



HAL
open science

Utilisation d'un jeu sérieux en mathématiques : de la manipulation d'objets à l'abstraction des notions de calcul littéral en 4e et 3e

Elsa Birckel-Lespets

► **To cite this version:**

Elsa Birckel-Lespets. Utilisation d'un jeu sérieux en mathématiques : de la manipulation d'objets à l'abstraction des notions de calcul littéral en 4e et 3e. Mathématiques [math]. 2023. dumas-04761211

HAL Id: dumas-04761211

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04761211v1>

Submitted on 31 Oct 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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Utilisation d'un jeu sérieux en mathématiques

De la manipulation d'objets à l'abstraction des notions de calcul littéral en 4^o et 3^o

Elsa Birckel-Lespets

Mémoire en vue de l'obtention du grade de master MEEF4

Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation

Pratique et Ingénierie de la Formation

Médiation Scientifique et Culturelle

INSPE de la Polynésie Française

Université de la Polynésie Française

Sous la direction de Rodica Ailincăi et Jean Chaumine

Mai 2023

A mes enfants,

Elio

Arthur

César

Eva

Résumé

Le travail de recherche que présente ce mémoire étudie dans quelle mesure l'utilisation d'un jeu sérieux en mathématiques, mettant en action les élèves par la manipulation d'objets, favorise l'abstraction des notions de calcul littéral. Un artefact a été conçu spécialement pour l'expérimentation qui a été menée auprès de cinq classes de 4^o et 3^o. Cet outil pédagogique a permis d'analyser d'une part si la mise en forme des trois modes de représentations des connaissances de Bruner (le mode « enactif », le mode « iconique » et le mode « symbolique ») permettait d'accompagner les élèves à l'abstraction de ces notions. D'autre part, il a permis de mesurer en quoi l'aspect ludique renforçait les apprentissages, en comparaison à une activité dépourvue de cet aspect.

Mots-clés : manipuler pour apprendre, artefact, jeu sérieux, calcul littéral, socioconstructivisme, trois modes enactif–iconique–symbolique, motivation.

Ce mémoire a été rédigé dans les normes APA 7^{ème} édition.

Remerciements

Je remercie particulièrement mes deux directeurs de mémoire, Rodica Ailincăi et Jean Chaumine. Rodica Ailincăi, pour sa clairvoyance éducative et pédagogique qui a ouvert mon regard à de nouveaux horizons à explorer, et son indéniable qualité de guide bienveillante. Jean Chaumine pour ses conseils pertinents et son aide éclairante sur les aspects mathématiques et méthodologiques de recherche.

Je remercie Mirna Tehaamoana sans qui l'expérimentation n'aurait pas pu se faire, pour son accueil chaleureux, ses conseils, et la confiance qu'elle m'a accordée pour mon expérience pédagogique alternative.

Je remercie également Jean-Jacques Salone, car en un temps record, il m'a permis d'orienter efficacement mes recherches dans une direction pertinente.

Mes remerciements vont aussi à mes collègues de promotion, dont les encouragements ont été précieux pour avancer sur le chemin du savoir.

Je remercie chaleureusement ma famille. Mes parents, Antoine et Florence, qui ont toujours cru en moi, pour m'avoir permis concrètement de dégager du temps dans ma vie de maman pour aboutir à la réalisation de mes projets. Mon mari, Samuel, pour son soutien constant, pour son regard aimant qui a toujours été pour moi une énergie d'épanouissement. Mes quatre enfants, Eva, César, Arthur et Elio, débordants de vie et source d'inspiration quotidienne, pour le respect qu'ils m'ont accordé dans ce projet d'étude.

Sommaire

RESUME.....	3
REMERCIEMENTS.....	5
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES	11
INTRODUCTION	12
CHAPITRE 1 : CADRE THEORIQUE ET REVUE DE LITTERATURE	15
1 CADRE THEORIQUE	15
1.1 L'APPRENTISSAGE DE L'ABSTRACTION ET LA FORMATION DES CONCEPTS	15
1.1.1 <i>Définition des termes abstraction et concept</i>	15
1.1.2 <i>L'abstraction empirique et l'abstraction réfléchissante</i>	17
1.1.3 <i>Comment apprendre l'abstraction : la formation des concepts</i>	18
1.1.4 <i>Les obstacles à la compréhension</i>	23
1.2 UN SUPPORT PEDAGOGIQUE POUR LA MOTIVATION DANS LES APPRENTISSAGES : LE JEU SERIEUX	24
1.2.1 <i>Définition de la motivation intrinsèque et extrinsèque</i>	24
1.2.2 <i>La dimension du jeu dans les apprentissages</i>	26
1.2.3 <i>La Théorie des Situations Didactiques</i>	28
1.2.4 <i>Le constructivisme et le socioconstructivisme</i>	29
1.2.5 <i>La zone proximale de développement</i>	32
1.3 UN CHEMIN VERS L'ABSTRACTION : L'ETAPE CONCRETE.....	33
1.3.1 <i>Quelques exemples de pédagogies « alternatives »</i>	34
1.3.2 <i>Les neurosciences dans les apprentissages</i>	35
1.3.3 <i>La théorie des intelligences multiples</i>	38
1.4 LA MEDIATION INSTRUMENTALE : L'UTILISATION D'UN ARTEFACT POUR APPRENDRE	41
1.4.1 <i>Définition de la médiation scientifique instrumentale</i>	41
1.4.2 <i>Définition de la manipulation et d'un artefact</i>	43
1.4.3 <i>La théorie de la médiation sémiotique</i>	44
1.5 CREATION D'UN JEU SERIEUX POUR DECOUVRIR LES NOTIONS « DEVELOPPER » ET « FACTORISER » EN CLASSE DE 4°	46
1.5.1 <i>Les directives ministérielles des accompagnements de programme (les compétences chercher et représenter, le calcul littéral)</i>	46
1.5.2 <i>Un guide fondamental pour enseigner : la résolution de problème au cycle 4</i>	48
1.5.3 <i>Présentation du jeu sérieux : « Le jeu du livreur »</i>	49

1.5.4	<i>Modèle théorique pour l'analyse : les trois modes de représentations</i>	55
1.6	CONCLUSION PARTIELLE POUR LE CADRE THEORIQUE :	57
2	REVUE DE LITTERATURE	60
2.1	POINT SUR LA REVUE DE LITTERATURE AU SUJET DE L'UTILISATION DES ARTEFACTS	60
2.2	ANALYSE DES POINTS D'EFFICACITE ET DES OBSTACLES FACE A L'UTILISATION DES ARTEFACTS.....	61
2.2.1	<i>Un relevé des points d'efficacité</i> :	61
2.2.2	<i>Un relevé des obstacles et difficultés</i> :	64
2.3	POINT SUR LA REVUE DE LITTERATURE AU SUJET DE L'UTILISATION DE JEUX SERIEUX	66
2.3.1	<i>Un relevé des points d'efficacité</i> :	66
2.3.2	<i>Un relevé des obstacles et difficultés</i> :	67
2.4	CONCLUSION PARTIELLE POUR LA REVUE DE LITTERATURE	67
	CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE	69
1	LA POPULATION CIBLE	69
1.1	CONTEXTE DE PROTOCOLE D'EXPERIMENTATION	69
1.2	LA CLASSE DE 4°A :	70
1.3	LA CLASSE DE 4°E :	74
1.4	LA CLASSE DE 4°C :	76
1.5	LA CLASSE DE 3°F :	78
1.6	LA CLASSE DE 3°D :	79
2	OUTILS ET INSTRUMENTS DE RECUEILS DE DONNEES	81
3	METHODES D'ANALYSE	82
3.1	LA MICROGENETIQUE DIDACTIQUE	83
3.1.1	<i>Présentation de cette méthode d'analyse</i>	83
3.1.2	<i>Adaptation de cette méthode d'analyse à notre corpus</i>	85
3.2	CHOIX DES MOMENTS A ANALYSER PENDANT LES SEANCES.....	91
	CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	93
1	ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES CLASSES DES 4°A ET DES 4°E	93
1.1	PRESENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODEES UTILISEES POUR CETTE ETUDE	94
1.2	LES INTERACTIONS (ENTRE ELEVES ET PROFESSEUR/ELEVES)	95
1.3	LES TROIS MODES DE REPRESENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER ET LA MISE EN CORRELATION AVEC LE PASSAGE A L'ABSTRACTION	96
1.4	ANALYSE QUALITATIVE DE QUELQUES TRAVAUX D'ELEVES	101

1.5	ANALYSE COMPARATIVE AVEC LE LOGICIEL IRAMUTEQ.....	102
1.6	LA MOTIVATION DANS LE TRAVAIL D'APPRENTISSAGE.....	105
2	ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES CLASSES DES 4°A ET DES 4°C	109
2.1	PRESENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODEES.....	109
2.2	LES INTERACTIONS (ENTRE ELEVES ET PROFESSEUR/ELEVES)	110
2.3	LES TROIS MODES DE REPRESENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER ET LA MISE EN CORRELATION AVEC LE PASSAGE A L'ABSTRACTION	111
2.4	ANALYSE COMPARATIVE AVEC LE LOGICIEL IRAMUTEQ.....	114
2.5	LE SENS DE LA VARIABLE X.....	116
2.6	LA MOTIVATION DANS LE TRAVAIL D'APPRENTISSAGE.....	118
3	ANALYSE EVOLUTIVE DES 4°A SUR LES TROIS SEANCES.....	119
3.1	PRESENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODEES UTILISEES POUR CETTE ETUDE	120
3.2	EVOLUTION DES COMPOSANTES DE SAVOIR.....	121
3.3	EVOLUTION DES TROIS MODES DE REPRESENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER ET MISE EN CORRELATION AVEC LE PASSAGE A L'ABSTRACTION	122
3.4	ANALYSE EVOLUTIVE AVEC LE LOGICIEL IRAMUTEQ.....	125
3.5	EVOLUTION DE LA MOTIVATION DANS TRAVAIL D'APPRENTISSAGE.....	126
4	ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES 3°F ET LES 3°D	127
4.1	PRESENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODEES.....	127
4.2	LES INTERACTIONS (ENTRE ELEVES ET PROFESSEUR/ELEVES)	128
4.3	LES MISES EN ACTIONS ET LES TROIS MODES DE REPRESENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER 129	
4.4	LA MOTIVATION DANS TRAVAIL D'APPRENTISSAGE	130
5	ANALYSE DES RESULTATS DU QUESTIONNAIRE	130
5.1	LE BESOIN DE MANIPULER DES ARTEFACTS	131
5.2	L'ETAPE ICONIQUE.....	133
5.3	LA PLUS-VALUE DU JEU SERIEUX VUE PAR LES ELEVES	134
6	SYNTHESE DES RESULTATS	136
7	DISCUSSION.....	139
	CONCLUSION	143
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	148
	SITOGRAPHIE.....	156

TABLES DES TABLEAUX.....	156
TABLES DES FIGURES.....	157
ANNEXES.....	160
1 PRESENTATION DU JEU DU LIVREUR.....	160
1.1 ANNEXE A : CARTES « MISSIONS »	160
1.2 ANNEXE B : « PLAQUES DES VALISES » ET « PLATEAU DES ILES ».....	164
1.3 ANNEXE C : TRADUCTION EN LANGAGE MATHÉMATIQUE	165
1.4 ANNEXE D : EXTRAIT DU « LIVRET DES MISSIONS ACCOMPLIES »	166
2 FICHE DE COURS DONNES EN CLASSE.....	168
2.1 ANNEXE E : ACTIVITE 4°A 21 NOVEMBRE (DECOUPES EN PETITS MORCEAUX)	168
2.2 ANNEXE F : FICHE LEÇON 4°A 21 NOVEMBRE (INSTITUTIONNALISATION DES NOTIONS REDUIRE, DEVELOPPER ET FACTORISER).....	169
2.3 ANNEXE G : FICHE ACTIVITE/LEÇON 4°E 10 NOVEMBRE.....	170
2.4 ANNEXE H : INSTITUTIONNALISATION 4°E 22 NOVEMBRE	171
2.5 ANNEXE I : COURS DES 3°D 10 NOVEMBRE ET COURS DES 3°F 9 NOVEMBRE	172
2.6 ANNEXE J : QUESTIONNAIRE	173
3 CORPUS DES SEANCES FILMEES, TRANSCRITES ET CODEES.....	174
3.1 ANNEXE K : CODAGE DE 4A_DA_9NOV_F55.....	174
3.2 ANNEXE L : CODAGE DE 4A_DA_9NOV_F56.....	177
3.3 ANNEXE M : CODAGE DE 4A_DE_9NOV_F55.....	181
3.4 ANNEXE N : CODAGE DE 4A_DE_9NOV_F56.....	184
3.5 ANNEXE O : CODAGE DE 4A_FA_10NOV_F56.....	186
3.6 ANNEXE P : CODAGE DE 4A_DEFA_21NOV_F55.....	191
3.7 ANNEXE Q : CODAGE DE 4A_DE_21NOV_F55.....	195
3.8 ANNEXE R : CODAGE DE 4A_FA_21NOV_F55	200
3.9 ANNEXE S : CODAGE DE 4A_FADERES_21NOV_F55	203
3.10 ANNEXE T : CODAGE DE 4A_FADE_21NOV_F56.....	205
3.11 ANNEXE U : CODAGE DE 4A_FADERES_21NOV_F56.....	210
3.12 ANNEXE V : VISIONNAGE 4A_9NOV_F55	215
3.13 ANNEXE W : VISIONNAGE 4A_10NOV_F56.....	217
3.14 ANNEXE X : CODAGE DE 4E_DA_10NOV_F56.....	219
3.15 ANNEXE Y : CODAGE DE 4E_DE_10NOV_F56.....	224
3.16 ANNEXE Z : CODAGE DE 4E_FA_24NOV_F55	237

3.17	ANNEXE AA : CODAGE DE 4C_DA_8NOV_F49	246
3.18	ANNEXE AB : CODAGE DE 4C_DE_8NOV_F49	251
3.19	ANNEXE AC : CODAGE DE 4C_FA_21NOV_F56	254
3.20	ANNEXE AD : CODAGE DE 3D_DA_9NOV_F55.....	266
3.21	ANNEXE AE : CODAGE DE 3D_DA_9NOV_F56	273
3.22	ANNEXE AF : CODAGE DE 3F_DA_9NOV_F49	277
3.23	ANNEXE AG : CODAGE DE 3F_DA_9NOV_F55	283

Liste des sigles et acronymes

APA	<i>American Psychological Association</i>
APMEP	<i>Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public</i>
CAFFA	<i>Certificat d'Aptitude aux Fonctions de Formateur Académique</i>
CEDRE	<i>Cycle des Évaluations Disciplinaires Réalisées sur des Échantillons</i>
COPIRELEM	<i>Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire</i>
DEPP	<i>Direction de l'Évaluation de la Prospective et de la Performance</i>
INSPE	<i>Institut National Supérieur du Professorat et l'Éducation</i>
IREM	<i>Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques</i>
PISA	<i>Programme International pour le Suivi et les Acquis des élèves</i>
SCOLA	<i>Système de Communication Ouvert et Ludique pour les Apprentissages</i>
TIMSS	<i>Trends in Mathematics and Science Study</i>

Utilisation d'un jeu sérieux en mathématiques :

De la manipulation d'objets à l'abstraction des notions de calcul littéral en 4^o et 3^o

Introduction

L'enseignement des mathématiques en France au primaire et au secondaire connaît une dégradation tant du point de vue du niveau scolaire, que l'on a pu mesurer auprès des élèves, que du point de vue des enseignants qui expriment une réelle souffrance dans leur métier, corrélée notamment à cette baisse de niveau. C'est le constat que partagent Cédric Villani et Charles Torossian dans leur rapport publié en 2018 et intitulé « 21 mesures pour l'enseignement des mathématiques ». Avant de proposer des pistes de solutions pour remédier à cette dégradation, ils ont opéré un état des lieux et se sont largement appuyés sur les résultats d'enquêtes auprès des élèves français des douze années précédant leur étude.

