., Auvinen, T., & Korhonen, A. (2013). Empirical Study on the Effect of Achievement Badges in TRAKLA2 Online Learning Environment. *Proceedings of the 2013 Learning and Teaching in Computing and Engineering*, 47–54. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2013.34>
- Hallifax, S., Lavoué, E., Marty, J.-C., & Serna, A. (2018). DMsAG, une classification structurée pour la ludification adaptative. *7ème rencontre jeunes chercheurs en EIAH*. RJC EIAH 2018, Besançon.
- Hallifax, S., Serna, A., Marty, J.-C., & Lavoué, E. (2018). *A Design Space For Meaningful Structural Gamification*. pp. LBW073. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01741154>
- Hallifax, S., Serna, A., Marty, J.-C., & Lavoué, É. (2019). Adaptive gamification in education : A literature review of current trends and developments. *European Conference on Technology Enhanced Learning*, 294–307.
- Hallifax, S., Serna, A., Marty, J.-C., Lavoué, G., & Lavoué, E. (2019). Factors to Consider for Tailored Gamification. *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, 559–572.
- Hamari, J. (2017). Do badges increase user activity? A field experiment on the effects of gamification. *Computers in human behavior*, 71, 469–478.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? – A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. *Proceedings of the 2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hamon, D., & Villemonteix, F. (2015). Le rapport des élèves et des enseignants aux tablettes numériques à l'école primaire : Vers une évolution de la forme scolaire ? *Distances et médiations des savoirs. Distance and Mediation of Knowledge*, 3(11), 1-22. <https://doi.org/10.4000/dms.1143>
- Hanus, M. D., & Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom : A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, 80, 152–161.

- Harackiewicz, J. M., Manderlink, G., & Sansone, C. (1984). Rewarding pinball wizardry : Effects of evaluation and cue value on intrinsic interest. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47(2), 287-300.
- Harlow, H. (1958). The nature of love. *American psychologist*, 13(12), 673-685. <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1960-02805-001>
- Harter, S. (1981). A new self-report scale of intrinsic versus extrinsic orientation in the classroom : Motivational and informational components. *Developmental Psychology*, 17(3), 300-312. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.17.3.300>
- Haywood, C., & Burke, W. (1977). Development of Individual Differences in Intrinsic Motivation. In Užgiris I.Č., Weizmann F. (eds) *The Structuring of Experience*. Springer, Boston, MA, pp. 235-263. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-8786-6_9
- Heidegger, M. (1927). *Being and Time*. Translated by John Macquarrie and Edward Robinson. Oxford and Cambridge: Blackwell.
- Heider, F. (2013). *The psychology of interpersonal relations*. New York: Psychology Press.
- Henriot, J. (1989). *Sous couleur de jouer : La métaphore ludique*. Paris: José Corti Editions.
- Heutte, J. (2017). Apports de la théorie de l'autotélisme-flow à la recherche fondamentale en sciences de l'éducation. *Le Journal des psychologues*, (4), 42-47.
- Higgins, S., Xiao, Z., & Katsipataki, M. (2012). The impact of digital technology on learning : A summary for the education endowment foundation. Durham: Education Endowment Foundation and Durham University.
- Huizinga, J. (2011). *Homo ludens : Essai sur la fonction sociale du jeu* (C. Seresia, Trad.). Paris: Gallimard.
- Hull, C. L. (1943). *Principles of behavior : An introduction to behavior theory*. New York: Appleton-Century-Crofts Inc
- Huotari, K., & Hamari, J. (2017). A definition for gamification : Anchoring gamification in the service marketing literature. *Electronic Markets*, 27(1), 21-31. <https://doi.org/10.1007/s12525-015-0212-z>
- Huotari, K., & Hamari, J. (2012). Defining gamification : A service marketing perspective. *Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference*, 17–22.
- Hurlock, E. B. (1925). An evaluation of certain incentives used in school work. *Journal of Educational Psychology*, 16(3), 145-159.
- Hurtig, M. C., Kail, M., & Rouch, H. (2002). *Sexe et genre. De la hiérarchie entre les sexes [Sex and Gender. On hierarchy between genders]*. Paris: CNRS.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge: The MIT press.
- Inghilleri, P. (1999). *From subjective experience to cultural change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Inzlicht, M., & Ben-Zeev, T. (2000). A Threatening Intellectual Environment : Why Females Are Susceptible to Experiencing Problem-Solving Deficits in the Presence of Males. *Psychological Science*, 11(5), 365-371.
- Jaguš, T., Botički, I., & So, H.-J. (2018). Examining competitive, collaborative and adaptive gamification in young learners' math learning. *Computers & Education*, 125, 444–457.
- James, W. (1890). *Principles of psychology* (Vol. 2). New York : Holt.

- Jézégou, A. (2010). *Le dispositif GEODE pour évaluer l'ouverture d'un environnement éducatif*. 24(2), 83-108.
- Jézégou, A. (2013). *The influence of the openness of an e-learning situation on adult learners' self-regulation*. <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00861586>
- Jouët, J. (1992). *Pratiques de communication et changement social, document d'Habilitation à Diriger des Recherches*, Université de Grenoble III, 224 p.
- Kagan, J. (1972). Motives and development. *Journal of personality and social psychology*, 22(1), 51-66. <https://doi.org/10.1037/h0032356>
- Kaplan, J., De Montalembert, M., Laurent, P., & Fenouillet, F. (2017). ERICA– an instrument to measure individual and collective regulation of learning. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 67(2), 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2017.01.001>
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction : Game-based methods and strategies for training and education*. Manhattan: John Wiley & Sons.
- Kapp, K. M. (2013). *The gamification of learning and instruction fieldbook : Ideas into practice*. Manhattan: John Wiley & Sons.
- Karsenti, T. (2003). Favoriser la motivation et la réussite en contexte scolaire : Les TIC feront-elles mouche. *Vie pédagogique*, 127, 27–32.
- Karsenti, T., & Fiévez, 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*. http://karsenti.ca/ipad/rapport_iPad_Karsenti-Fievez_FR.pdf
- Karsenti, T., & Fiévez, A. (2014). *L'iPad à l'école : De l'adoption à l'innovation: les vertus pédagogiques de l'iPad, les applications indispensables, les stratégies gagnantes*. Québec: Éditions Grand Duc.
- Karsenti, T., & Larose, F. (2001). *Les Tic... Au Coeur des Pédagogies Universitaires : Diversité des Enjeux pédagogiques et administratifs*. Québec: Presse Universitaire du Québec
- Katz, I. (2017). In the eye of the beholder : Motivational effects of gender differences in perceptions of teachers. *The Journal of Experimental Education*, 85(1), 73–86.
- Katz, I., Assor, A., Kanat-Maymon, Y., & Bereby-Meyer, Y. (2006). Interest as a Motivational Resource : Feedback and Gender Matter, but Interest Makes the Difference. *Social Psychology of Education : An International Journal*, 9(1), 27-42. <https://doi.org/10.1007/s11218-005-2863-7>
- Kickmeier-Rust, M. D., Hillemann, E.-C., & Albert, D. (2014). Gamification and smart feedback : Experiences with a primary school level math app. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 4(3), 35–46.
- Koestner, R., Bernieri, F., & Zuckerman, M. (1992). Self-Regulation and Consistency between Attitudes, Traits, and Behaviors. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 18(1), 52-59. <https://doi.org/10.1177/0146167292181008>
- Koffka, K. (1935). *Principles of « Gestalt » psychology*. New York: Harcourt Brace & Co
- Köhler, W. (1964). *Psychologie de la forme*, 1929. Paris: Gallimard.
- Koivisto, J. (2017). *Gamification : A study on users, benefits and literature*. Tampere: Tampere University Press.