Le programme Pisa (Programme international pour le suivi des acquis des élèves) (Ministère de l'Éducation Nationale, 2018), évalue des élèves de 15 ans (sortant du collège) dans 85 pays participants. Sur les 335 établissements PISA en France métropolitaine et Outre-mer, cette baisse de niveau est avérée, même chez les meilleurs élèves. L'évaluation TIMSS 2015 (Trends in International Mathematics and Science Study) (Ministère de l'Éducation Nationale, 2015) place la France au dernier rang des 19 pays participants. L'évaluation nationale de l'enquête CEDRE de la direction de l'évaluation de la prospective et de la performance (Depp) (Rosenwald, 2017), indique que 42,4 % des élèves ont une maîtrise fragile des mathématiques, voire de grandes difficultés.

Ce constat alarmant nous a poussés à réfléchir aux leviers que nous pourrions mettre en place au sein de classes de collège, pour atteindre plusieurs objectifs : permettre aux élèves en difficulté de raccrocher aux enseignements et ainsi leur permettre de pouvoir progresser ; permettre aux élèves plus doués d'élargir leur réflexion au sujet du sens qu'ils accordent aux mathématiques et ainsi leur permettre d'augmenter leur niveau ; permettre enfin aux enseignants de retrouver le plaisir d'apprendre dans les deux sens du terme : plaisir éprouvé par les élèves en situation d'apprentissage, et plaisir d'enseigner, qui tous deux contribuent à

la satisfaction professionnelle. Le manque de sens dont les élèves se plaignent souvent, la perte de plaisir face aux tâches d'apprentissage demandées que les professeurs rencontrent souvent dans les classes, nous ont poussés à explorer et à tenter de mettre en œuvre la 5^e des vingt-et-une mesures que le rapport de Cédric Villani et Charles Torossian (2018) proposait :

« Mathématiques : efficacité, plaisir et ambition pour tous. Les étapes d'apprentissage. Dès le plus jeune âge, mettre en œuvre un apprentissage des mathématiques fondé sur : la manipulation et l'expérimentation ; la verbalisation ; l'abstraction. »

Force est de constater que les recherches en supports pédagogiques remplissant les objectifs mentionnés ci-dessus restent rares aujourd'hui pour le cycle 4, malgré les quatre années qui nous séparent de la publication de ce rapport, et qui auraient pu laisser l'occasion aux professeurs inspirés d'innover en matière d'enseignement. Pour viser à l'« efficacité » mentionnée dans cette 5^e mesure, nous avons dans un premier temps, avant toute expérimentation auprès des élèves, engagé des recherches afin de concevoir un support pédagogique utilisable en classe de 4^e et 3^e, permettant aux élèves à la fois de manipuler, expérimenter, verbaliser et les mener vers l'abstraction. L'artefact que nous avons fabriqué prend la forme d'un « jeu sérieux », dont nous expliciterons les composantes plus tard. Il ne s'agit cependant pas de l'objet de ce travail.

Notre problématique de recherche s'inscrit dans la phase suivante, lors de l'utilisation de cet outil pendant les cours donnés en classe : **dans quelle mesure l'utilisation et la manipulation des artefacts favorisent-elles l'abstraction de la notion du calcul littéral en classe de 4^e et 3^e ?**

L'expérimentation que nous avons menée ne portait pas seulement sur la séance d'utilisation de cet artefact, mais aussi sur les suivantes, afin de pouvoir confirmer ou infirmer les deux hypothèses suivantes :

Hypothèse 1 : La mise en forme des trois modes de représentation de Bruner (le mode « enactif », le mode « iconique » et le mode « symbolique ») dans une activité mathématique permet d'accompagner les élèves à l'abstraction sur la notion du calcul littéral en 4^e.

Hypothèse 2 : L'utilisation d'un jeu sérieux motive les élèves à effectuer une activité et à s'approprier de manière plus intense les notions, par rapport à une activité sans aspect ludique, en 4° et en 3°.

Nous avons choisi le collège de Taaone à Pirae (Tahiti, Polynésie française), pour mettre en œuvre notre expérimentation sur une durée de quatre semaines en novembre 2022. Afin de pouvoir mesurer la plus-value que pouvait apporter un jeu sérieux, nous avons délivré différents cours dont le contenu était proche du point de vue des notions abordées et des exercices proposés, mais en variant la forme des supports auprès de plusieurs classes de 4° et 3°. Pour mesurer avec précision un maximum d'éléments, nous avons filmé sous plusieurs angles de vue les élèves durant les séances.

Dans ce mémoire, nous présentons dans un premier temps le *cadre théorique*, c'est-à-dire les concepts et théories convoqués par la recherche, en lien direct avec notre problématique. Nous avons fait appel à la fois aux concepts qui ont pu nous aider à concevoir notre artefact, choix étroitement liés avec les concepts et théories qui nous ont permis par la suite de mesurer les effets sur les élèves. Dans cette partie, nous présentons aussi en détail le jeu sérieux qui nous a servi pour l'expérimentation. Nous proposons une sélection de résultats de la recherche pour présenter la *revue de littérature*, afin d'explorer ce qui a déjà été mené autour de cette problématique.

Dans un deuxième temps, nous présentons la *méthodologie de l'expérimentation* expliquant en détail comment se sont déroulées les séances de cours et comment ont été réalisées les captations filmées. Vient ensuite la présentation des *méthodes d'analyses* de cette expérimentation, que nous avons enrichie par une triangulation des méthodes.

Nous poursuivons dans une troisième partie par l'analyse des *résultats* du dépouillement des données.

La synthèse est ensuite mise en confrontation avec la revue de littérature dans une partie intitulée *discussion*.

La *conclusion* offrira une réponse à nos deux hypothèses de départ en lien avec notre problématique, ainsi qu'une formulation de nouvelles questions de recherches que notre étude a pu soulever.

Chapitre 1 : Cadre théorique et revue de littérature

1 CADRE THEORIQUE

Notre recherche porte sur l'étude de la plus-value de l'utilisation d'un artefact et sa manipulation à travers un jeu sérieux, dont l'objectif est de faciliter l'abstraction de concepts mathématiques. Dans cette partie nous allons tout d'abord présenter les grandes lignes au sujet du processus d'abstraction, puis l'intérêt didactique de l'utilisation de jeu sérieux en classe. Puis nous allons faire le point sur la recherche au sujet de l'importance de l'étape concrète dans un apprentissage, et ensuite des moyens pour la mise en place de cette étape à travers le choix d'un artefact, outil de médiation instrumentale. Nous terminerons par la présentation d'un jeu sérieux conçu spécialement pour cette étude et pour son analyse en classe.

1.1 L'APPRENTISSAGE DE L'ABSTRACTION ET LA FORMATION DES CONCEPTS

1.1.1 Définition des termes abstraction et concept

« *L'apprentissage des mathématiques nécessite un mécanisme cognitif dans la formation de ses concepts, celui de l'abstraction* » (Radford et al., 2009)

Avant d'entrer dans les détails, nous allons donner deux définitions qui nous seront utiles tout le long de cette partie présentant le cadre théorique. Elles seront suivies d'un exemple concret pour illustrer ce qui lie et différencie ces deux définitions.

D'après le dictionnaire Larousse en ligne, « *l'abstraction est une opération intellectuelle qui consiste à isoler par la pensée l'un des caractères de quelque chose et à le considérer indépendamment des autres caractères de l'objet* ». Par ailleurs, « *un concept est une idée générale et abstraite que se fait l'esprit humain d'un objet de pensée concret ou abstrait, et qui lui permet de rattacher à ce même objet les diverses perceptions qu'il en a, et d'en organiser les connaissances.* »

Autrement dit, *l'abstraction* est un processus cognitif qui permet la formation d'un *concept*, qui lui est un regroupement d'objets de pensée selon un élément commun. Ainsi,

l'élève en apprentissage crée des liens et exprime son expérience progressivement et à un niveau conceptuel de plus en plus riche (Radford et al., 2009).

Prenons l'exemple d'un des apprentissages du calcul littéral en 4^o : l'élève doit être capable d'acquérir le concept de **factorisation**. C'est-à-dire que dans un énoncé d'exercice, si on lui demande par exemple de factoriser l'expression littérale $4x + 20$, il doit d'abord reconnaître que cette expression peut s'écrire $4 \times x + 4 \times 5$, afin qu'elle ressemble au concept de **somme de deux produits comportant un facteur commun de la forme $k \times a + k \times b$** , où k , a et b sont des nombres relatifs, ici k est le nombre 4, a vaut x et b vaut 5. Puis il doit utiliser le concept **factoriser une expression littérale comportant un facteur commun en écrivant $k \times (a + b)$** qui est cette fois-ci un concept d'action, c'est-à-dire qu'il doit produire une réponse : $4 \times x + 4 \times 5 = 4 \times (x + 5)$. Mais au-delà de la simple exécution de tâche, il doit être capable de comprendre **le sens de l'égalité entre ce qui est donné au départ et ce qu'il vient d'écrire**, qui est encore un autre concept. Il doit ensuite vérifier que sa réponse correspond bien au concept **produit de deux nombres** qui prouve qu'il a bien exécuté une **factorisation**.

A partir d'un simple exemple d'exercice de mathématiques de 4^o, nous avons illustré que l'élève pouvait utiliser cinq concepts pour une seule réponse. Il s'agit ici de l'exercice d'application d'une leçon préalablement étudiée avec l'élève. Les concepts qu'il a mobilisés dans cet exercice sont donc le fruit du *processus d'abstraction* de ces cinq notions abordées lors de leçons précédentes : **factorisation** (qui est un concept qui englobe les sous-concepts suivants), **somme de deux produits comportant un facteur commun**, **factoriser une expression littérale comportant un facteur commun**, **sens de l'égalité entre ce qui est donné au départ et ce qu'il vient d'écrire** et **produit de deux nombres**.

De fait, l'élève a utilisé d'autres concepts, mais vus bien en amont, ce qui rend négligeable le fait de les mentionner dans cet exemple (comme le concept des nombres, le concept de l'addition ou la commutativité de la multiplication...). Seul un concept déjà abordé les années précédentes attire notre attention : celui du sens du nombre x , que nous développerons ultérieurement.

Nous allons maintenant nous pencher sur ce processus d'abstraction, c'est-à-dire détailler les étapes cognitives lors de la formation d'un concept.

1.1.2 *L'abstraction empirique et l'abstraction réfléchissante*

Selon Piaget (1974) :

*Toute connaissance nouvelle suppose une abstraction (...). On peut alors distinguer deux sortes d'abstraction selon leurs sources exogènes et endogènes (...). Il existe tout d'abord un type d'abstraction que nous appelons **empirique** (...) parce qu'elle tire son information des objets eux-mêmes (...). Mais il en existe une seconde, qui est fondamentale, car elle recouvre tous les cas d'abstractions logico-mathématiques : nous l'appellerons **l'abstraction réfléchissante** parce qu'elle est tirée, non pas des objets, mais des coordinations d'actions (ou d'opérations), donc des activités mêmes du sujet. (Piaget, 1974, pp. 81-82)*

Il nous est apparu important de nous appuyer sur la distinction entre ces deux types d'abstraction, que l'on pourrait assigner à des temps différents dans le processus de la formation de concepts. Pour employer une métaphore, si un enfant veut apprendre à jongler, il doit d'abord savoir lancer une seule balle pour en mesurer son poids, sa texture, la force qu'il doit exercer pour atteindre une certaine hauteur. Si les balles de jonglage représentent les nouveaux concepts qu'il doit intégrer dans son esprit, il s'agirait ici du moment de *l'abstraction empirique*. Le moment où il commence à jongler avec deux, puis trois balles serait le moment de *l'abstraction réfléchissante*, où la coordination, la place de chaque balle au bon moment crée une nouvelle action bien plus riche et intéressante par rapport à la maîtrise du lancer des balles isolées.

Il en est de même des concepts que l'élève acquiert dans ses apprentissages. Pour reprendre l'exemple ci-dessus au sujet du concept **factoriser**, la mise en relation, dans le bon ordre, des cinq concepts mobilisés pour répondre à une petite question relève de l'abstraction réfléchissante, qui est un « *processus de formation des connaissances de nature endogène* » (Piaget, 1974). Celle de l'abstraction empirique est de nature exogène. Cela signifie que l'élève reçoit de l'extérieur (ici de la part du professeur de mathématiques) les cinq concepts lors de leçons vues précédemment, ou de savoirs déjà acquis. Pour l'élève, le pas à franchir pour l'abstraction réfléchissante peut être une grande marche à gravir, car il forme à ce moment-là une nouvelle connaissance, une « *structuration* » et une « *réorganisation* » des idées empiriques. Elle est de nature endogène car c'est l'élève qui crée ces nouveaux liens, ce qui revient à « projeter ce qui a été abstrait sur un plan de connaissance supérieur ». Ainsi, même si l'élève a compris chacun des cinq concepts abordés dans la leçon, il se retrouve parfois en

difficulté lorsqu'il doit **projeter**, reconnaître les bons concepts, **réfléchir** à leur agencement pour répondre à la consigne **factoriser**. Lorsque ce chemin d'abstraction réfléchissante a été franchi, cet **acte créateur** aboutit à un nouvel « **instrument de connaissance** ». On peut alors considérer que certains des cinq concepts cités ci-dessus - produits d'abstractions empiriques - sont, à un moment antérieur, passés par le processus d'abstraction réfléchissante, comme celui de vérifier qu'il s'agit bien d'un produit de deux nombres.

Par la suite, l'élève pourra ainsi réutiliser le concept **factoriser**, auparavant alourdi par la réflexion de l'abstraction réfléchissante, de façon plus naturelle, car passé à un niveau supérieur de plan de connaissance. Il pourra par exemple l'utiliser pour la résolution d'un problème ou la résolution d'équation nécessitant l'utilisation d'une factorisation.

On peut maintenant se poser la question de comment accompagner au mieux l'élève dans ces processus d'abstractions, qu'elle soit empirique ou réfléchissante.

1.1.3 Comment apprendre l'abstraction : la formation des concepts

Selon Radford et al. (2009), « *l'abstraction est l'un des processus cognitifs les plus élémentaires* ».

En effet, c'est par cette action intellectuelle que nous parvenons depuis notre tendre enfance à catégoriser une foule d'idées, tout ce que nous avons pu identifier en regroupant dans notre esprit les caractéristiques de chacune, afin de pouvoir par évocation mentale les reconnaître ou les réutiliser. Et cette opération intellectuelle n'est pas réservée à l'Homme (Expérience effectuée sur des chimpanzés consistant à classer cinq objets comestibles et cinq objets non comestibles par Savage-Rumbaugh, 1980).

Mais cette démarche intellectuelle peut s'avérer beaucoup plus complexe lors de la phase d'apprentissage d'un savoir enseigné. Pour que l'enseignant soit au clair sur la façon dont il peut au mieux accompagner l'élève, il est important qu'il différencie toutes les étapes de ce processus d'abstraction. Selon Barth (2001) :

*Quand on doit s'approprier une connaissance nouvelle, deux choses interviennent : la **structure de cette connaissance** et la **démarche intellectuelle** qu'il faudrait déployer pour l'acquérir. C'est comme un problème à résoudre : il faut séparer la nature du problème des stratégies qui permettent de le résoudre. La représentation initiale qu'on se fait d'un problème à résoudre est primordiale pour sa résolution.* (Barth, 2001, p.31)

Mais avant d'entamer la résolution d'un problème, l'élève doit d'abord en réaliser l'existence, en mesurer le sens, en dégager la problématique. Le cheminement de pensée qui va alors s'opérer pourra être guidé par l'enseignant dans un premier temps, mais davantage pour mettre en lumière ce que l'élève sait déjà, et l'aider à utiliser ses savoirs et savoir-faire pour résoudre un nouveau problème. Le rôle de l'enseignant a pour objectif à ce moment-là de le guider sur les *stratégies mentales* qu'il a déjà utilisées auparavant, et de les réutiliser de manière adaptée. L'élaboration de cette *stratégie mentale* est la première phase de l'abstraction, et quand elle sera maîtrisée et réutilisable par l'élève, la deuxième phase d'abstraction sera celle du concept comme produit fini, c'est-à-dire la *structure* de cette nouvelle connaissance.

Précisément, la *stratégie mentale* que l'on utilise pour la création d'un nouveau concept n'est pas nouvelle, mais souvent inconsciente. Barth nous propose la méthode suivante pour aider les élèves à conscientiser cette démarche :

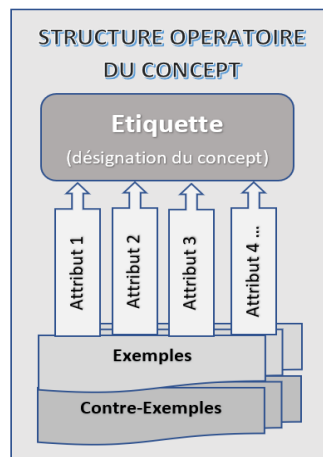
*Quand on acquiert un **concept**, on apprend ainsi à reconnaître et à distinguer les **attributs** qui le spécifient. (...) Pour pouvoir désigner la **combinaison d'attributs**, on la nomme par un mot qui est un symbole arbitraire : **une étiquette**. Elle nous permet de regrouper tous les **exemples** qui possèdent la même combinaison d'attributs dans la même catégorie, quelles qu'en soient les différences par ailleurs.* » (Barth, 2001, p.37)

L'enseignant peut organiser la découverte des *attributs d'un concept* comme bon lui semble. Ce qui est important, c'est que l'élève comprenne que tant qu'il n'a pas intégré la combinaison complète de tous ces attributs, il ne pourra acquérir le nouveau concept. C'est par une liste conséquente d'*exemples* et de *contre-exemples* (Barth estime que cette liste n'est souvent pas assez dense de la part des enseignants) que l'élève atteindra une idée précise de tous les attributs, et donc comprendra dans toute sa largeur l'*étiquette* qui a été désignée pour nommer ce nouveau concept. « *Pratiquement toute connaissance est structurée de cette façon, y compris le programme scolaire et à tous les niveaux* ».

Voici une modélisation (figure 1) qui schématise la structure opératoire d'un concept :

Figure 1

Modélisation de la structure opératoire du concept (proposée par l'auteure)



Pour reprendre le *concept factoriser*, voici un exemple de *stratégie mentale* en cinq étapes que l'enseignant peut utiliser pour mettre en lumière la liste de ses *attributs*, on y retrouve des *sous-concepts* cités plus haut :

1° étape : Trouver une stratégie pour répondre à la consigne (donné à l'élève) :

Calculer mentalement : $5 \times 8 + 5 \times 2$; $3 \times 6 + 9 \times 3$; $13 \times 3 + 13 \times 7$; $24 \times 30 + 24 \times 70$.

L'élève qui connaît ses tables de multiplication pourra aisément répondre aux deux premières questions. En revanche les deux suivantes pourront lui poser des difficultés. L'enseignant peut guider l'élève en lui posant la question suivante :

Pour le calcul $13 \times 3 + 13 \times 7$, combien de fois a-t-on le nombre 13 au total ? L'élève peut répondre intuitivement « il y est deux fois », car écrit deux fois, ce qui est correct du point de vue de *l'écriture symbolique*. Mais en le guidant autrement, il peut comprendre qu'en fait nous avons 3 fois et 7 fois ce nombre 13, c'est-à-dire 10 fois au total. La stratégie mentale utilisée ici facilite alors le calcul mental, et la réponse 130 sort naturellement. Ce qui permet d'ouvrir une nouvelle question de l'enseignant : « Comment écrire cette stratégie de calcul qui a été opérée mentalement ? ». L'élève décrit alors oralement : « j'ai fait $3 + 7$ pour compter le nombre de fois où figure le nombre 13, puis j'ai calculé 13×10 . » L'enseignant peut alors guider l'élève pour qu'il utilise les *symboles mathématiques* qu'il connaît déjà (ici les parenthèses) pour traduire en un seul calcul ce qu'il vient de dire : « $13 \times 3 + 13 \times 7 = 13 \times (3 + 7) = 13 \times 10 = 130$. »

Cette stratégie de calcul sera alors renouvelée dans chacun des quatre calculs.

2° étape : C'est par la répétition de ces quatre *exemples* que se dégagent les premiers *attributs* du concept « factoriser », qui pourront être dans un premier temps nommés verbalement par les élèves, en cherchant les points communs entre ces exemples, car « *l'acquisition d'un concept nécessite une interaction verbale* » (Barth, 2001, p.47) :

- Pour factoriser il faut avoir une somme de plusieurs produits
- Il faut avoir un facteur commun dans chacun de ces produits
- Factoriser c'est écrire une seule fois le facteur commun, puis le signe \times puis écrire entre parenthèses la somme des autres facteurs communs
- Le calcul de départ est égal au nouveau calcul factorisé (appelé la forme factorisée)
- Quand on a factorisé on peut ensuite continuer le calcul si c'est possible

3° étape : Cette liste d'attributs n'est pas complète car il manque le cas de la soustraction. Selon un même schéma d'exemples, on introduit la factorisation d'une différence. On peut alors modifier, toujours oralement, deux des attributs précédents :

- Pour factoriser il faut avoir une somme ou une différence de plusieurs produits
- Factoriser c'est écrire une seule fois le facteur commun, puis le signe \times puis écrire entre parenthèses la somme ou la différence des autres facteurs communs

4° étape : La *liste des attributs* étant maintenant complète, l'élève va pouvoir laisser une trace écrite de ce nouveau concept dans sa leçon, en donnant une *étiquette* à cette liste. Mais la formulation orale, bien qu'explicite pour l'élève, est trop lourde pour une description écrite. L'utilisation du *langage mathématique symbolique* permet de résumer ces phrases pour définir de façon complète ce nouveau concept :

Figure 2

Schéma représentant la factorisation par un nombre k (proposé par l'auteure)

Factoriser, c'est transformer une somme ou une différence en un produit.

k , a et b désignent des nombres : $k \times a + k \times b = k \times (a + b)$ et $k \times a - k \times b = k \times (a - b)$

somme \longrightarrow produit somme \longrightarrow produit

5° étape : On peut ensuite proposer une liste de calculs de départ, et l'élève devra dire si l'on peut factoriser ou non. On peut aussi montrer une liste de calculs comportant des erreurs type de factorisation que l'élève devra déceler. Ainsi, l'apport des *contre-exemples* aux côtés de nouveaux *exemples* permettra à l'élève de peaufiner la compréhension de chacun des attributs, en variant au maximum tous les cas de figures.

En résumant ces cinq étapes mentionnées dans l'exemple de ci-dessus, se dégage la *stratégie mentale* que l'enseignant a utilisée, qui peut être un modèle de conscientisation d'*acquisition de concept* que l'élève peut réutiliser dans n'importe quel domaine, l'ordre des étapes pouvant varier selon la construction pédagogique employée par l'enseignant. On y retrouve les trois phases d'abstraction en tant que *démarche intellectuelle*, et pour la dernière étape l'abstraction en tant que *structure de connaissance* :

1° étape : La généralisation : « opération mentale par laquelle on étend à une classe entière ce qui a été observé sur un nombre limité de cas singuliers appartenant à cette classe » (Barth, 2001). C'est la première phase d'abstraction.

2° étape : Nommer l'**étiquette du concept**, reconnaître et distinguer les premiers **attributs** qui le spécifient.

3° étape : Extension des attributs pour une abstraction complète du concept.

Ces deux dernières étapes sont regroupées dans la deuxième phase d'abstraction.

4° étape : Codification des représentations, des idées, pour pouvoir les réutiliser, les communiquer (Bruner). C'est la dernière phase du processus d'abstraction.

5° étape : Evaluation de la compréhension du concept par des exemples et contre-exemples, et des exercices. L'élève arrive au stade de l'abstraction comme « produit fini ».

Nous avons présenté et illustré par un exemple la formation d'un concept, par le processus d'abstraction selon le modèle de Barth. Nous nous demandons maintenant quels pourraient être les obstacles de compréhension en apportant un éclairage supplémentaire de Herscovics, N. & Bergeron (1982).

1.1.4 Les obstacles à la compréhension

La *compréhension* selon Musial & Tricot (2020) serait définie par le « *processus d'élaboration d'une connaissance spécifique d'une situation, d'un texte, d'un objet, d'une image, d'un fait, etc.* ». En mathématiques, ce processus peut poser des difficultés à de nombreux élèves : « *depuis longtemps le besoin de comprendre a été identifié comme le problème majeur dans l'apprentissage de la mathématique.* » (Herscovics & Bergeron, 1982). La question que l'on peut se poser maintenant est : quels sont les obstacles à la compréhension, notamment au processus d'abstraction en mathématiques ?

Selon les travaux de Herscovics et Bergeron (1982) :

*Les théories du traitement de l'information (Simon, 1979), et du constructivisme piagétien (Piaget, 1972) (...) ont conduit à l'identification de **quatre niveaux de compréhension** : le premier, celui de **l'intuition**, le second impliquant **des procédures**, le troisième traitant **de l'abstraction**, et le dernier niveau, celui de la **formalisation**.*

Dans le paragraphe précédent, nous pourrions assimiler le premier niveau de compréhension, celui de *l'intuition*, à celui de *1. la généralisation*, car nous partons de calculs simples et réalisables par l'élève pour en faire émerger l'ébauche d'une idée nouvelle. Le niveau impliquant les *procédures* (« *étape de mathématisation qui agence et coordonne les connaissances intuitives et les prérequis* »), et l'étape traitant de *l'abstraction*, aux étapes *2. Nommer l'étiquette du concept* et *3. Extensions des attributs*.

J'aimerais m'attarder sur le dernier niveau de compréhension, la *formalisation*, assimilée à la *4. Codification des représentations*, qui présente souvent des difficultés pour certains élèves. En effet :

*Plusieurs recherches récentes ont montré que la **représentation symbolique** de la mathématique pose des problèmes cognitifs particuliers à tous les niveaux scolaires, du primaire à l'université. Par exemple, Ginsburg (1977) et Carpenter et Moser (1979) ont*

rapporté que nombre d'enfants pouvaient se débrouiller dans la résolution de problèmes tant qu'ils n'étaient pas obligés de les traiter de façon symbolique. Herscovics (1979) a montré la même chose pour l'algèbre au secondaire, et Clement (1982) pour l'universitaire. (Herscovics et Bergeron, 1982, p.586)

Pour résumer cette première partie, les obstacles à la compréhension peuvent se situer à plusieurs niveaux. L'enseignant se doit de veiller à concevoir son cours de façon que chacune de ces étapes soit abordées, et prévoir en amont où la difficulté peut jaillir. Si la conscientisation de la *démarche intellectuelle* du processus d'abstraction d'un concept, ainsi que celle de la *structure de la connaissance* proposée par Barth (2001) peuvent lever un certain nombre d'obstacles de compréhension, il demeure celui du passage à l'utilisation de la représentation symbolique, qui dans le calcul littéral se traduit par *langage mathématique*. Nous présenterons dans la partie 5 du cadre théorique une proposition de support pour que l'élève découvre et s'exerce à pratiquer la factorisation, sans la symbolisation habituelle. En particulier, dans l'apprentissage du calcul littéral, l'utilisation du nombre noté avec une lettre, x par exemple, est souvent un obstacle majeur, et peut bloquer toute la compréhension et le sens du concept **factoriser**.

En outre, des recherches plus « récentes » que celles de 1979 présentent un autre obstacle à la compréhension des mathématiques, plutôt d'ordre psychologique : celui du manque de motivation pour entrer dans un apprentissage de la part d'un élève. Nous allons développer dans cette deuxième partie l'état de la recherche à ce sujet, et mettre en valeur ce qui pourrait devenir des leviers possibles pour aider les élèves à trouver l'énergie nécessaire pour s'engager sur le chemin de l'abstraction mathématique.

1.2 UN SUPPORT PÉDAGOGIQUE POUR LA MOTIVATION DANS LES APPRENTISSAGES : LE JEU SERIEUX

1.2.1 Définition de la motivation intrinsèque et extrinsèque

Pour Lieury et Fenouillet (2019), la **motivation** désigne une « *force intra-individuelle qui peut avoir des déterminants internes ou externes et qui permet d'expliquer la direction, le déclenchement, la persistance et l'intensité du comportement ou de l'action. (...) Les besoins sont à la source de toutes les motivations humaines. »*

Cette force intra-individuelle fait souvent défaut dans les apprentissages des mathématiques. Dans ce paragraphe, nous allons présenter les différentes formes de motivations, et cerner les causes d'un manque de volonté à la mise au travail que l'on peut percevoir chez les élèves.