- Koivisto, J., & Hamari, J. (2014). Demographic differences in perceived benefits from gamification. *Computers in Human Behavior*, 35, 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.007>
- Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and instruction*, 15(5), 381-395.
- Kruglanski, A., Friedman, I., & Zeevi, G. (1971). The effects of extrinsic incentive on some qualitative aspects of task performance. *Journal of Personality*, 39(4), 606-617. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-6494.1971.tb00066.x/full>
- Kuhl, J. (1987). Action control : The maintenance of motivational states. In: Halisch F., Kuhl J. (Eds) *Motivation, Intention, and Volition*. Springer. Berlin: Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-70967-8_19
- Lafortune, L. (1992). *Dimension affective en mathématiques : Recherche-action et matériel didactique*. <http://catalogue.cdeacf.ca/record.htm?record=351412417969>
- Lafortune, L., Mongeau, P., Daniel, M.-F., & Pallascio, R. (2002). Anxiété à l'égard des mathématiques : Applications et mise à l'essai d'une approche philosophique. *L'affectivité dans l'apprentissage, Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec*, 49-79.
- Lameul, G., Simonian, S., Eneau, J., & Carraud, F. (2011). Regards croisés de chercheurs praticiens sur le dispositif de formation hybride FORSE : Comment les enseignants transforment-ils leur modèle pédagogique en intervenant en ligne? *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education*, 8(1-2), 81-91.
- Landers, R., Bauer, K., & Callan, R. (2017). Gamification of task performance with leaderboards : A goal setting experiment. *Computers in Human Behavior*, 71, 508-515. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.008>
- Landers, R. N., & Armstrong, M. B. (2017). Enhancing instructional outcomes with gamification : An empirical test of the Technology-Enhanced Training Effectiveness Model. *Computers in human behavior*, 71, 499-507.
- Lantheaume, F., & Simonian, S. (2012). La transformation de la professionnalité des enseignants : Quel rôle du prescrit? *Les Sciences de l'éducation-Pour l'Ère nouvelle*, 45(3), 17-38.
- Latour, B. (2010). *Changer de société. Refaire de la sociologie. "Armillaire"*. Paris: La Découverte.
- Latour, B. (2015). *Face à Gaïa: huit conférences sur le nouveau régime climatique*. La découverte.
- Lavoué, E., Monterrat, B., Desmarais, M., & George, S. (2018). Adaptive gamification for learning environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 16-28.
- Lazzaro, N. (2004). *Why we Play Games : Four Keys to More Emotion without Story*. Oakland: XEO Design, Inc.
- Leahey, E., & Guo, G. (2001). Gender differences in mathematical trajectories. *Social forces*, 80(2), 713-732.
- Leibnitz (1714). *La Monadologie* (adapté par E. Boutroux). Paris: Librairie Charles Delagrave.

- Leonova, T. (2004). L'approche écologique de la cognition sociale et son impact sur la conception des traits de personnalité. *L'Année psychologique*, 104(2), 249-294. <https://doi.org/10.3406/psy.2004.29667>
- Leont'ev, A. N. (1978). Activity, consciousness and personality. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Leplat, J., & Hoc, J.-M. (1983). Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de psychologie cognitive*, 3(1), 49-63.
- Lepper, M., Greene, D., & Nisbett, R. (1973). Undermining children's intrinsic interest with extrinsic reward: A test of the "overjustification" hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28(1), 129. <http://psycnet.apa.org/journals/psp/28/1/129/>
- Leroi-Gourhan, A. (2012). *Milieu et techniques : Évolution et techniques*. Albin Michel.
- Lessel, P., Altmeyer, M., Schmeer, L. V., & Krüger, A. (2019). « Enable or Disable Gamification? » Analyzing the Impact of Choice in a Gamified Image Tagging Task. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-12.
- Lévy, P. (1987). *La Machine Univers: Création, Cognition et Culture Informatique*. Paris: Editions La Découverte.
- Lewin, K. (1936). *Principles of Topological Psychology*. New York: Mcgraw-hill.
- Leyens, J.-P., Yzerbyt, V., & Schadron, G. (1996). *Stéréotypes et cognition sociale* (Vol. 214). Bruxelles: Editions Mardaga.
- Li, Q., & Ma, X. (2010). A Meta-analysis of the Effects of Computer Technology on School Students' Mathematics Learning | SpringerLink. *Educational Psychology Review*, 22(3), 215-243. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9125-8>
- Linard, M. (1990). *Des machines et des hommes. Apprendre avec les nouvelles technologies*. Paris : L'Harmattan.
- Linard, M. (2001). Concevoir des environnements pour apprendre : L'activité humaine, cadre organisateur de l'interactivité technique. *Sciences et Techniques Educatives*, 8(3-4), 211-238.
- Lloyd, J., & Barenblatt, L. (1984). Intrinsic intellectuality: Its relations to social class, intelligence, and achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46(3), 646-654. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.46.3.646>
- Lorenz, E., N. (1995). « Un battement d'ailes de papillon au Brésil peut-il déclencher une tornade au Texas ? », *Alliage*, n° 22, 1995, p. 42-45. Traduction française du texte de la conférence de 1972, publié dans : (en) *The Essence of Chaos*, The Jessie and John Danz Lecture Series, Washington: University of Washington Press.
- Maddi, S. (1970). The search for meaning. *Nebraska symposium on motivation*, 17, 134-183.
- Marache-Francisco, C., & Brangier, E. (2015). Gamification and human-machine interaction : A synthesis. *Le travail humain*, 78(2), 165-189. <https://doi.org/10.3917/th.782.0165>
- Marczewski, A. (2015). *Even Ninja Monkeys like to play*. London: Blurb Inc.
- Marušić, I., & Matić, J. (2017). The role of personality, self-concept and defensive motivation in predicting maths anxiety. In K. Moore & P. Buchwald (Éds.), *Stress and anxiety : Coping and resilience*, p. 95-103. Berlin: Logos Berlin.