Tout d'abord, notons que ce rejet de la matière se manifeste seulement à partir du collège. En effet, selon l'étude Cedre (Ministère de l'Éducation Nationale, 2014) :

38 % des 18-24 ans déclarent que les mathématiques étaient leur matière préférée à l'école primaire. Le problème n'est donc pas tant de motiver les élèves, que de ne pas les démotiver et de trouver les moyens de cultiver la curiosité, la créativité et le plaisir dans l'activité mathématique. » (Villani & Torossian, 2018, p.13)

Pour ne pas perdre ce plaisir initial que l'enfant peut avoir dans l'apprentissage des mathématiques, on peut d'abord essayer de comprendre plus précisément à quels types de motivations il peut faire appel. Pour reprendre la définition de la motivation citée ci-dessus, la force « *intra-individuelle* » peut avoir des « *déterminants internes ou externes* ». Plus loin, Alain Lieury et Fabien Feunouillet reformulent ces termes en désignant la *motivation intrinsèque* et la *motivation extrinsèque*. (Lieury & Feunouillet, 2019)

La *motivation intrinsèque* est définie par « *la recherche d'une activité pour l'intérêt qu'elle procure en elle-même ; elle correspond à l'intérêt, la curiosité, c'est-à-dire au sens courant de la motivation.* » (Lieury & Feunouillet, 2019). En d'autres termes, la motivation intrinsèque que peut ressentir l'élève en entrant dans une activité mathématique se situerait au plaisir d'apprendre, à son envie d'enrichir son savoir, de créer des nouveaux concepts, de satisfaire son besoin de comprendre des phénomènes observables que peut lui présenter son enseignant.

La *motivation extrinsèque* « *regroupe un large éventail de motivations contrôlées par les renforcements, les notes, les prix, l'argent.* » (Lieury & Feunouillet, 2019). Nous pouvons remarquer que l'attrait d'une bonne note peut rester une motivation suffisante pour que l'élève se mette au travail. Mais dépourvue de *motivation intrinsèque*, les activités mathématiques peuvent devenir un « *fardeau écrasant de règles et de symboles qu'il s'agit d'apprendre par cœur, et de manipulations dénuées de sens.* » (Herscovics & Bergeron, 1982). Et dans le pire des cas, les élèves qui ont malheureusement rencontré trop de fois l'obstacle de la

compréhension ont en plus perdu la *motivation extrinsèque* de la note, en plus de la *motivation intrinsèque* du plaisir d'apprendre.

Si le « *besoin est à la source de toute motivation humaine* » (Lieury & Feunouillet, 2019), l'enseignant peut trouver des pistes pour faire renaître ce besoin d'apprendre. Nous avons vu précédemment quels pouvaient être les obstacles à la compréhension à différents niveaux. Si ceux-ci ne sont pas levés, la *motivation intrinsèque* en est atteinte, et les activités proposées ne peuvent plus répondre à un besoin d'enrichir ses connaissances. Robert Butler (1954) a mis en évidence un besoin qui ne pouvait pas être régulé naturellement par l'état intérieur : il s'agit du besoin de curiosité. Ce serait un besoin d'origine biologique qui se situerait au niveau du cerveau, qui a besoin de stimulus pour réguler son activité (Herscovics & Bergeron, 1982).

Une des pistes qui pourrait stimuler ce besoin de curiosité est celle de l'utilisation du *jeu*. En effet, celui-ci est un « *comportement spontané qui dure toute la vie. (...) Nous tenons ce besoin inné de nos cousins les animaux.* » (Herscovics & Bergeron, 1982). L'enseignement étant parfois trop conceptuel, la dimension ludique pourrait donc être une passerelle pour lever certains obstacles de la mise au travail. Dans le paragraphe suivant, nous explorerons comment intégrer la dimension du *jeu* dans une action pédagogique dans le but de redynamiser la motivation d'apprendre à l'élève.

1.2.2 La dimension du jeu dans les apprentissages

Selon Balancier (2012), « *le jeu propose une structuration des connaissances en différents espaces ou modules, tout en exigeant d'effectuer plusieurs tâches en parallèle. Le jeu (...) s'appuie sur nos émotions et nos actions et il est vecteur de dopamine* » (la dopamine est l'hormone dite « du plaisir »). Le jeu a donc une double fonction : il permet de construire le savoir en structurant les connaissances, et il est source de plaisir. Or, « *le plaisir et le désir sont des moteurs fondamentaux des apprentissages* » (Villani & Torossian, 2018). Il élargit son propos en citant Huizinga : « *Observer l'homme au travers du prisme du jeu est éclairant à plus d'un titre (...) car l'homme est bien un homo ludens et la vie un jeu !* » (Huizinga, 1951). Par cette expression, on comprend que le jeu fait partie de la nature humaine, et qu'il est un facteur fondamental de tout ce qui se produit au monde.

On en vient alors à se poser la question : qu'est-ce qu'un jeu ? Brougère (2005) tente de définir **cinq caractéristiques qui pourraient définir le jeu** :

- « **Le second degré** : le second degré est la caractéristique première du jeu. C'est le critère qui donne à l'activité son caractère ludique et fictif.
- **La décision** : ce critère désigne le choix de s'engager ou non dans le jeu mais également la succession de choix nécessaires lors d'un jeu ; décider quel coup jouer, où placer sa pièce etc.
- **La règle** : la règle permet d'organiser la décision dans le second degré.
- **La frivolité** : la frivolité correspond à l'idée de gratuité, à l'idée d'une activité sans conséquence au regard des conséquences de nos conduites dans la vie quotidienne. Le jeu donne l'occasion d'essayer des stratégies qui ne seraient pas tentées dans un cadre ordinaire.
- **L'incertitude** : le dénouement du jeu est toujours incertain. » (Résumé par Maillet Ponge, 2020)

Il existe une foule innombrable de jeux, et tous ont la caractéristique de permettre à leur utilisateur d'apprendre ou de s'exercer sur un nouveau savoir ou savoir-faire, ne serait-ce que les règles qui leurs sont assignées. Si pour beaucoup de jeux, ces apprentissages n'ont pas vraiment de fin utile en soi, le fait de maîtriser des nouvelles compétences sont stimulantes et procure du plaisir. Le *jeu* peut alors devenir un puissant support pédagogique s'il « *combine une intention « sérieuse » - de type pédagogique, informative, communicationnelle, marketing, idéologique ou d'entraînement - avec des ressorts ludiques* » (« Jeu sérieux », 2023) : il s'agit alors d'un *jeu sérieux*. Mais si l'on veut créer un *jeu sérieux* pour introduire l'apprentissage d'un concept du programme scolaire, alors « *il faut trouver le bon équilibre entre aspects ludiques et objectifs pédagogiques.* » (Balancier, 2012), afin que l'un de ces deux éléments ne perde pas de son intérêt.

Le support *jeu sérieux* comme activité mathématique semble être pertinent selon la Théorie des situations didactiques de Brousseau (1997), que nous allons développer dans la section suivante.

1.2.3 La Théorie des Situations Didactiques

Nous présentons dans cette section une brève présentation de la théorie des situations didactiques selon Brousseau (1997), en exposant une liste choisie de définitions qui en sont les termes clés :

Une *situation* est l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu.

Une *situation didactique* est « une situation où se manifeste directement ou indirectement une volonté d'enseigner » (Brousseau, 1997). Les exercices et activités de mathématiques sont des situations didactiques.

Une *situation adidactique* est une situation d'apprentissage dans laquelle le professeur a « l'intention d'enseigner un contenu mathématique tout en laissant à l'élève la marge de manœuvre et d'initiative la plus grande possible » (Kuzniak, 2005). Il s'agit donc des activités mathématiques où l'élève est moins guidé par le professeur.

Les *situations didactiques et adidactiques* sont organisées pour permettre un apprentissage. La différence principale entre les deux situations se situe au niveau de la position et du rôle des acteurs par rapport au savoir à enseigner. Dans une situation adidactique, « le professeur se met en retrait et doit se donner pour objectif principal d'établir les conditions "les plus favorables à la mise en action de l'élève » (Kuzniak, 2005)

Selon les caractéristiques du *jeu* de Brougère (2005) et les définitions de Brousseau (1997), le format du *jeu sérieux* pour une activité mathématique semble être pertinent et remplit les critères de *situation adidactique*. En effet, l'élève a un espace de « décision » qui lui offre donc une « marge de manœuvre » et de prise d'initiative ». La « règle » du *jeu* offre un cadre dans lequel le professeur peut insérer « un contenu mathématique ». La « frivolité » est une condition des « plus favorables pour la mise en action de l'élève », ainsi que l'« incertitude » de l'issue du jeu, qui nourrit la *motivation extrinsèque* de gagner la partie. Mais c'est la *motivation intrinsèque* qui serait la plus mise en valeur car la volonté d'apprendre un nouveau savoir est l'objectif principal, la peur de l'échec étant grandement diminuée car nous évoluons dans le « second degré ».

Pour exemple, citons l'expérience d'une école publique qui couvre le niveau collège et le début du lycée de New York, *Quest to learn*, qui semble être convaincue de la pertinence du *jeu sérieux* dans les apprentissages scolaires, car tous les cours sont délivrés sous forme de jeux sérieux, créés par le professeur, ou par les élèves.

Ses résultats, étudiés de près, sont sur le site de Quest to learn (https://www.q2l.org/apps/pages/index.jsp?uREC_ID=3458293&type=d&pREC_ID=2390374), consulté en février 2023) :

Selon une nouvelle étude de l'Université de New York, les élèves des collèges et lycées de l'école publique de New York Quest to Learn réalisent une croissance significative de leurs compétences en pensée critique, en raisonnement, en résolution de problèmes et en communication.

L'apport du *jeu sérieux* entraîne donc une répercussion positive sur des compétences très recherchées par les entreprises, et les élèves viennent avec plaisir à l'école pour apprendre (94% de taux de fréquentation).

Après avoir exploré les différentes formes de *motivations*, et l'apport du *jeu sérieux* dans les apprentissages, explorons davantage ce qui peut alimenter la *motivation intrinsèque* dans une situation d'apprentissage : le *constructivisme* (théorie développée par Piaget, 1975) et le *socioconstructivisme* (théorie développée par Vygotsky, 1980).

1.2.4 Le constructivisme et le socioconstructivisme

Développée par Piaget (1975) en réaction au behaviorisme, le constructivisme est une théorie de l'apprentissage fondée sur l'idée suivante :

Chaque apprenant construit la réalité, ou du moins l'interprète, en se basant sur sa perception d'expériences passées. Selon le modèle constructiviste, l'acquisition de connaissance ne se réalise pas par simple empilement mais passe par une réorganisation de conceptions mentales précédentes, un travail de construction ou de reconstruction » (Chekour et al., 2015).

Il est donc important que l'enseignant soit conscient des expériences passées de l'élève, par une vérification des acquis antérieurs, mais aussi par l'analyse de situations de la vie

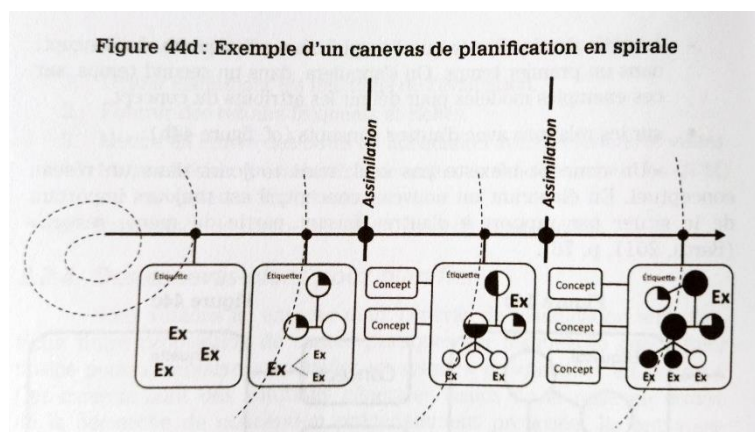
courante déjà rencontrées auparavant. L'apport d'un savoir nouveau se greffe donc sur des savoirs acquis, par une réorganisation des connaissances entre les anciennes et les nouvelles.

Face à un savoir nouveau, l'élève peut « *soit incorporer les informations perçues au sein de sa structure cognitive (assimilation), soit modifier sa structure cognitive afin d'incorporer les éléments nouveaux provenant de la situation (accommodation)* » (Kerzil, 2009), lorsqu'il ne réussit pas à l'assimiler.

Voici une illustration schématique (figure 3) (Musial & Tricot, 2020) de ce qui peut se jouer dans le processus d'assimilation des nouveaux concepts, construits de façon spiralee, selon le modèle constructiviste :

Figure 3

Exemple d'un canevas de planification en spirale (Musial & Tricot, 2020, p.146)



La méthode de *la théorie constructiviste* peut donc être une réponse pour lever les obstacles à la *compréhension*, car l'élève évolue dans un environnement cognitif avec des points de repères, ses connaissances antérieures. Il peut donc construire son savoir et avancer avec assurance sur le chemin de l'assimilation de nouveaux concepts et enrichir ses connaissances. En outre, l'élève est « *actif dans la recherche de sens ce qui lui confère une plus grande motivation qui lui permet de mieux ancrer les enseignements* » (« Piaget et le constructivisme », 2020). Un *jeu sérieux* rentre bien dans le cadre de la théorie du *constructivisme* car l'élève est actif, il construit son savoir en jouant et en *assimilant* au fur et à mesure les divers éléments du jeu, en particulier le savoir à enseigner que l'enseignant a choisi d'intégrer au jeu.

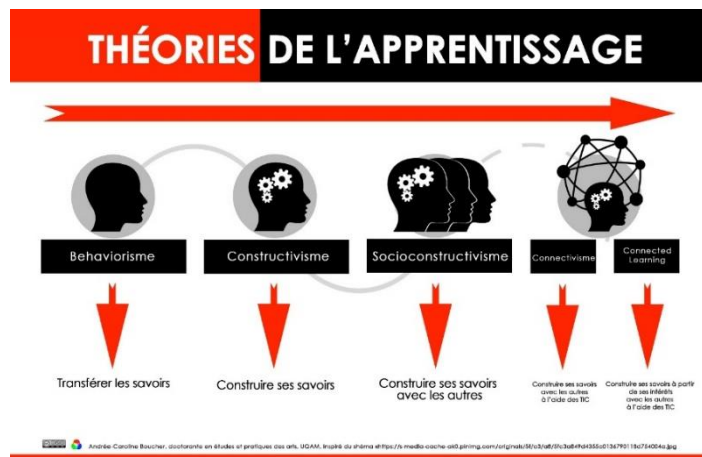
Plus tard, Vygotsky (1943/1985) élargit cette théorie en y intégrant le rôle interactif dont l'élève peut bénéficier avec les personnes de son entourage : le socioconstructivisme. L'*Encyclopédia Universalis* définit le socioconstructivisme comme « *une technique éducative dans laquelle chaque apprenant est l'agent de son apprentissage et de l'apprentissage du groupe, par le partage réciproque des savoirs* ». L'apprentissage est vu comme l'acquisition de connaissances grâce aux échanges entre l'enseignant et les élèves ou entre élèves. Les élèves n'apprennent pas seulement grâce à la transmission de connaissances par l'enseignant mais aussi grâce aux interactions (Doise & Mugny, 1981).

Dans un *jeu sérieux* non solitaire, la concurrence entre les joueurs, ou bien les échanges au sein d'une même équipe, ou encore les interactions verbales avec l'animateur-enseignant sont autant d'opportunités pour alimenter le débat entre les protagonistes sur les questions de validation de réponses, de compréhension des questions, de stratégies de recherches... Nous pouvons rajouter que la « *co-résolution d'une tâche prescrite par l'enseignant et répondant à une situation-problème, les actes de langage ne sont pas que de simples vecteurs de communication. Ils participent au développement d'une motivation intrinsèque par laquelle l'élève « impliqué » devient acteur de ses apprentissages* » (Moussu et al., 2005). Nous pouvons conclure que l'activité du *jeu sérieux* rentre donc bien dans le cadre de la théorie du *socioconstructivisme*, et dévient une réelle source de *motivation* dans les apprentissages.

Nous pouvons résumer les trois théories citées précédemment à l'aide du schéma suivant (figure 4 réalisée par Andrée-Caroline Boucher), qui inclut en plus la théorie du *connectivisme* ou *connected learning*, qui ne sera pas développée dans ce mémoire.

Figure 4

Schéma des Théories de l'apprentissage (Boucher, 2023)

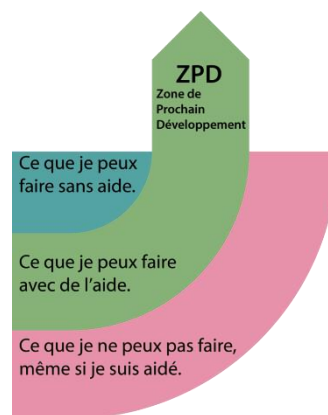


1.2.5 La zone proximale de développement

Le rôle de l'enseignant dans la mise en place du *jeu sérieux* doit être juste et efficace. En effet, pour que la situation soit *adidactique*, il doit se positionner suffisamment en retrait pour que l'élève puisse être « mis en action », et qu'ainsi il puisse construire de lui-même son savoir. Mais il doit avoir pensé son activité pour qu'elle ne soit ni trop difficile, ni trop facile, afin que l'élève puisse progresser. Aussi, il doit être disponible pour l'accompagner dans le franchissement des étapes, ou avoir la possibilité d'être aidé par ses pairs. Ce juste milieu est appelé par Vygotski (1934/1985) la « *Zone Proximale de Développement* » (figure 5), zone imaginaire « *délimitée par le niveau de résolution de problèmes d'un enfant seul (son niveau actuel) et le niveau qu'il peut atteindre lorsqu'il est aidé par un adulte expert.* » (Ailincăi, 2005) C'est en concevant ses activités éclairées par ce concept, que l'enseignant diminuera au maximum les obstacles à la compréhension.

Figure 5

« Zone Proximale de Développement » (2020) (Vygotski, 1934/1985), source Wikipédia l'Encyclopédie



Pour conclure cette deuxième section, nous avons balayé les théories de l'apprentissage qui pouvaient valider l'efficacité de l'utilisation d'un *jeu sérieux* en classe, comme *les cinq caractéristiques du jeu* selon Brougère (2005), la *théorie de l'apprentissage* selon Brousseau (1997), le concept de *constructivisme* selon Bruner, les concepts de *socioconstructivisme* et de *zone proximale de développement* selon Vygotski (1934/1985). Elles ont justifié qu'un *jeu sérieux* pouvait être un moteur de *motivation* pour l'entrée dans les apprentissages, mais aussi un levier pour lever les obstacles à la *compréhension* et au processus d'*abstraction*.

Dans la section suivante, nous allons explorer un chemin plus large que celui de l'utilisation d'un *jeu sérieux* pour accompagner l'élève sur le chemin de l'*abstraction* : **l'étape concrète**. Nous allons d'abord découvrir à travers la présentation de trois pédagogies alternatives ce qui est entendu par « étape concrète ». Puis nous allons faire le point sur la recherche du point de vue des neurosciences, et de la théorie des intelligences multiples. Et enfin nous observerons plus attentivement la pédagogie de Maria Montessori, qui donne une place centrale au matériel pédagogique sensoriel.

1.3 UN CHEMIN VERS L'ABSTRACTION : L'ETAPE CONCRETE

Au cours du XX^e siècle, plusieurs pédagogies dites « alternatives » ont été développées par certains pédagogues ou groupes de chercheurs en pédagogie, convaincus que les pédagogies contemporaines de leur époque n'étaient pas suffisamment efficaces ou source de motivations pour les élèves. Les pédagogies présentées ci-après ont en commun la volonté d'accompagner

l'élève vers le chemin de *l'abstraction de concepts*, de façon différente que les pédagogies plus courantes, elles intègrent l'étape concrète.

1.3.1 Quelques exemples de pédagogies « alternatives »

Les pédagogies « alternatives » sont présentées par Wagnon (2018) comme « *une autre façon d'éduquer, d'enseigner, de comprendre les apprentissages, les relations humaines, pour repenser notre société* ». Un des principes de ces éducations nouvelles est la suivante : « *L'éducation fonctionnelle (est) centrée sur les intérêts de l'enfant, il s'agit de s'adapter aux besoins de l'enfant, et non de déterminer ce qu'il est utile de faire apprendre, les habitudes à faire contracter, les exercices propres à obtenir les résultats visés.* » (Wagnon, 2018). En cela, répondre aux besoins de l'enfant avant de vouloir lui inculquer « *une masse de connaissances* » répond à cette mise en avant de la *motivation intrinsèque*, qui fonctionne par la réponse à un besoin, car rappelons que le besoin est à la source de toute motivation humaine. De façon très brève, nous présentons ici trois pédagogies alternatives qui ont attiré notre attention dans le champ de notre recherche, car elles ont en point commun la planification d'applications concrètes pour ancrer les apprentissages abstraits :

La pédagogie Montessori : Maria Montessori médecin psychologue met au point sa nouvelle pédagogie en 1907 : « elle promeut l'autonomie, l'auto-régulation, la coopération entre pairs d'âges variés et l'apprentissage à partir de matériels sensoriels et autocorrectifs » (Courtier, 2019). « Elle considérait que l'immobilité de l'enfant était problématique parce qu'elle était convaincue que le mouvement et la pensée sont très étroitement liés. C'est pourquoi le mouvement fait partie intégrante du programme éducatif qu'elle a développé » (Stoll-Lillard, 2018). Aujourd'hui encore, les classes dites « Montessori » sont remplies de matériels sensitifs pensés pour aborder une grande quantité de savoirs et savoir-faires, mis à disposition du libre choix des élèves, selon leurs besoins d'apprentissages. L'objectif étant un apprentissage sans obligation de résultats s'appuyant sur le concret pour aller progressivement vers l'abstrait.

- **La pédagogie Freinet** : L'instituteur Célestin Freinet et son épouse Elise Freinet ont mis au point leur pédagogie en 1964 : « *Une tentative originale de mise en œuvre d'une approche naturelle fondée sur la coopération, l'expression libre des enfants et le travail. Elle s'appuie sur différentes techniques dont les plus connues sont l'imprimerie, le plan de travail, la production de textes libres, les enquêtes et*

conférences, la correspondance scolaire, la réunion de coopérative, des ateliers d'expression et de création. » (Lescouarch , 2010). Il utilise le « tâtonnement expérimental comme méthode de découverte et d'apprentissage », et développe le « matérialisme pédagogique » ou la mise à disposition d'un matériel scolaire adapté ».

- **La méthode de Singapour :** pédagogie élaborée par le Ministère de l'Éducation de Singapour : « *l'organisation de notions et de compétences, l'approche concrète – imagée – abstraite, l'importance accordée à la résolution de problèmes, la modélisation (représentation par un schéma d'un concept ou d'une situation mathématique) et la pratique guidée* » (Mounier & Grapin, 2019) . « *Chaque notion mathématique est introduite par une phase concrète de manipulation, puis est progressivement modélisée, simplifiée par des représentations adaptées à l'âge des élèves et à la complexité des notions* » (Kritter, 2019).

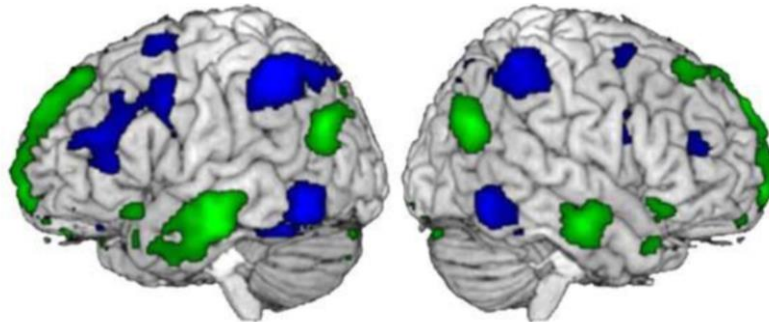
Que ce soit en phase de découverte d'une notion, en support pour exprimer un concept déjà acquis, ou encore pour comprendre un énoncé de problème, la place de la manipulation concrète d'objets tient une place importante dans ces trois pédagogies. Leur notoriété semble prouver la réussite de ces pédagogies alternatives. Nous allons maintenant chercher du côté des découvertes récentes en neurosciences si cette réussite est réellement validée, notamment sur la question de cette étape concrète.

1.3.2 Les neurosciences dans les apprentissages

Depuis que l'imagerie cérébrale existe, les neurosciences ont pu grandement aider les sciences de l'apprentissage à se développer. Par exemple, Dehaene (2017) décrit qu'on peut visualiser les zones du cerveau qui sont activées lorsque l'on dicte un énoncé mathématique à des mathématiciens (le cortex pariétal, le cortex temporal, le cortex frontal), mais qui ne s'activent pas pour un énoncé d'une autre nature (figure 6). Il existe donc des zones du cerveau dédiées seulement aux mathématiques (zones bleues) qui ne recouvrent pas les zones dédiées au langage. Cependant, ces zones du langage peuvent être activées en premier lieu (en vert sur le schéma ci-dessous) pour une première compréhension de l'énoncé, puis rapidement après les zones consacrées au « sens du nombre » sont ensuite toujours activées pour tout raisonnement mathématique (en bleu) :

Figure 6

Comparaison des régions du cerveau activées par une activité mathématique (en bleu) et par une activité langagière (en vert) chez les mathématiciens et les non-mathématiciens (Amalric & Dehaene, 2016)



Berthier (2016) met en lumière la place du langage : « Il n’y a pas de raisonnement d’exercice mathématique sans la construction du langage ». Prado (2018) confirme que « *les neurones du sens des quantités seraient toujours impliqués dans les tâches mathématiques, y compris lors des raisonnements les plus complexes.* » Même si cette zone du sens des quantités (idem que « le sens des nombres ») est toujours activée, d’autres réseaux s’activent en plus selon si l’on manipule du langage mathématique (le *symbolisme* mathématique), ou si l’on pense à des concepts mathématiques (et des réseaux encore différents si l’on utilise purement la linguistique) (Dehaene, 2017).

Dehaene (2017) poursuit en présentant une autre étude réalisée sur des mathématiciens aveugles et non aveugles, qui montre dans les deux cas « qu’on a besoin des entrées visuelles pour construire des représentations dans notre cerveau ». Le cerveau a donc besoin de représentations imagées pour concevoir les mathématiques. Mais le langage a aussi sa place pour une première approche. En effet :

En développant son intelligence linguistique, [l’enfant] gagne en capacité d’abstraction et de manipulation symbolique. Mais comme nous l’avons montré, avec Peter Bryant, cela provoque aussi des perturbations et des erreurs qui n’existaient pas avec l’intelligence Visuo-spatiale, plus rapide, plus fluide et plus économique (du point de vue du coût cognitif) (Houdé & Borst, 2019, p.101).

Le langage est à la fois une aide pour aider à concevoir les notions de mathématiques, mais il peut à certains moments devenir une entrave, un obstacle à la compréhension lorsqu’il

est utilisé dans le symbolisme du langage mathématiques. Le recours à la représentation imagée peut devenir une passerelle, efficace et rapide, pour à nouveau revenir au sens premier de notion mathématique abordée. Nous y reviendrons plus tard lors de la présentation du *jeu sérieux* utilisé lors de notre expérimentation.

D'autre part, Alain Berthoz (1997), neurophysiologiste français, décrit un sixième sens, celui du mouvement. Il affirme que celui-ci peut « *inventer des hypothèses, modéliser et trouver des solutions que [ceux qui l'utilisent] projettent au dehors* ». En ce sens, Berthoz prouve que le mouvement, par exemple mis en œuvre sur un objet, peut de lui-même mener le cerveau sur le chemin de l'abstraction. Il conseille alors aux enseignants de mathématiques d'utiliser le mouvement pour conceptualiser :

Le cerveau dans le corps et dans l'espace est certes important pour l'éducation physique et sportive dans le programme scolaire, de la maternelle au lycée, mais aussi pour les aspects dits cognitifs telle la géométrie et la construction mentale 3D de l'espace en mathématiques. Il faut faire se déplacer les élèves pour qu'ils comprennent les concepts. C'est une pédagogie du corps dans l'espace » (Berthoz, 2019, p.40).

Maria Montessori avait mis au cœur de ses recherches comment le mouvement du corps pouvait exercer une influence sur le cerveau en cours d'apprentissage, et critique la vision de son époque qui séparait la pensée, et la représentation de son corps :

Une des plus grandes erreurs de notre temps est de considérer le mouvement en soi comme quelque chose de séparé des fonctions supérieures (...) Le développement cérébral est nécessairement lié au mouvement et en dépend. La théorie et la pratique éducative doivent être fondamentalement inspirées par cette idée. (Montessori, 1967 à 1995, p. 141-142)

Un siècle après les travaux de Maria Montessori, ses théories sont éprouvées par la recherche en psychologie, et il en ressort que de « *nombreux théoriciens affirment désormais qu'il est préférable d'envisager la **cognition comme étant incarnée*** » (Barsalou, 2002 ; Lakoff & Johnson, 1999 ; Shapiro, 2011). Si la *cognition* est définie par « *l'Ensemble des structures et activités psychologiques dont la fonction est la connaissance* » (Larousse, s.d.), et le terme *incarner* par « *représenter en soi, soi-même (une chose abstraite)* » (Le Robert, s.d.), nous comprenons que l'approche d'une connaissance par le biais du corps en mouvement est plus efficace que si l'on enlève cette dimension charnelle. Une étude sur des enfants utilisant un

boulier illustre bien ce propos (Stigler, 1984) : il semblerait que les élèves habitués à calculer sur un boulier sont plus compétents et plus rapides à résoudre un problème que ceux qui ne savent pas l'utiliser, même s'ils n'en ont pas un sous la main. Ceci est expliqué par « *le fait de rendre concret quelque chose de symbolique grâce à une utilisation habituelle de l'abaque (boulier) permet de meilleurs calculs.* » (Stigler, 1984). Cette étude a été menée à nouveau (30 ans après) mais aussi sur des élèves utilisant un boulier numérique (Flanagan, 2013) (représentation d'un boulier sur une tablette par exemple) : ceux qui utilisaient le boulier réel étaient nettement meilleurs pour la résolution de problèmes nouveaux (Stoll Lillard, 2018). Le corps en mouvement dans la 3^o dimension semble apporter plus de compétences en abstraction que s'il est en mouvement seulement dans la 2^o dimension.