- Maturana, H. R., Varela, F. J., & Jullien, F.-C. (1994). *L'arbre de la connaissance*. Paris : Editions Addison-Wesley France.
- McArthur, L., & Baron, R. (1983). Toward an Ecological Theory of Social Perception. *Psychological Review*, 90(3), 215–238. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.90.3.215>
- McClelland, D. (1985). How motives, skills, and values determine what people do. *American Psychologist*, 40(7), 812–825. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.40.7.812>
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken : Why games make us better and how they can change the world*. Londres: Penguin.
- McGraw, K., & McCullers, J. (1979). Evidence of a detrimental effect of extrinsic incentives on breaking a mental set. *Journal of Experimental Social Psychology*, 15(3), 285–294. [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(79\)90039-8](https://doi.org/10.1016/0022-1031(79)90039-8)
- Meece, J. L., Glienke, B. B., & Burg, S. (2006). Gender and motivation. *Journal of school psychology*, 44(5), 351–373.
- Meirieu, P., & Daviet, E. (2014). *Le plaisir d'apprendre*. Paris : Autrement.
- Mekler, E., Brühlmann, F., Tuch, A., & Opwis, K. (2017). Towards Understanding the Effects of Individual Gamification Elements on Intrinsic Motivation and Performance. *Comput. Hum. Behav.*, 71(C), 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.048>
- Merleau-Ponty (1964). *Le visible et l'invisible*. Paris: Editions Gallimard.
- Mims, V., Ryan, R., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation : A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of Personality and Social Psychology*. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.45.4.736>
- Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. (2013). *Refonder l'Université, dynamiser la Recherche, mieux coopérer pour réussir*. <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid66779/le-rapport-le-deaut-117-propositions-en-vue-de-la-future-loi-sur-l-e.s.r..html>
- Miserandino, M. (1996). Children who do well in school : Individual differences in perceived competence and autonomy in above-average children. *Journal of educational psychology*, 88(2), 203.
- Molino J., Lafhail-Molino, R. (2003). *Homo fabulator. Théorie et analyse du récit*. Montréal et Paris: Editions Leméac-Actes Sud.
- Monterrat, B. (2015). *Un système de ludification adaptative d'environnements d'apprentissage fondé sur les profils de joueur des apprenants*. Lyon : INSA de Lyon.
- Monterrat, B., Desmarais, M., Lavoué, E., & George, S. (2015). A Player Model for Adaptive Gamification in Learning Environments. *AIED 2015*, 297-306. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01165497>
- Monterrat, B., Lavoué, E., & George, S. (2017). Adaptation of gaming features for motivating learners. *Simulation & Gaming*, 48(5), 625–656.
- Monterrat, B., Lavoué, E., George, S., & Desmarais, M. (2017). Les effets d'une ludification adaptative sur l'engagement des apprenants. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 24(1). 1764-7223 <https://doi.org/10.23709/sticf.24.1.2>

- Mora, A., Tondello, G. F., Nacke, L. E., & Arnedo-Moreno, J. (2018). Effect of personalized gameful design on student engagement. *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1925–1933.
- Morgagni, S. (2011). Repenser la notion d’affordance dans ses dynamiques sémiotiques. *Intellectica*, 55, 241–267.
- Morie, M. W., & Goore, B. T. (2018). Adaptability of Learning Games Based on Learner Profiles in the Context of Autonomous Training. *International Conference on e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries*, 284–293.
- Morineau, T. (2010). La méthode TMTA d’analyse écologique de la tâche et son application à une tâche praxique. *Le travail humain*, 73(2), 97–122. <https://doi.org/10.3917/th.732.0097>
- Murray, H. A. (1938). *Explorations in personality*. Oxford: Oxford university press
- Nacke, L., Bateman, C., & Mandryk, R. (2014). BrainHex : A neurobiological gamer typology survey. *Entertainment computing*, 5(1), 55–62.
- Nacke, L., & Deterding, S. (2017). Editorial: The maturing of gamification research. *Computers in Human Behaviour*, 10.1016/j.chb.2016.11.062, 450–454. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.062>
- Nagels, M. (2008). Pour un modèle agentique de la compétence. *Séminaire interuniversitaire de recherche sur l’autoformation. SERIA, octobre 2008. La Sorbonne, Paris. Co-organisation CREF, Université Paris X Nanterre, – Équipe Apprenance et formation des adultes, CERLIS, Université Paris René Descartes, Équipe Éducation et vie associative*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00326653>
- Natkin, S., & Yan, C. (2007). Creating Multiplayer Ubiquitous Games Using An Adaptive Narration Model Based on A User’s Model. *DiGRA’07, Conf. of the Digital Games Research Association, Tokyo*, 431-439. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01125318>
- Nicholls, J. (1984). Conceptions of ability and achievement motivation. *Research on motivation in education*, 1, 39–73.
- Nicholls, J. (1989). *The competitive ethos and democratic education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nicholls, J. G., & Maehr, M. L. (1980). Culture and achievement motivation : A second look. In N. Warren (Ed.). *Studies in Cross-Cultural Psychology*, 2, 221-267.
- Nicholson, S. (2012). A user-centered theoretical framework for meaningful gamification. *Games+ Learning+ Society* 8.0, 223–230.
- Nimier, J. (1976). *Mathématique et affectivité : Une explication des échecs et des réussites*. Paris : Stock.
- Niveleau, C.-E. (2006). Le concept gibsonien d’affordance : Entre filiation, rupture et reconstruction conceptuelle. *Intellectica*, 1(43), 159–199. <http://intellectica.org/SiteArchives/archives/n43/pdf/15.Niveleau.pdf>
- Nix, G., Ryan, R., Manly, J., & Deci, E. (1999). Revitalization through self-regulation : The effects of autonomous and controlled motivation on happiness and vitality. *Journal of Experimental Social Psychology*, 35(3), 266–284.
- Norman, D. (1988). *The Psychology of Everyday Things*. New York: Basic Books.