En réunissant toutes ces informations, on comprend que lors d'un apprentissage d'une notion mathématique, pour que la zone consacrée au sens des quantités soit activée, l'utilisation du langage et donc de la verbalisation de ce qui est compris est une étape inévitable (à haute voix ou dans sa tête). Mais elle peut aussi devenir source de confusion lors de l'utilisation du symbolisme. L'emploi de la représentation imagée est un renforcement efficace, voire un passage obligé pour conceptualiser les notions ou les problèmes à résoudre.

L'utilisation du mouvement peut être aussi pertinente, car il fonctionne comme un sens à part entière et permet de suivre le processus d'abstraction recherché. En cela, les recherches en neurosciences confirment ce qu'avaient pressenti intuitivement Montessori et Freinet. La pédagogie de Singapour plus récente, semble s'être emparée de ces résultats pour développer sa méthode.

Nous allons maintenant brièvement présenter la théorie des intelligences multiples de Gardner, qui offre un regard méthodique sur la diversité cognitive de tout un chacun.

1.3.3 La théorie des intelligences multiples

Nous venons de survoler les zones du cerveau qui peuvent être activées lors d'un raisonnement mathématique. L'étude a été menée sur des mathématiciens afin de repérer plus clairement les zones de leur activité réflexive. Mais d'autres études montrent, dans une moindre mesure, que les mêmes zones sont activées pour des sujets adultes ou enfant, non experts dans la matière. La question que l'on peut se poser alors est : existe-t-il une aptitude particulière

pour les mathématiques ? Nomme-t-on cela l'intelligence ? Comment un enseignant peut-il accompagner une classe aux divers niveaux d'intelligence ?

Gardner a cherché durant de nombreuses années ce qui pouvait définir l'*intelligence*. Il propose tout d'abord une définition générale :

L'intelligence implique la capacité à résoudre des problèmes ou à produire des biens ayant une valeur dans un contexte culturel ou collectif précis. La compétence à résoudre des problèmes permet d'aborder une situation dans laquelle un but doit être atteint et de déterminer le chemin approprié pour y parvenir » (Gardner, 2008, p.32).

A partir de cette conception de l'intelligence, il en est arrivé à déterminer non pas une forme d'intelligence, mais huit groupements de formes d'intelligence : *l'intelligence verbale/linguistique, l'intelligence visuelle/spatiale, l'intelligence logico/mathématique, l'intelligence musicale/rythmique, l'intelligence corporelle/kinesthésique, l'intelligence naturaliste, l'intelligence interpersonnelle, et enfin l'intelligence intrapersonnelle.*

Nous choisissons de décrire quatre de ces intelligences car elles sont en résonance avec nos travaux de recherche (extraites du site www.intelligences-multipl.es.org) :

L'intelligence logico-mathématique « permet l'analyse des causes et conséquences d'un fait, l'émission d'hypothèses, la compréhension de phénomènes complexes, la manipulation des chiffres et l'exécution des opérations mathématiques »

L'intelligence visuospatiale « permet à l'individu de se faire une représentation spatiale du monde dans son esprit. Elle donne la possibilité de créer des œuvres d'art et artisanales, d'agencer harmonieusement des vêtements, des meubles, des objets, de penser en images. »

L'intelligence kinesthésique « est la capacité d'utiliser son corps ou une partie de son corps pour communiquer ou s'exprimer dans la vie quotidienne ou dans un contexte artistique, pour réaliser des tâches faisant appel à la motricité fine, pour apprendre en manipulant des objets, pour faire des exercices physiques ou pratiquer des sports. »

L'intelligence linguistique « est la capacité d'utiliser des mots et le langage pour exprimer ou saisir des idées complexes, ou pour comprendre les autres. »

Il existerait donc une diversité cognitive, la question n'étant pas de savoir si elle est innée ou acquise, mais plutôt de chercher à utiliser cette information pour comprendre comment

accompagner au mieux l'élève dans le processus d'abstraction. Et même si nous travaillons sur des notions mathématiques, les élèves n'étant pas tous des futurs mathématiciens, il faut pouvoir les aider en leur proposant des supports (des médiums) leur permettant d'utiliser telle ou telle aptitude. Gardner donne donc ce conseil aux enseignants :

Le principe mathématique ne peut pas être entièrement traduit en mots (un médium langagier), ni en modèles spatiaux (un médium spatial). (...) L'enseignant doit tenter de trouver une route différente pour arriver au contenu mathématique – une métaphore dans un autre médium. (...) une analogie kinesthésique pourrait s'avérer adaptée dans certains cas. (Gardner, 2008, p.54)

On retrouve les résultats des neurosciences cités plus haut. La résolution de problème – qui au départ peut être de nature tout à fait disparate même s'il s'agit ici de problèmes de nature mathématique – peut être abordée ou résolue non pas seulement par l'intelligence *logico-mathématique*, mais aussi par *l'intelligence linguistique*, en verbalisant ce qui est compris ; ou encore par *l'intelligence visuo-spatiale* en le traitant par un support visuel donné ou un schéma à produire ; ou enfin par *l'intelligence kinesthésique*, en offrant des objets à manipuler afin qu'une métaphore s'opère et que l'élève puisse « aborder » le problème et trouve ensuite le « chemin pour parvenir » à sa résolution.

Environ 110 ans se sont écoulés entre les premiers travaux de Montessori qui commençait à mettre en place sa pédagogie auprès de quelques enfants, et la rédaction du rapport intitulé *21 mesures pour les mathématiques*, de Villani & Torossian (2018) qui s'adresse à tous les enseignants de la maternelle au collège qui enseignent les mathématiques en France. Ce guide fondamental regroupe tout ce que nous avons présenté précédemment, et parmi les nombreux conseils qui y sont prodigués, une des « mesures » résume notre dernière section :

Figure 7

Extrait du rapport 21 mesures pour l'enseignement des mathématiques, 5^o mesure (Villani & Torossian, 2018)

MATHÉMATIQUES : EFFICACITÉ, PLAISIR ET AMBITION POUR TOUS

5

Les étapes d'apprentissage

- Dès le plus jeune âge mettre en œuvre un apprentissage des mathématiques fondé sur
- la manipulation et l'expérimentation ;
 - la verbalisation ;
 - l'abstraction.

A cela nous ajoutons qu'il est aussi central d'intégrer l'étape imagée, qui pourrait parfois remplacer la verbalisation, lorsque les mots manquent. Néanmoins, convaincus que la manipulation et l'expérimentation peuvent être une étape nécessaire pour certaines notions de mathématique abordées en classe, une nouvelle question se pose à nous, notamment en lisant la « mesure » précédente n°4 :

Figure 8

Extrait du rapport 21 mesures pour l'enseignement des mathématiques, 4^o mesure (Villani & Torossian, 2018)

4

Équipement

Proposer à toutes les écoles un équipement de base, accompagné de tutoriels, favorisant les manipulations d'objets réels ou virtuels.

Que pouvons-nous mettre en place précisément pour introduire cette étape de manipulation ? Souvent bien plus développée à l'école élémentaire, elle fait cruellement défaut au niveau collège, ainsi que les tutoriels qui vont de pair avec le matériel.

Dans la section suivante nous allons développer un début de réponse en faisant appel à la *médiation scientifique instrumentale*, et explorer le champ théorique pour un emploi efficace, l'objectif étant l'abstraction de nouveaux concepts mathématiques. Puis nous terminerons cette première partie du cadre théorique en présentant un exemple de *médiation scientifique instrumentale*, la création d'un *jeu sérieux*.

1.4 LA MEDIATION INSTRUMENTALE : L'UTILISATION D'UN ARTEFACT POUR APPRENDRE

1.4.1 Définition de la médiation scientifique instrumentale

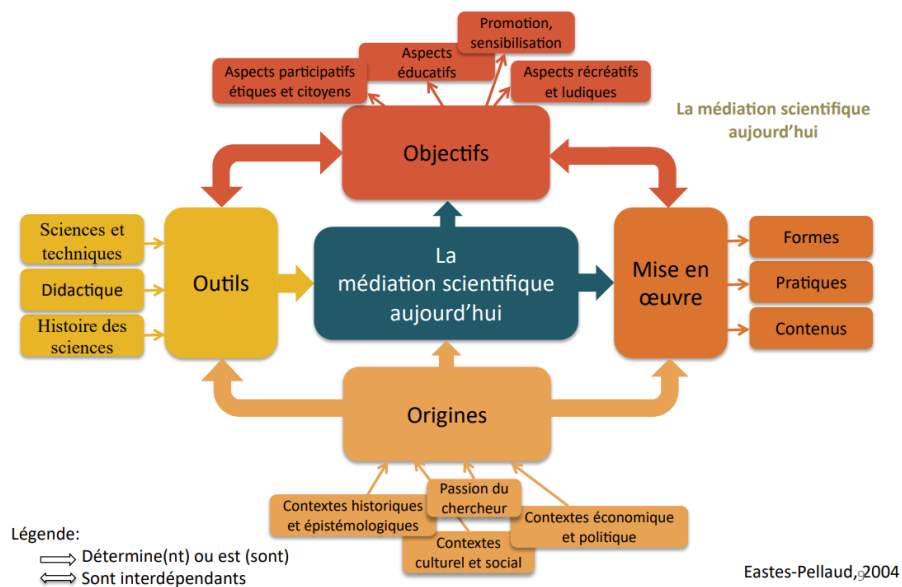
« La médiation scientifique et culturelle est une forme de diffusion pédagogique des connaissances qui cherche à mettre le savoir (et éventuellement ses limites et ses incertitudes) à portée de tous et chacun. » Elle permet, entre autres, de « favoriser le développement de la curiosité », « développer l'esprit critique », « former à la démarche expérimentale et scientifique », « proposer un autre regard sur les arts et les sciences (une science amusante) » (Ailincăi, 2022).

La *médiation* peut être le processus résultant soit de l'action directe d'une personne (*médiation humaine*) soit de l'action indirecte exercée à travers des instruments (*médiation instrumentale*) (Rézeau, 2002). L'« équipement de base » dont les écoles devraient se doter

(Villani & Torossian, 2018) , « *accompagné de tutoriels* », peut rentrer dans cette définition de « *médiation instrumentale* » . En s'appuyant sur la modélisation de la médiation scientifique par Eastes & Pellaud (2004) (figure 9), nous pouvons affiner une liste de critères pour que cet « équipement » atteigne son objectif de mettre le savoir mathématique à la portée de toutes les formes d'intelligences citées ci-dessus :

Figure 9

Modélisation : « la médiation scientifique *aujourd'hui* » (Eastes & Pellaud, 2004)



A l'origine, nous pouvons rappeler la difficulté de la part de certains élèves d'entreprendre le chemin de l'abstraction, ainsi que les obstacles à la compréhension et le manque de motivation à entrer dans une activité mathématique. L'objectif devient alors celui d'accompagner les élèves dans une démarche socio-constructiviste et sur le chemin de l'abstraction. L'outil qui est alors proposé est une *situation adidactique* à proposer en classe qui permet aux élèves d'apprendre par eux-mêmes des nouveaux concepts au programme, en échangeant entre eux. La *mise en œuvre* se fait sous la forme d'un jeu sérieux, mettant en avant différents médiums cognitifs comme la manipulation, la schématisation, la verbalisation et le symbolisme. Nous proposons donc, pour poursuivre notre étude, un support de *médiation instrumentale* car c'est bien par l'instrument que l'élève rentrera en contact avec le savoir enseigné. Mais il s'agit aussi d'une *médiation humaine* car d'une part les interactions entre élèves enrichiront les découvertes (tutorat entre pairs). Mais aussi la présence du *médiateur*, en

l'occurrence le professeur de mathématiques, aura pour fonction celui d'*étayage*. Bruner définit ce dernier comme « *une interaction entre l'adulte et l'enfant dans laquelle l'adulte essaie à travers une communication adaptée, en y apportant les reformulations adéquates, de conduire l'enfant vers la résolution d'un problème qu'il ne saurait résoudre seul.* » (Robo, 2021)

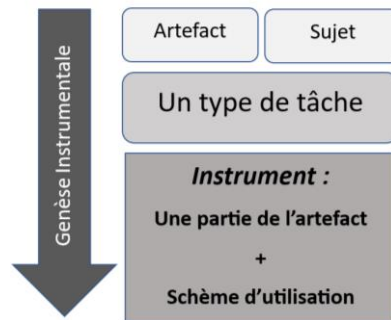
L'intégration de la manipulation d'objets nous emmène vers le concept d'artefact, que nous allons définir ci-après.

1.4.2 Définition de la manipulation et d'un artefact

Selon le dictionnaire Le Robert, manipuler signifie « *manier avec soin en vue d'expériences, d'opérations scientifiques ou techniques* », sachant que manier veut dire « *avoir en main, entre les mains tout en déplaçant, en remuant* », et que dans notre cas il s'agit d'expériences mathématiques. Nous devons donc penser un ou des objets qui soient manipulables, qu'ils puissent être porteurs de sens mathématique et qu'ils puissent être aussi des vecteurs de création de nouveaux concepts mathématique pour leurs utilisateurs. La création d'un tel objet s'appelle un artefact, c'est-à-dire « *un objet transformé par l'homme pour une certaine fin* » (Rabarbel, 1995). Trouche (2017) prolonge l'idée d'artefact qui, associé à une utilisation pour un type de tâche précis, devient un instrument (figure 10) : il est porteur d'un *schème d'utilisation*. Le schème selon Piaget (« Schème », 2023) est une « *structure ou organisation des actions telles qu'elles se transforment ou se généralisent lors de la répétition de cette action en des circonstances semblables ou analogues. Il s'agit d'un noyau ou squelette de savoir-faire, adaptable à un grand nombre de situations* ».