- Norman, D. (2013). *The design of everyday things : Revised and expanded edition*. New York : Basic Books. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.11.062>
- Obin, J.-P., & Marsollier, C. (2007). *Créer une véritable relation pédagogique*. Paris: Hachette éducation.
- OCDE. (2016). *Résultats du PISA 2015 (Volume I) : L'excellence et l'équité dans l'éducation* (Editions OCDE). https://www.oecd-ilibrary.org/fr/education/resultats-du-pisa-2015-volume-i_9789264267534-fr
- OCDE. (2019). *PISA 2018 Results (Volume II) : Where All Students Can Succeed | en | OECD / OCDE*. <http://www.oecd.org/fr/education/pisa-2018-results-volume-ii-b5fd1b8f-en.htm>
- Orosz, G., Farkas, D., & Roland-Lévy, C. (2013). Are competition and extrinsic motivation reliable predictors of academic cheating? *Frontiers in psychology*, 4, article 87. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00087>
- Pacurar, E. (2015). L'appropriation du tableau numérique interactif et du manuel numérique chez des enseignants du second degré : Valeurs ressources et affordances contextuelles. *La Recherche en Education*, 13.
- Pandraud, N. (2013). « Une théorie de l'observation *in situ* », *SociologieS* [En ligne], Premiers textes, mis en ligne le 20 février 2013. <http://journals.openedition.org/bibelec.univ-lyon2.fr/sociologies/4315>
- Paquelin, D. (2007). *Ressources, dispositifs : Processus de co-construction de situations de formation*. Note pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse.
- Pelgrims, G. (2006). *Intention d'apprendre, peur de l'échec et persévérance des élèves en classes spécialisées : Des composantes générales aux dimensions situationnelles de la motivation à apprendre* (Thèse de doctorat). TECFA. Université de Genève.
- Pelletier, L. G., Dion, S., Tuson, K., & Green-Demers, I. (1999). Why Do People Fail to Adopt Environmental Protective Behaviors? Toward a Taxonomy of Environmental Amotivation. *Journal of Applied Social Psychology*, 29(12), 2481-2504. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1999.tb00122.x>
- Peng, W., Lin, J.-H., Pfeiffer, K. A., & Winn, B. (2012). Need satisfaction supportive game features as motivational determinants : An experimental study of a self-determination theory guided exergame. *Media Psychology*, 15(2), 175–196.
- Perriault, J. (1989). *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer*. Paris : Flammarion.
- Petit, O., Basso, F., Huguet, P., Plassmann, H., & Oullier, O. (2011). Apport des « neurosciences de la décision » à l'étude des comportements alimentaires et de l'obésité-Imagerie et cognition (10). *médecine/sciences*, 27(11), 1000–1008.
- Petrovic, C. (2014). Le développement de l'identité sexuée au sein du système de genre. In *L'égalité des filles et des garçons dès la petite enfance* (pp. 29-48). Toulouse: ERES.
- Philippette, T. (2014). Gamification : Rethinking 'Playing the game' with Jacques Henriot. *Rethinking Gamification*, 165–200.
- Philippette, T., & Fastrez, P. (2013). *Les technologies de l'intelligence distribuée : Une étude des affordances épistémiques sociales dans les jeux de rôle en ligne massivement*

- multijoueurs*. Séminaire « Usages du numérique » (Marsouin). <https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:135940>
- Piaget, J. (1947). *La psychologie de l'intelligence*. Paris: Armand Colin.
- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives : Problème central du développement* (Vol. 33). Paris: Presses universitaires de France.
- Pintrich, P., & De Groot, E. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of educational psychology*, 82(1), 33-40. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.1.33>
- Plante, I., Théorêt, M., & Favreau, O. (2010). Les stéréotypes de genre en mathématiques et en langues : Recension critique en regard de la réussite scolaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 36(2), 389–419. <https://doi.org/10.7202/044483ar>
- Pogent, F., Albéro, B., Guérin, J. (2019). Transformations professionnelles et personnelles en situation de formation hybride. Le cas d'une professeure aux prises avec la plateforme M@gistère. *Distance et Médiation des Savoirs*, 26. <https://doi-org.bibelec.univ-lyon2.fr/10.4000/dms.3604>
- Polya, G., & Zugazagoitia, J. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas
- Puentedura, R. (2014). Learning, technology, and the SAMR model : Goals, processes, and practice. Repéré à <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2014/06/29/LearningTechnologySAMRModel.pdf>
- Pupion, G., & Pupion, P.-C. (1998). *Tests non paramétriques : Avec applications à l'économie et à la gestion*. Paris: Gallimard.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin.
- Raessens, J. (2006). Playful Identities, or the Ludification of Culture. *Games and Culture*, 1(1), 52-57. <https://doi.org/10.1177/1555412005281779>
- Ramade, F. (2005). *Eléments d'écologie: Ecologie appliquée*. Sciences Sup. Paris: Dunod.
- Ratelle, C. F., Larose, S., Guay, F., & Senécal, C. (2005). Perceptions of parental involvement and support as predictors of college students' persistence in a science curriculum. *Journal of family psychology*, 19(2), 286-293.
- Reed, E. S. (1988). The affordances of the animate environment : Social science from the ecological point of view. *What is an animal*, 110–126.
- Reeve, J. (1998). Autonomy support as an interpersonal motivating style : Is it teachable? *Contemporary educational psychology*, 23(3), 312–330.
- Reeve, J. (2009). Why teachers adopt a controlling motivating style toward students and how they can become more autonomy supportive. *Educational psychologist*, 44(3), 159–175.
- Reeve, J., Cole, S., & Olson, B. (1986). Adding Excitement to Intrinsic Motivation Research. *Journal of Social Behavior and Personality*, 1(3), 349-363.
- Reeve, J., Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2004). Self-determination theory : A dialectical framework for understanding socio-cultural influences on student motivation. *Big theories revisited*, 4, 31–60.

- Reis, H. T., Sheldon, K. M., Gable, S. L., Roscoe, J., & Ryan, R. M. (2000). Daily well-being : The role of autonomy, competence, and relatedness. *Personality and social psychology bulletin*, 26(4), 419–435.
- Résultats du PISA 2015 (Volume I) | OECD READ édition. *OECD iLibrary*. Consulté 16 février 2018, à l'adresse http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/education/resultats-du-pisa-2015-volume-i_9789264267534-fr
- Reyssier, S. (2016). *L'impact des TICE sur les pratiques enseignantes* (Mémoire de Maîtrise inédit). Université Lyon 2.
- Reyssier, S. (2017). *Rôle des affordances épistémiques et pragmatiques dans l'appropriation d'un artefact numérique* (Mémoire de Master inédit). Université Lyon 2.
- Rigby, S., & Ryan, R. (2011). *Glued to Games : How Video Games Draw Us In and Hold Us Spellbound*. Praeger: Praeger Publishers Inc.
- Roosta, F., Taghiyareh, F., & Mosharraf, M. (2016). Personalization of gamification-elements in an e-learning environment based on learners' motivation. *2016 8th International Symposium on Telecommunications (IST)*, 637–642.
- Rosellini, R. A., & Seligman, M. E. (1975). Frustration and learned helplessness. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1(2), 149-157. <https://doi.org/10.1037/0097-7403.1.2.149>
- Rosenberg, M. (1965). Rosenberg self-esteem scale (RSE). *Acceptance and commitment therapy. Measures package*, 61(52), 18.
- Roth, G., Assor, A., Kanat-Maymon, Y., & Kaplan, H. (2007). Autonomous motivation for teaching : How self-determined teaching may lead to self-determined learning. *Journal of educational psychology*, 99(4), 761-774.
- Ryan, R. (1995). Psychological needs and the facilitation of integrative processes. *Journal of personality*, 63(3), 397–427. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-6494.1995.tb00501.x/full>
- Ryan, R., & Connell, J. (1989). Perceived locus of causality and internalization : Examining reasons for acting in two domains. *Journal of personality and social psychology*, 57(5), 749-761. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.57.5.749>
- Ryan, R., & Deci, E. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68-78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Ryan, R., & Deci, E. (2009). Promoting self-determined school engagement. *Handbook of motivation at school*, 171–195.
- Ryan, R., Deci, E., & Grolnick, W. (1995). Autonomy, relatedness, and the self : Their relation to development and psychopathology. *Ariel*, 128 (151.189), 155.
- Ryan, R., & Grolnick, W. (1986). Origins and pawns in the classroom : Self-report and projective assessments of individual differences in children's perceptions. *Journal of personality and social psychology*, 50(3), 550-558.
- Ryan, R. M., Mims, V., & Koestner, R. (1983). Relation of reward contingency and interpersonal context to intrinsic motivation : A review and test using cognitive evaluation theory. *Journal of personality and Social Psychology*, 45(4), 736-750.

- Ryan, R., Rigby, S., & Przybylski, A. (2006). The motivational pull of video games : A self-determination theory approach. *Motivation and emotion*, 30(4), 344–360.
- Sailer, M., Hense, J., Mandl, H., & Klevers, M. (2014). Psychological Perspectives on Motivation through Gamification. *Interaction Design and Architecture(s)*, 19, 28-37.
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates : An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 69(Supplement C), 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.033>
- Salikutluk, Z., & Heyne, S. (2017). Do Gender Roles and Norms Affect Performance in Maths? The Impact of Adolescents' and their Peers' Gender Conceptions on Maths Grades. *European Sociological Review*, 33(3), 368–381. <https://academic.oup.com/esr/article-abstract/33/3/368/3858045>
- Sarrazin, P., Tessier, D., & Trouilloud, D. (2006). Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe : L'état des recherches. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 157, 147–177.
- Savignac, E., Andonova, Y., Lénéel, P., & Seurrat, A. (2017). *Le travail de la gamification : Enjeux, modalités et rhétoriques de la translation du jeu au travail*. Bruxelles : Peter Lang.
- Schmader, T., Johns, M., & Barquissau, M. (2004). The costs of accepting gender differences : The role of stereotype endorsement in women's experience in the math domain. *Sex Roles, a Journal of Research*, 50(11-12), 835–850. <https://doi.org/10.1023/B:SERS.0000029101.74557.a0>
- Sheldon, K., Ryan, R., & Reis, H. (1996). What Makes for a Good Day? Competence and Autonomy in the Day and in the Person. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 22(12), 1270-1279. <https://doi.org/10.1177/01461672962212007>
- Silva, H. (2013). La « gamification » de la vie : Sous couleur de jouer ? *Sciences du jeu*, 1. <https://doi.org/10.4000/sdj.261>
- Simondon, G. (1958). *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris: Editions Aubier.
- Simonian, S (2014). *L'affordance socioculturelle : une approche éco-anthropocentrée des objets techniques*, Note de synthèse d'HDR, Université Rennes 2.
- Simonian, S. (2019a). Changer de paradigme : Approche écologique et problématique de l'affordance. In *Des humains & des machines : Hommage aux travaux d'une exploratrice* (pp. 431-443). Paris : Editions Raison et Passions.
- Simonian, S. (2019b). L'affordance, pour comprendre le rapport au numérique. *Education permanente*, 219, 61-70.
- Simonian, S. (2020). Approche écologique des environnements instrumentés : Comprendre le phénomène d'affordance socioculturelle. *Savoirs*, 1, 93–108.
- Simonian, S., & Audran, J. (2012). Approche anthropo-écologique du non-usage. Le cas des outils communicationnels des plateformes d'apprentissage en ligne. *Recherches & éducations*, 6, 161–177.
- Simonian, S., Chaker, R., & Kaplan, J. (2019). Affordance en e-formation et régulation de l'apprentissage : Une exploration dans un contexte d'études universitaires. *TransFormations*, 19. <https://transformations.univ-lille.fr/index.php/TF/article/view/247>

- Simonian, S., Quintin, J.-J., & Urbanski, S. (2016). La construction des collectifs dans l'apprentissage collaboratif à distance : L'affordance socioculturelle des objets numériques. *Les Sciences de l'éducation-Pour l'Ère nouvelle*, 49(1), 63–90.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. New York: Macmillan.
- Skinner, E. & Edge, K. (2002). « Parenting, motivation, and the development of children's coping ». In L. J. Crockett (Ed.), *Agency, Motivation, and the Life Course: The Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln: University of Nebraska Press, vol. 48, p. 77-143.
- Souchal, C., & Toczek, M.-C. (2010). Buts de réussite, conceptions de l'intelligence, différences de performances liées à l'appartenance socio-économique des élèves : De nouvelles hypothèses explicatives ? *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, Vol. 43(1), 13-35.
- Soumireu-Mourat, B. (2001). Réseaux de Neurones et mémoire : Rôle de l'hippocampe. *Journal de la Société de Biologie*, 195(4), 351–354.
- Stoet, G., & Geary, D. (2012). *Can stereotype threat explain the gender gap in mathematics performance and achievement? Review of General Psychology*, 16(1), pp. 93-102. doi:[10.1037/a0026617](https://doi.org/10.1037/a0026617)
- Stoffregen, T. A. (2003). Affordances as properties of the animal-environment system. *Ecological psychology*, 15(2), 115–134.
- Suchman, R. (1971). Motivation inherent in the pursuit of meaning : Or the desire to inquire. In Day, H., Berlyne, D., Hunt, D. (dir), *Intrinsic motivation: A new direction in education*, p. 61–72. Toronto: Holt, Rinehart, & Winston.
- Supper, W., Guay, F., Falardeau, É., Karsenti, T., & Pelletier, G. (2019). La fréquence d'utilisation de la tablette numérique à des fins pédagogiques et le rendement scolaire des élèves : Le rôle médiateur de la motivation autodéterminée. *Canadian Journal of Education*, 42(2), 517–552.
- Taylor, S. (1983). Adjustment to threatening events : A theory of cognitive adaptation. *American Psychologist*, 38(11), 1161-1173. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.38.11.1161>
- Tchounikine, P. (2009). *Précis de recherche en ingénierie des EIAH*. hal-00413694v2f
- Thévenot, L., & Boltanski, L. (1991). *De la justification. Les économies de la grandeur*. Paris: Gallimard.
- Tondello, G., Wehbe, R., Diamond, L., Busch, M., Marczewski, A., & Nacke, L. (2016). The gamification user types hexad scale. *Proceedings of the 2016 annual symposium on computer-human interaction in play*, 229–243.
- Tricot, M. (2011). *Philosophie des jeux vidéo*. Paris: Zones.
- Trouche, S., & Dupret, D. (2017). Éclairer le cerveau pour réécrire une représentation mnésique. *médecine/sciences*, 33(3), 349–351.
- Turvey, M. (1992). Affordances and prospective control : An outline of the ontology. *Ecological psychology*, 4(3), 173–187.
- Vallerand, R. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. *Advances in experimental social psychology*, 29, 271–360. [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60019-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60019-2)