Figure 10

La construction d'un instrument, par un sujet donné, à partir d'un artefact donné, modélisation inspirée par Trouche (2011)



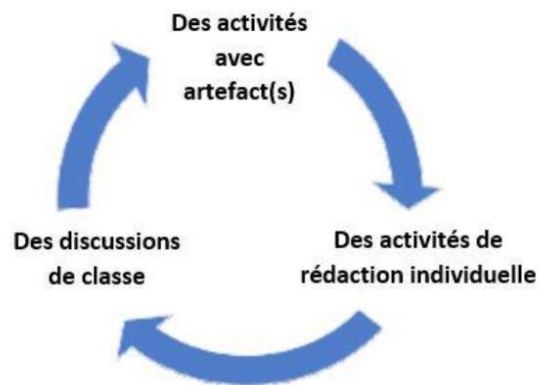
La conception d'un artefact avec cette ambition d'utilisation de schèmes pour aider à l'abstraction de nouveau concept ne se fait pas au hasard. Les enseignants et chercheurs considèrent parfois que « *les significations mathématiques liées à l'usage d'un artefact sont transparentes pour les élèves* » (Mariotti & Maracci, 2010) et que la situation ne justifie pas une médiation du professeur. Pour éviter cette erreur de considération et donner pleinement sa valeur pédagogique à l'artefact, Bussi & Mariotti (2008) proposent la *Théorie de Médiation sémiotique*, que nous présentons ci-après.

1.4.3 La théorie de la médiation sémiotique

La *théorie de la médiation sémiotique* est un « *modèle visant à décrire et expliquer le processus qui commence par l'utilisation par l'élève d'un outil spécifique pour accomplir une tâche et conduit à l'appropriation par l'élève d'un contenu mathématique particulier* » (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008, p. 51). La sémiotique est définie par le dictionnaire Le Larousse, comme étant une « *science générale des modes de production, de fonctionnement et de réception des différents systèmes de signes qui assurent et permettent une communication entre individus et/ou collectivités d'individus* ». Le modèle de la *théorie de la médiation sémiotique* se concentre dans la préparation d'étapes dans une activité que l'enseignant aura pris soin de mettre en œuvre en mettant en place des allers-retours entre les « *signes-artefact* » (c'est-à-dire le sens donné aux objets utilisés ou parties de l'objet dans l'artefact) et les « *signes mathématiques* » qui lui sont associés (c'est-à-dire le sens métaphorique qui peut se dégager vers le sens commun des mathématiques). Ces allers-retours peuvent être représentés de manière cyclique, passant par trois étapes, tantôt l'utilisation des artefacts pour l'émergence de ses signes, tantôt pour une appropriation individuelle et le chemin vers sa traduction en signes mathématiques, tantôt des discussions en classe (petits groupes ou classe entière) pour une validation commune des « *signes mathématiques* » nés des « *signes-artefact* », animées de près par l'enseignant-médiateur :

Figure 11

Le cycle didactique (Mariotti & Maffia, 2018)



C'est en revenant sur l'utilisation de l'artefact que les élèves peuvent continuer à délivrer un sens plus riche à l'artefact proposé, et ainsi utiliser son « potentiel sémiotique », à l'ancrer dans le savoir mathématique enseigné, puis à poursuivre le chemin de la métaphore engagée pour accéder à d'autres concepts plus complexes. A travers ce modèle de *médiation instrumentale*, la place de l'enseignant est cruciale dans son rôle de *médiation humaine*, un peu comme un chef d'orchestre au milieu d'une « *polyphonie de voix articulées sur un objet mathématique, qui est une des raisons d'être de l'activité d'enseignement-apprentissage* » (Bartolini Bussi M. G., 1998, p. 68).

Ainsi, l'utilisation d'un *artefact* par un enseignant, respectant le *cycle didactique* présenté ci-dessus, devient un support de *médiation scientifique sémiotique* permettant le processus d'*abstraction* d'abord *empirique* (première phase du cycle), puis d'*abstraction réfléchissante* (phases suivantes du cycle). Les *concepts* mathématiques visés et choisis par l'enseignant sont alors élaborés en respectant le *cycle spiralé d'assimilation socio-constructiviste*, les échanges *entre pairs* et avec le professeur alimentant cette construction de savoirs. En outre, ils permettent à la diversité cognitive de chaque élément d'une classe de se retrouver à un moment ou un autre plus à l'aise pour l'émergence de sens et ainsi accéder à la compréhension du savoir et à la maîtrise abstraite des signes mathématiques (car les *intelligences kinesthésiques, visuo-spatiales, linguistiques, et logico-mathématiques* sont activées). Si cet *artefact* est de plus intégré dans un cadre ludique respectant les *caractéristiques d'un jeu*, alors ce *jeu sérieux* peut s'avérer très efficace en terme pédagogique.

D'un point de vue théorique l'utilisation et la manipulation d'artefacts favoriseraient l'abstraction de certaines notions en mathématiques. Depuis toujours les artefacts sont utilisés

intuitivement pour les toutes petites classes pour enseigner le sens du nombre, ils le sont aussi de plus en plus dans les classes élémentaires, notamment depuis que Montessori a encouragé leur utilisation pour faciliter les apprentissages. En revanche, leur utilisation dans les classes de collège devient beaucoup plus rare, voire inexistante par un bon nombre de professeurs. La raison est évidemment que les savoirs enseignés dans le secondaire se prêtent bien moins à une métaphore portée par un artefact, l'utilisation et la maîtrise du langage mathématique étant une priorité didactique. Et pourtant, face au désintérêt croissant pour les mathématiques dans ces années collégiennes, et face aux difficultés de plus en plus nombreuses que les élèves peuvent rencontrer, nous pensons que l'invention d'artefacts adaptés au niveau scolaire, et aux exigences du programme dans la matière pourraient être davantage développées et étudiées. C'est pourquoi, nous allons dans la section suivante présenter la conception d'un *jeu sérieux*, élaboré spécialement pour mesurer de façon concrète quels seraient les plus-values d'un tel support, du point de vue du passage à l'abstraction de nouveaux savoirs. Son utilisation en classe servira à l'analyse précise de sa pertinence pédagogique, qui sera présentée dans la 2^o partie de ce mémoire. Nous avons choisi d'introduire les notions de calcul littéral en classe de 4^o, notamment la *réduction* d'expressions littérales, et en particulier la *distributivité* (*développer une expression littérale*), et la *factorisation*.

1.5 CREATION D'UN JEU SERIEUX POUR DECOUVRIR LES NOTIONS « DEVELOPPER » ET « FACTORISER » EN CLASSE DE 4^o

Nous allons d'abord rappeler les directives ministérielles afin d'ancrer au plus près du programme ce *jeu sérieux*, notamment du point de vue des compétences, du calcul littéral et de la résolution de problème au cycle 4. Puis nous allons présenter *l'artefact* et *les règles du jeu sérieux*, afin de comprendre plus finement les analyses présentées dans la partie suivante. Nous présenterons enfin le cadre théorique que nous avons choisi pour analyser cette plus-value : *les trois modes de représentations selon Bruner (1973)*.

1.5.1 Les directives ministérielles des accompagnements de programme (les compétences chercher et représenter, le calcul littéral)

Depuis la réforme de l'enseignement au collège, projet porté par la ministre de l'Éducation nationale Najat Vallaud-Belkacem, le socle commun de compétences a pris place : « *une compétence est l'aptitude à mobiliser ses ressources (connaissances, capacités, attitudes) pour accomplir une tâche ou faire face à une situation complexe ou inédite. Compétences et*

connaissances ne sont ainsi pas en opposition ». (BO n°17.04.2015). Les cinq compétences à évaluer de manière transversale et tout au long de l'année en mathématique sont : *chercher, modéliser, représenter, raisonner, calculer, communiquer*. Elles sont toutes mises en œuvre à travers notre jeu sérieux. En effet, la compétence *Représenter* (« *Produire et utiliser plusieurs représentations des nombres* », « *donner à voir les objets mathématiques, progression dans la vision du réel et dans l'appréhension des objets mathématiques abstraits* »), permettra à l'élève de *Modéliser* (« *traduire en langage mathématique une situation réelle* », ici traduire les « *sens-artefacts* » en sens mathématiques) et la compétence *Chercher* (« *S'engager dans une démarche scientifique, observer, questionner, manipuler, expérimenter* », la manipulation ici est à l'honneur) seront des objectifs centraux, car c'est par la *représentation* de départ au travers de l'artefact et sa *modélisation* que l'élève sera amené à *chercher*, puis à *Raisonner* (« *résoudre des problèmes impliquant des grandeurs variées, (...) mobiliser les connaissances nécessaires, analyser et exploiter ses erreurs* »), et *Calculer* (« *Calculer en utilisant le langage algébrique (lettres, symboles, etc.)* »). C'est dans la dimension du jeu en équipe que l'élève sera amené à *Communiquer* (« *faire le lien entre le langage naturel et le langage algébrique – distinguer des spécificités du langage mathématique par rapport à la langue française - expliquer à l'oral ou à l'écrit (...), comprendre les explications d'un autre et argumenter dans l'échange* »).

Les accompagnements de programme nous guident aussi dans l'approche de *l'utilisation du calcul littéral*. Pour résumer, le cycle 3 se concentre sur la valeur d'abréviation, et le cycle 4 a divers objectifs : traduire un programme de calcul ; décrire une propriété générale ; démontrer qu'une propriété est vraie ; modéliser et résoudre des problèmes ; variable de fonction. Et enfin, ils délivrent un dernier conseil sur l'utilisation de la manipulation : « *Il convient aussi de laisser vivre, de façon différenciée et aussi longtemps que nécessaire pour certains élèves, des procédures de tâtonnement ou faisant appel à la manipulation, l'expérimentation, la schématisation ainsi que les formulations intermédiaires, même maladroitement ou peu rigoureuses, tout en indiquant les limites de ces formulations.* » Ainsi, le support du jeu sérieux devient un moyen d'exprimer la pédagogie de manière différenciée, et l'on peut imaginer une mise à disposition du jeu ou ses composantes sur un plus long terme de façon que les élèves en difficulté aient la possibilité de revenir sur l'artefact, et de faire circuler une fois de plus le *cycle didactique* cité plus haut, par exemple pour la *résolution de problèmes*.

1.5.2 *Un guide fondamental pour enseigner : la résolution de problème au cycle 4*

Pour donner suite au rapport de Villani & Torossian (2018) : **21 mesures pour l'enseignement des mathématiques**, un guide a été édité pour accompagner les professeurs et les formateurs pour fournir de plus amples détails afin de guider la mise en application de ce qui est au cœur de l'enseignement des mathématiques : la résolution de problèmes mathématiques.

Nous avons relevé deux aspects qui faisaient écho à nos recherches :

Le calcul littéral :

Vergnaud, Cortès et Favre-Artigue (1988) ont montré que « *le passage entre arithmétique et algèbre dans le traitement des problèmes était difficile pour les élèves* ». D'un côté, avec l'arithmétique, l'élève acquiert des compétences de calcul avec des nombres et peut ainsi résoudre des problèmes en choisissant les opérations et les nombres adéquats, en progressant pas à pas du connu (les nombres choisis) vers l'inconnu (la réponse à la résolution de problèmes). De l'autre, avec l'algèbre, on exprime des quantités et ce qui les relie, mais avec dès le départ des nombres inconnus, qu'on représente symboliquement généralement par des lettres, incluant les règles arithmétiques.

Il est donc important de « *structurer l'enseignement de l'algèbre* » pour plus de clarification : au cours du cycle 4, on peut distinguer deux dimensions de l'algèbre : *outil et objet* (Douady, 1986).

Dans sa dimension *outil*, l'algèbre est mobilisée pour les problèmes de calculs, et la résolution d'équations et d'inéquations, l'utilisation des fonctions. En d'autres termes, l'algèbre est utilisé comme support de résolution de problème, elle a une fin utile.

Dans sa dimension *objet*, l'algèbre est un « ensemble structuré d'objets avec des propriétés spécifiques, des représentations sémiotiques associées à différents registres et des modes de traitement » (Duval, 1995).

C'est cette dernière dimension qui sera abordée dans le jeu sérieux, plus précisément autour de la découverte puis de la maîtrise des propriétés spécifiques de la *réduction*, du *développement* et de la *factorisation* d'expressions algébriques. L'objectif étant de travailler sur les représentations sémiotiques de ces trois modes de traitement. Mais le jeu a aussi pour

objectif plus lointain de développer la dimension *outil*, pour la résolution de problèmes en tout genre.

Le deuxième aspect que nous avons relevé dans ce guide porte sur une des formes de la pratique pédagogique :

L'utilisation de la manipulation d'objets :

Les recherches actuelles orienteraient une introduction de la pré-algèbre (étape intermédiaire entre l'arithmétique et l'algèbre) plus tôt dans la scolarité. Ce faisant on souhaite permettre à l'élève de « construire des représentations mentales associées aux écritures algébriques ». En effet, des erreurs types comme « $x + 3 = 3x$ » ou encore « $x + x = x^2$ », seraient levées plus en amont par des « représentations à l'aide de matériel de manipulation (réglettes © Cuisenaire, cubes emboîtables, etc.) ». De plus elle « favorise la verbalisation entre élèves. Cela permet en outre de « vérifier la pertinence des stratégies mises en œuvre par les élèves tout en développant leur autonomie ». Il s'agit ici d'un des objectifs principaux de ce jeu sérieux : aider les élèves, à l'aide de matériel à se familiariser avec « les règles spécifiques » du calcul littéral à travers la manipulation de petits objets de diverses couleurs et formes : ce sera notre *artefact*.

Nous allons maintenant présenter plus précisément la structure de cet artefact, ses ambitions pédagogiques et sa dimension ludique.

1.5.3 Présentation du jeu sérieux : « Le jeu du livreur »

Rappelons que ce jeu est à destination d'élèves d'une classe de 4^o, mais comme nous venons de le voir précédemment, il peut être largement proposé à des élèves de 5^o voire de 6^o dans un objectif d'introduction à la *pré-algèbre*.

Nous allons dans un premier temps développer son intérêt médiatique sémiotique, en expliquant le choix de ce qui constitue l'artefact. Puis nous allons présenter les règles du jeu à proprement parlé et son intérêt du point de vue socio-constructiviste.

Lorsque les élèves pratiquent l'algèbre, certaines règles d'arithmétique doivent préalablement être maîtrisées, en particulier l'addition et la soustraction des nombres relatifs, ce qui est souvent un réel obstacle à la compréhension de l'algèbre qui vient ensuite, souvent par manque de sens attribué à ces opérations. Nous avons donc choisi d'introduire des jetons

bicolores représentant les nombres relatifs (par exemple rouge pour les nombres négatifs et verts pour les nombres positifs), avec trois formes pour permettre de calculer avec des petits ou des plus grands nombres, mais seulement des nombres entiers : un petit rond pour 1 unité, un petit rectangle pour 5 unités, et un grand rectangle pour 10 unités, positifs ou négatif selon la couleur. Ces jetons représentent des nombres relatifs mais on n'utilise pas ces termes en début de jeu, ni les techniques opératoires de l'addition et la soustraction qui ont été abordées auparavant en classe de 5°. On part du principe que deux jetons de même forme et de couleurs contraires ont la capacité de disparaître quand ils sont mis ensemble. En fait, en terme symbolique, cela revient à dire que par exemple $(+5) + (-5) = 0$, c'est-à-dire deux nombres opposés s'annulent quand on les additionne.