- Vallerand, R., & Bissonnette, R. (1988). *Construction et validation de l'échelle de satisfaction dans les études* /. <https://eduq.info/xmlui/handle/11515/25241>
- Vallerand, R., & Blais, M. (1987). Vers une conceptualisation tripartite de la MI: La MI à la connaissance, à l'accomplissement et aux sensations. Manuscrit inédit, Laboratoire de Psychologie Sociale, Université du Québec à Montréal. *Manuscrit inédit, Laboratoire de Psychologie Sociale, Université du Québec à Montréal.*
- Vallerand, R., Blais, M., Brière, N., & Pelletier, L. (1989). Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (EME). *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 21(3), 323-349. <http://psycnet.apa.org/journals/cbs/21/3/323/>
- Vallerand, R., Gauvin, L., & Halliwell, W. (1986). Negative effects of competition on children's intrinsic motivation. *The Journal of Social Psychology*, 126(5), 649–656.
- Vallerand, R. J., Blais, M. R., Brière, N. M., & Pelletier, L. G. (1989). Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (EME). [Construction and validation of the Motivation toward Education Scale.]. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue canadienne des sciences du comportement*, 21(3), 323-349. <https://doi.org/10.1037/h0079855>
- Vallerand, R. J., Fortier, M. S., & Guay, F. (1997). Self-determination and persistence in a real-life setting: Toward a motivational model of high school dropout. *Journal of Personality and Social psychology*, 72(5), 1161-1176.
- Vallerand, R. J., & Reid, G. (1984). On the causal effects of perceived competence on intrinsic motivation: A test of cognitive evaluation theory. *Journal of Sport Psychology*, 6(1), 94–102.
- Vansteenkiste, M., Smeets, S., Soenens, B., Lens, W., Matos, L., & Deci, E. L. (2010). Autonomous and controlled regulation of performance-approach goals: Their relations to perfectionism and educational outcomes. *Motivation and emotion*, 34(4), 333–353.
- Varela, F. J. (1989). *Autonomie et Connaissance; Essai sur le vivant*. Paris: Seuil.
- Vassileva, J. (2012). Motivating participation in social computing applications: A user modeling perspective. *User Modeling and User - Adapted Interaction*, 22(1-2), 177-201. <https://doi.org/10.1007/s11257-011-9109-5>
- Vermersch, P. (1994). *L'entretien d'explicitation. Collection pédagogies*. Paris: ESF.
- Vermersch, P. (2009). *Méthodologie de l'analyse et de l'interprétation des données de verbalisation relatives au vécu*, *Expliciter*, 82, 1-40.
- Viau, R. (1999). *La motivation dans l'apprentissage du français*. Saint-Laurent: Éditions du Renouveau Pédagogique.
- Viau, R. (2000). Des conditions à respecter pour susciter la motivation des élèves. *Correspondance*, 5(3), 2–4.
- Viau, R. (2009). *La motivation en contexte scolaire* (2ème édition). Bruxelles: De Boeck Supérieur.
- Villemonteix, F., Hamon, D., Nogry, S., Séjourné, A., Hubert, B., & Gélis, J.-M. (2015). *Expérience tablettes tactiles à l'école primaire—ExTaTE* [Research Report]. Laboratoire EMA. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01026077>

- Vygotsky, L. S. (1930). *Mind in society : The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, & S. Scribner, Trad.). Cambridge: Harvard University Press.
- Wallon, H. (1941). *L'évolution psychologique de l'enfant*. Paris: Armand Colin.
- Werner, H. (1935). Einführung in Die Entwicklungs psychologie. *Revue Philosophique de la France Et de l'Etranger*, 119(1), 127–130.
- Whitaker Sena, J. D., Lowe, P. A., & Lee, S. W. (2007). Significant predictors of test anxiety among students with and without learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 40(4), 360–376.
- White, R. (1959). Motivation reconsidered : The concept of competence. *Psychological review*, 66(5), 297-333. <http://psycnet.apa.org/journals/rev/66/5/297/>
- Whitton, N. (2011). Game Engagement Theory and Adult Learning. *Simulation & Gaming*, 42(5), 596-609. <https://doi.org/10.1177/1046878110378587>
- Wigfield, A., & Eccles, J. (2000). Expectancy–value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 68–81.
- Williams, G., & Deci, E. (1996). Internalization of biopsychosocial values by medical students : A test of self-determination theory. *Journal of Personality and Social Psychology*, 70(4), 767-779. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.70.4.767>
- Wittezaele, J.-J. (2006). *L'écologie de l'esprit selon Bateson*. *Multitudes*, 24. Repéré à <https://www.multitudes.net/l-ecologie-de-l-esprit-selon2353/>
- Wittgenstein, L. (1922). *Tractatus logico-philosophicus*, tr. Fr. P. Klossowski. Londres: Routledge & Kegan Paul Ltd.
- Wong, K. K.-K. (2019). *Mastering partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) with Smartpls in 38 hours*. Bloomington: iUniverse.
- Woodworth, R. S. (1918). *Dynamic psychology* (Columbia University lectures). New York: Columbia University Press.
- Yildirim, I. G. (2016). *Time Pressure as Video Game Design and Basic Need Satisfaction*. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '16)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2005-2011. <https://doi.org/10.1145/2851581.2892298>
- Zhang, P. (2008). Technical opinion Motivational affordances : Reasons for ICT design and use. *Communications of the ACM*, 51(11), 145–147.
- Zuckerman, M., Porac, J., Lathin, D., & Deci, E. (1978). On the Importance of Self-Determination for Intrinsically-Motivated Behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 4(3), 443-446. <https://doi.org/10.1177/014616727800400317>

Liste des figures

Figure 1: Interprétation libre du modèle des environnements emboîtés de Bronfenbrenner (1979)	16
Figure 2: Vygotsky's model of mediated act (1978).....	19
Figure 3 : The structure of the human activity (Engeström, 1987, p78)	22
Figure 4 : Two interacting activity systems as minimal model for the third generation of activity theory (Engeström, 2001).....	23
Figure 5 : Ludification de la culture d'après Deterding et al. (Deterding, Dixon, Khaled, Nacke, 2014)	25
Figure 6: Classification Hexad de Marczewski (2016).....	53
Figure 7: Style motivationnel de l'enseignant défini par son soutien à l'autonomie, la structuration de son enseignement et son degré de contrôle (d'après le modèle de Sarrazin et al., 2006).....	65
Figure 8: Affordances motivationnelles situées (Deterding, 2011)	68
Figure 9: Traduction libre du modèle de Fogg (2009)	69
Figure 10: Captures d'écran illustrant la construction pyramidale des séances	83
Figure 11: Captations d'écran représentant les thèmes et séances retenus pour la phase de test	83
Figure 12: Éléments constitutifs de l'espace de design mis au point par le LIRIS et testés lors de la séance de co-conception de décembre 2017	85
Figure 13: Éléments ludiques créés pour la phase de test	87
Figure 14:Éléments de jeu retenus pour l'expérimentation	93
Figure 15: Extrait de la scénarisation co-conçue	94
Figure 16: Les informations satellites de l'action vécue (Vermersch, 1994).....	98
Figure 17: Guide d'entretien.....	103
Figure 18: Questionnaire retenu pour la phase expérimentale	109
Figure 19: Degrés de structuration et de contrôle permettant d'établir le style motivationnel enseignant (d'après Sarrazin et al., 2006).....	115
Figure 20 : Illustration des styles motivationnels des enseignants (phase de test)	159
Figure 21: Diagramme de l'analyse PLS-SEM modélisant les influences à la fois des motivations initiales et des différents profils de joueur Hexad à gauche sur les variations de motivations et le comportement motivé à droite	181
Figure 22 : Illustration des styles motivationnels des enseignants (phase expérimentale)	251

Liste des tableaux

Tableau 1: Le continuum d'autodétermination d'après Deci et Ryan (2000).....	42
Tableau 2: Affordances motivationnelles et principes de design associés d'après Zhang (2008, p. 146).....	67
Tableau 3: 1ère sélection des savoirs à gamifier en 2017	82
Tableau 4: Tableau illustrant les éléments du design retenus par les enseignants en fonction de ceux proposés par le LIRIS	86
Tableau 5: Invariants socioculturels implémentés dans LudiMoodle	88
Tableau 6: Sélection des savoirs à gamifier janvier 2019	92
Tableau 7: Grille d'analyse du verbatim pour mettre au jour les affordances perçues suivant l'état de réalisation de l'activité	105
Tableau 8: Résultats des analyses factorielles confirmatoires par sous-échelle	111
Tableau 9: Statistiques de fiabilité de chacune des sous-échelles de la motivation.....	112
Tableau 10: Matrice de corrélation entre les différents types de motivation	112
Tableau 11: Grille permettant d'identifier caractérisant un climat de maîtrise (d'après Sarrazin et al., 2006).....	115
Tableau 12: Répartition de l'échantillon classes en fonction de l'enseignant, du collège, de la zone et du type de collège	119
Tableau 13 : Variations globales significatives des scores de la motivation (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$).....	120
Tableau 14: Différences de motivation et de variation de motivation suivant la zone de collège (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$).....	120
Tableau 15: Différences de motivation et de variation de motivation suivant le sexe de l'élève (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$).....	121
Tableau 16: Variations significatives de la motivation en fonction du niveau de MIST initiale (* variation significativement positive).....	122
Tableau 17: Test de corrélation entre motivation initiale et variation de la motivation (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$).....	122
Tableau 18: Test de corrélation entre motivation initiale et variation de la motivation des garçons (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$)	123
Tableau 19: Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)	127
Tableau 20: Evaluation des affordances réelles perçues par P1 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées ; grisé= affordances évaluées mais non perçues en situation).....	129
Tableau 21: Affordances intentionnelles perçues par P1 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)	130
Tableau 22: Affordances perçues par P1 lors de la phase test (gras= affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	131
Tableau 23: Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 lors de la phase test (gras=affordances implémentées)	134
Tableau 24: Evaluations des affordances réelles perçues par P2 lors de la phase test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation).....	136
Tableau 25: Affordances intentionnelles perçues par P2 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées)	137
Tableau 26: Affordances perçues par P2 lors de la phase test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	138

Tableau 27: Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées).....	141
Tableau 28: Evaluations des affordances réelles perçues par P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation).....	144
Tableau 29: Affordances intentionnelles perçues par P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées).....	145
Tableau 30: Affordances perçues par P3 lors de la phase de test (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation).....	146
Tableau 31: Affordances réelles perçues pendant l'activité lors de la phase de test (gras=affordances implémentées).....	147
Tableau 32: Evaluation des affordances réelles perçues lors de la phase de test (gras=affordances implémentées).....	148
Tableau 33: Affordances intentionnelles perçues dans l'activité par l'ensemble des enseignants lors de la phase de test (gras=affordances implémentées).....	149
Tableau 34: Style de l'enseignant P1 (phase de test).....	152
Tableau 35: Style motivationnel de l'enseignant P2 (phase de test).....	155
Tableau 36: Style motivationnel de l'enseignant P3 (phase de test).....	158
Tableau 37: Variation de motivation par classe (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$).....	160
Tableau 38: Variations motivationnelles par classe en fonction du sexe (significativité * $p < .05$; ** $p < .001$).....	160
Tableau 39: Différences de variations motivationnelles par classe et rangs moyens.....	160
Tableau 40: Répartitions des classes en fonction de l'enseignant, du collège et de la zone de collège.....	168
Tableau 41: Variations de la motivation de manière globale puis par élément de jeu (* $p < .05$; ** $p < .01$).....	169
Tableau 42: Variations de la motivation selon le sexe toutes zones confondues (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	170
Tableau 43: Variation de la motivation par sexe selon la zone de collège (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	171
Tableau 44: performances et persévérance globales en fonction du collège (rangs moyens).....	171
Tableau 45: Variation de la motivation selon le sexe dans le collège 1 (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	172
Tableau 46: Variation de la motivation selon le sexe dans le collège 2 (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	172
Tableau 47: : Variations de la motivation selon le sexe dans le collège 3 (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	173
Tableau 48: Variation de la motivation selon le sexe dans le collège 4 (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	173
Tableau 49: Performances et persévérance globales des classes du collège 1 (rangs moyens).....	174
Tableau 50 : Variation de la motivation selon le sexe dans la classe C (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	175
Tableau 51: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe E (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	175
Tableau 52: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe J (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	175
Tableau 53: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe A (significativité : * $< .05$, ** $< .001$).....	176

Tableau 54 : Variation de la motivation selon le sexe dans la classe L (significativité : *<.05, **<.001)	176
Tableau 55: performances des classes du collège 3 (rangs moyens)	176
Tableau 56: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe B (significativité : *<.05, **<.001)	176
Tableau 57: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe F (significativité : *<.05, **<.001)	177
Tableau 58: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe G (significativité : *<.05, **<.001)	177
Tableau 59: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe I (significativité : *<.05, **<.001)	177
Tableau 60: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe D (significativité : *<.05, **<.001)	178
Tableau 61: Variation de la motivation selon le sexe dans la classe D (significativité : *<.05, **<.001)	178
Tableau 62: Résultats des tests de fiabilité du modèle de mesure (PLS).....	182
Tableau 63: Résultats des tests de fiabilité du modèle structurel (PLS)	182
Tableau 64: Influence du niveau de motivation initiale sur la variation de motivation, globale puis par élément de jeu (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001)	184
Tableau 65: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001)	186
Tableau 66: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu l'avatar (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001).....	186
Tableau 67: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu les badges (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001)...	186
Tableau 68: Influence du profil de joueur sur la variation de motivation globale des élèves ayant reçu le classement (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001)	187
Tableau 69: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu la progression (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001)	187
Tableau 70: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu le score (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001).....	187
Tableau 71: Influence du profil de joueur sur le comportement motivé des élèves ayant reçu le timer (significativité du test T : non significatif en gris clair ; *p<.005 ; **p<.001).....	188
Tableau 72: Recommandations d'éléments ludiques par profil d'élève	188
Tableau 73: Répartition des élèves par quartiles pour la motivation intrinsèque et l'amotivation	189
Tableau 74: Affordances réelles perçues par l'enseignant P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées).....	195
Tableau 75: Evaluation des affordances réelles perçues par P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	197
Tableau 76: Affordances intentionnelles perçues par P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées).....	198
Tableau 77: Affordances perçues par P1 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	199
Tableau 78: Affordances réelles perçues par l'enseignant P2 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées).....	203

Tableau 79: Evaluation des affordances réelles perçues par P2 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	204
Tableau 80: Affordances intentionnelles perçues par P2 en amont de l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	206
Tableau 81: Affordances perçues par P2 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	207
Tableau 82: Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	210
Tableau 83: Evaluation des affordances réelles perçues par P3 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	212
Tableau 84: Affordances intentionnelles perçues par P3 en amont de l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	213
Tableau 85: Affordances perçues par P3 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	214
Tableau 86: Affordances réelles perçues par l'enseignant P3 pendant l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	218
Tableau 87: Evaluation des affordances réelles perçues par P4 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	220
Tableau 88: Affordances intentionnelles perçues par P4 en amont de l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	221
Tableau 89: Affordances perçues par P4 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	222
Tableau 90: Affordances réelles perçues par l'enseignant P5 pendant l'activité lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	225
Tableau 91: Evaluation des affordances réelles perçues par l'enseignant P5 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	227
Tableau 92: Affordances intentionnelles perçues par l'enseignant P5 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	228
Tableau 93: Affordances perçues par P5 lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentée ; grisé=affordances évaluées mais non perçues en situation)	229
Tableau 94: Affordances réelles perçues en situation lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	230
Tableau 95: Efficacité perçue des affordances réelles lors de la phase expérimentale (gras=affordances implémentées)	232
Tableau 96: Affordances intentionnelles perçues avec LudiMoodle	232
Tableau 97: Style motivationnel de l'enseignante P1 (phase expérimentale)	237
Tableau 98: Style motivationnel de l'enseignant P2 (phase expérimentale)	240
Tableau 99: Style motivationnel de l'enseignant P3 (phase expérimentale)	242
Tableau 100: Style motivationnel de l'enseignante P4 (phase expérimentale)	246
Tableau 101: Style motivationnel de l'enseignant P5 (phase expérimentale)	251
Tableau 102: Différences de persévérance et de performances entre élèves suivant l'enseignant (significativité : $\rightarrow .05$, $* < .05$, $** < .001$)	252
Tableau 103: Niveaux de MI, AMOT entre élèves et variations de la motivation selon l'enseignant (rangs moyens et significativité : $* < .05$, $** < .001$)	252
Tableau 104: Corrélations observées par élèves d'un même enseignant entre les variations de motivation, la performance (QR) et la persévérance (RC) sur la séance 6-leçon 7	253

Tableau 105: Différences significatives de performance et de persévérance par sexe selon l'enseignant (significativité: $-.05$, $* < .05$, $** < .001$)	253
Tableau 106: Répartition des profils d'élèves selon l'enseignant	254

Titre : Approche écologique du comportement motivé et EIAH gamifié. Le cas d'une activité d'apprentissage du calcul littéral en 4^{ème}.

Résumé

Cette étude porte sur une approche écologique du comportement motivé d'élèves de 4^{ème}, réalisée dans le cadre d'une activité d'apprentissage du calcul littéral, médiée et médiatisée par un Environnement Informatique pour l'apprentissage Humain (EIAH) gamifié. Il s'agit d'un EIAH auquel des éléments de jeu ont été implémentés. Cette approche montre que le comportement motivé et la *gamification* sont situés. Cela signifie que les effets produits dépendent pour partie des caractéristiques individuelles des élèves (sexe, appartenance socioéconomique), de leur rapport aux mathématiques (motivation initiale), de leur rapport au jeu (profil de joueur), mais aussi de leur perception du style motivationnel de l'enseignant qui se caractérise par l'autonomie qu'il laisse à l'élève, la façon dont il structure l'activité et s'implique dans l'enseignement. L'approche écologique permet ainsi d'identifier un ensemble des déterminants du comportement motivé dans la relation non hiérarchique élève-EIAH-enseignant, montrant les conditions d'intégration de ce type d'EIAH gamifié.

Mots-clés : gamification, motivation, style enseignant, affordance, écologie

Title: The ecological approach of motivated behaviour and gamified CEHL. The case of a literal arithmetic learning activity in 9th class.

Abstract

This study enhances an ecological approach of the motivated behaviour of learners in their 9th class, carried out as a part of a literal arithmetic learning activity, and mediated by a gamified Computing Environment for Human Learning (CEHL), in which game elements are implemented. This approach shows that motivated behaviour and gamification are situated. This means that the effects produced depend in part on the individual characteristics of learners (sex, socioeconomic affiliation). Furthermore, it also depends on their relationship to mathematics (initial motivation), and to the game (player profile). In addition, it hinges on their perception of the motivational style of the teacher, which is characterized by the autonomy left to the learner, the way the teacher structures the activity and is involved in it. The ecological approach thus makes it possible to find a set of determinants of motivated behaviour in a non-hierarchical learner-CEHL-teacher relationship, showing the conditions for the integration for this type of CEHL.

Keywords: gamification, motivation, teacher profile, affordance, ecology