Ensuite nous avons introduit des « cercles multiplicateurs » avec l'inscription $2\times$; $3\times$; $4\times$; $5\times$; $6\times$; $7\times$ ou $8\times$) qui ont pour rôle de multiplier les jetons que l'on poserait à l'intérieur par le nombre inscrit sur ce cercle, le but étant que l'élève compte combien cela donne de jetons. Ainsi l'opération de la multiplication des nombres relatifs est aussi introduite mais seulement dans sept cas très simples.

Puis un cercle intitulé « j'enlève » pour introduire la soustraction de nombres relatifs, afin de comprendre notamment le sens d'enlever un nombre négatif.

Et enfin, nous avons introduit des petits cubes couleur neutre (couleur du bois) qui représentent des « nombres mystères », qui sont présentés comme étant des nombres mais dont on ne saura jamais la valeur tout le long du jeu (figure 12). Ils représentent une variable et seront par la suite symboliquement traduits par la lettre x .

Figure 12

Les objets de l'artefact, Le jeu du Livreur



L'artefact est utilisé en plusieurs étapes, à travers des consignes rédigées sur des cartes que les élèves tirent au hasard. Leurs formulations utilisent des images représentant les objets,

et le vocabulaire rattachés à ceux-ci (signes artefact), et non à sa valeur mathématique (signes mathématiques). Les solutions aux questions sont disponibles sur un petit livret, dont le numéro des cartes est référencé, afin que l'élève soit en parfaite autonomie.

Dans un premier temps, l'élève apprivoise les jetons colorés et les cercles « j'enlève » pour commencer à s'exercer sur des opérations simples et qu'ils sont sensés déjà connaître, mais sans faire intervenir de signes mathématiques pour éviter tout obstacle lié à la symbolique. Ils apprivoisent ainsi les « signes-artefacts » des jetons rouges et verts, et revisitent ainsi l'addition et la soustraction des nombres relatifs.

Dans un deuxième temps, les cubes « pions mystères » sont introduits, ils doivent s'habituer à compter les valeurs des jetons mis ensemble, mais sans mélanger les valeurs cubes aux valeurs jetons, ainsi ils se préparent à ne pas mélanger entre eux les nombres connus et les nombres inconnus, car ils sont distincts dans le sens de leur valeur, pour par exemple ne pas confondre par la suite $2 + 3x$ et $5x$ (il s'agit donc ici de pré-algèbre). Ils découvrent ainsi la *réduction des expressions littérales*.

Dans un troisième temps, l'introduction des cercles multiplicateurs qu'ils remplissent de jetons colorés et de cubes va leur permettre de compter combien cela donnera de jetons colorés et de cubes mystères. Par ces exercices il va découvrir la *distributivité simple*, l'action d'une multiplication sur un groupement de nombres connus et inconnus. Les cercles multiplicateurs représentent donc des parenthèses multipliées par un nombre entier.

Enfin, à partir d'un certain nombre de jetons colorés et de cubes mystères préalablement bien choisis par l'enseignant, ils devront trouver un cercle multiplicateur adéquat pour réécrire la même somme, mais regroupé dans un cercle. Par ces exercices il va découvrir la *factorisation*, qu'il pourra ensuite comprendre comme le sens contraire de la *distributivité*.

Après, et seulement après la maîtrise de l'artefact, l'élève sera amené à traduire les signes-artefacts en signes mathématiques, en étant guidé par l'étayage d'un feuillet de traduction. Il pourra continuer à répondre aux mêmes consignes, mais aura la possibilité de traduire ce qu'il a trouvé avec les objets en langage mathématique, et pourra aussi vérifier ses réponses dans le même livret des solutions.

Nous avons ensuite conçu un support ludique pour que cet artefact devienne l'élément central d'un *jeu sérieux*.

Le Jeu du Livreur : la classe est divisée en petits groupes de 4 à 6 élèves autour de tables en îlots. Deux équipes de deux ou trois élèves s'affrontent.

Thème et but du jeu : deux livreurs de marchandises (les deux équipes) doivent chacun leur tour accomplir des « missions de livraisons » entre des îles. A chaque mission accomplie, un livreur reçoit 1 à 3 pièces selon la difficulté de la mission. La première équipe qui a remporté 30 pièces gagne la partie.

Pour cela, les élèves tirent chacun leur tour une carte (figure 13) sur laquelle sont dessinés des jetons qu'ils doivent reproduire avec de vrais jetons en les posant sur une plaque devant eux : « les valises » (figure 14), précisément sur la valise « Marchandises de départ ». Ils ont une mission à accomplir, par exemple « *réduire au maximum le nombre de jetons en une seule couleur* » (sachant que deux jetons de mêmes formes et même couleurs disparaissent) (figure 15). Ils posent de nouveaux jetons, dont la valeur est égale à ce qui est dessiné sur la carte « mission », et qui respectent la « mission » demandée, puis vérifient leur résultat sur le livret des solutions. Si c'est correct, ils avancent d'une case « étoile », un pion qu'ils ont posé sur un plateau central représentant les îles (figure 16) et cochent sur une carte « pièces » le nombre de pièces gagnées, correspondant au nombre de pièces dessinées au dos de la carte (figure 13). Si leur réponse est fausse, ils restent sur place. Ensuite ils choisissent de tirer une autre carte rapportant une, deux ou trois pièces, selon si c'est facile, moyennement facile ou difficile. Ils peuvent ainsi choisir de gagner plus ou moins vite des pièces, mais doivent être capables de répondre à la « mission » donnée par la carte.

Figure 13

Une carte mission



Figure 14

La plaque des valises (une par équipe)

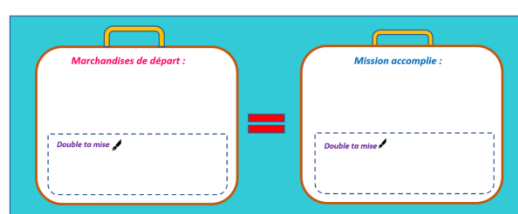


Figure 15

Les joueurs posent des vrais jetons sur la zone « marchandise de départ »

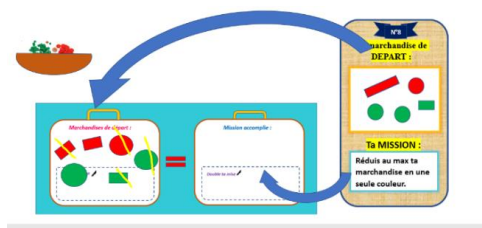


Figure 16

Le plateau des îles (une par îlot) avec les cartes missions à tirer

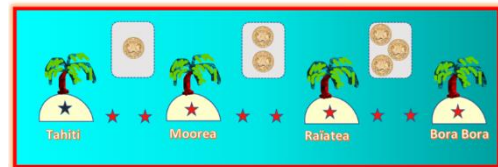


Figure 17

Deux équipes en train de jouer

Un élève s'apprête à ouvrir le livret des « missions accomplies » pour lire la solution.

Une élève reproduit le dessin de sa carte posée devant elle avec les jetons du bol au centre de la table.



Les élèves comptabilisent leurs pièces gagnées sur cette carte.

Les pions avancent d'île en île lorsqu'ils réussissent une mission.

Quelques extraits du jeu du Livreur se trouvent dans les **annexes A à D p.143**.

Ce jeu respecte bien les caractéristiques du jeu selon Brougère (2005). En effet :

- **Le second degré** : le thème d'un livreur avec des marchandises à livrer et des missions à remplir emmène l'élève dans le monde imaginaire avec ses propres règles et ses objectifs.
- **La décision** : l'élève doit choisir le niveau de difficulté en choisissant une carte pour savoir s'il souhaite avancer vite ou non, mais court le risque de rater les questions et rester sur place. Il a une marge de manœuvre et de décision à chaque tour de jeu.
- **La règle** : elle est simple, si sa réponse est juste il gagne des pièces et peut choisir davantage sa prochaine carte. S'il perd, son adversaire prend de l'avance.
- **La frivolité** : si ce jeu était donné à jouer en dehors du cours de mathématiques, les joueurs ne se rendraient pas compte qu'ils font des mathématiques, l'envie de gagner renforce la frivolité. Lorsqu'ils franchissent l'étape de la traduction mathématique, on comprend le côté « sérieux » du jeu et l'apprentissage qui a été intégré dans ses objectifs, mais la frivolité reprend le dessus car si la traduction en langage mathématique est correcte, ils gagnent le double des pièces mises en jeu par la carte. Le fait de jouer avec des jetons attire l'élève et lui permet de franchir des obstacles liés au symbolisme.
- **L'incertitude** : à chaque carte tirée, on ne connaît pas son contenu par avance, et on ne sait pas si sa mission sera accomplie ou non par l'élève. On ne sait pas non plus qui remportera la partie.

Ce jeu sérieux intitulé *Le Livreur* a été expérimenté en classe de 4^o, les séances ont été filmées par plusieurs tablettes placées devant des petits groupes. Les interactions entre les élèves et avec le professeur, mais aussi les gestes qu'ils ont effectués attirent particulièrement notre attention. A travers l'analyse de ces échanges verbaux et des actes produits, nous nous intéressons aux différents éléments constitutifs de la conception de cet artefact, notamment ceux qui permettent aux élèves de parvenir à l'abstraction des concepts abordés. Pour résumer tous les éléments théoriques que nous avons choisi de présenter dans toute cette première partie du mémoire, la théorie des *trois modes de représentations* selon Bruner (1973) nous a semblé être un bon résumé pour cadrer notre analyse de recherche. Avant de rappeler quelle est la problématique de notre étude et quelles sont les hypothèses qui seront analysées, nous allons

présenter la théorie des *trois modes de représentations*, et préciser quels seront les axes de notre recherche.

1.5.4 Modèle théorique pour l'analyse : les trois modes de représentations

Pour Bruner (1973), les êtres humains se représentent les connaissances du monde de trois façons : la première représentation passe par l'action qu'il nomme le *mode enactif*, la seconde par les images qu'il nomme le *mode iconique*, et la troisième par les symboles qu'il nomme le *mode symbolique* (comme le langage ou les mathématiques). C'est par l'évolution de ces trois modes de représentation que le *développement cognitif* est défini par Bruner.

Le mode enactif :

Pour Bruner, l'apprentissage se fait d'abord dans l'action, connaître c'est d'abord agir, c'est un savoir-faire. Quand on manipule, avec ses sens tout en étant en mouvement, on acquiert une connaissance qui peut rester au stade de « concept-en-acte », ou bien être réutilisée pour aller au-delà. Ce mode est très utilisé dans la petite enfance, mais aussi dans chaque nouveau savoir-faire à acquérir. Pour notre étude, il est utilisé comme la première des trois étapes sur le chemin du processus d'abstraction.

Le mode iconique :

Ce mode cognitif est une étape d'abstraction sous forme d'image mentale, c'est-à-dire de capacité à pouvoir se représenter quelque chose sans l'avoir devant les yeux. S'il suit le mode enactif, alors c'est l'action qui est transformée en image mentale, comme un résumé. Par exemple, cela permet à l'élève de distinguer mentalement la valeur des jetons utilisés dans le jeu selon leur forme ou leur couleur, et de pouvoir s'imaginer d'autres jetons de valeurs égales, sans les avoir devant lui. Lorsque l'élève dépasse le concept de valeurs données aux jetons et se trouve à même de pouvoir faire mentalement des opérations et répondre aux consignes (missions) donnés par les cartes, selon leur forme ou leur couleur, il passe de l'abstraction « empirique » à l'abstraction « réfléchissante ».

Le mode symbolique

Ce troisième mode de représentation a un objectif qui se situe à un niveau supérieur d'abstraction. Il s'agit d'une « traduction de la représentation iconique en une représentation abstraite ». Un « mot ni ne désigne son signifié du doigt, ni ne lui ressemble comme une image » (Bruner, 1973). On peut alors communiquer sa pensée à soi-même et aux autres. Le mode symbolique permet une « plus grande condensation d'informations » comme c'est le cas à travers le langage mathématique. Pour Bruner, le langage serait « un symptôme d'une capacité d'abstraction ». (Barth, 1985). A travers le jeu, lorsque l'élève aura la capacité de traduire son raisonnement iconique en raisonnement symbolique, en utilisant le langage mathématique qu'il connaît déjà et les nouveaux éléments qu'il vient de découvrir (le développement et la factorisation), alors ce sera un critère important d'évaluation d'un niveau d'abstraction symbolique atteint.

Pour illustrer le passage entre ces trois modes, voici une gravure sur bois (figure 18), attribuée à Martin Schongauer, est issue de la *Margarita Philosophica* de Gregor REISCH (1508).

Figure 18

Abacistes et Algoristes, par Martin Schongauer : La *Margarita philosophica*, 1508, Georg Reisch, *Margarita philosophica cum additionibus novis*, Basiliae, Schottus, 1508, Bibliothèque municipale de Rouen



Elle représente deux hommes effectuant des calculs, celui de droite avec un abaque (des jetons) et celui de gauche avec des symboles mathématiques. La femme au centre est une allégorie de l'Arithmétique. Elle tourne son regard vers celui qui utilise le langage mathématique, car il semble être plus rapide que son confrère qui utilise l'abaque. Il est évident qu'aujourd'hui nous sommes tous convaincus que la réflexion mathématique est bien plus efficace avec langage symbolique, notamment celui des chiffres arabes, mais ce n'était pas le cas avant le XV^e siècle où il fallait encore convaincre les usagers du calcul.

Bien entendu, notre objectif n'est pas de faire tourner la tête de Dame Arithmétique à nouveau vers l'utilisateur des jetons, mais plutôt de faire vivre aux élèves les trois modes de représentations de la connaissance de Bruner (1973), le mode enactif, le mode iconique et le mode symbolique, à travers une activité cadrée dans le temps : une séance de cours mettant en activité le jeu « Le livreur ». « *Mais l'apprentissage selon Bruner ne se conçoit pas de manière linéaire mais plutôt dans un processus spiralé où les trois modes se complètent et où leur interaction est essentielle pour l'apprentissage* » (Robo, 2021). C'est pourquoi les séances qui suivent l'utilisation du jeu ont été pensées pour faire fonctionner à plusieurs reprises le *cycle didactique* de Mariotti & Maffia (2018), afin de réactiver à tour de rôle *les trois modes de représentations*.

1.6 CONCLUSION PARTIELLE POUR LE CADRE THEORIQUE :

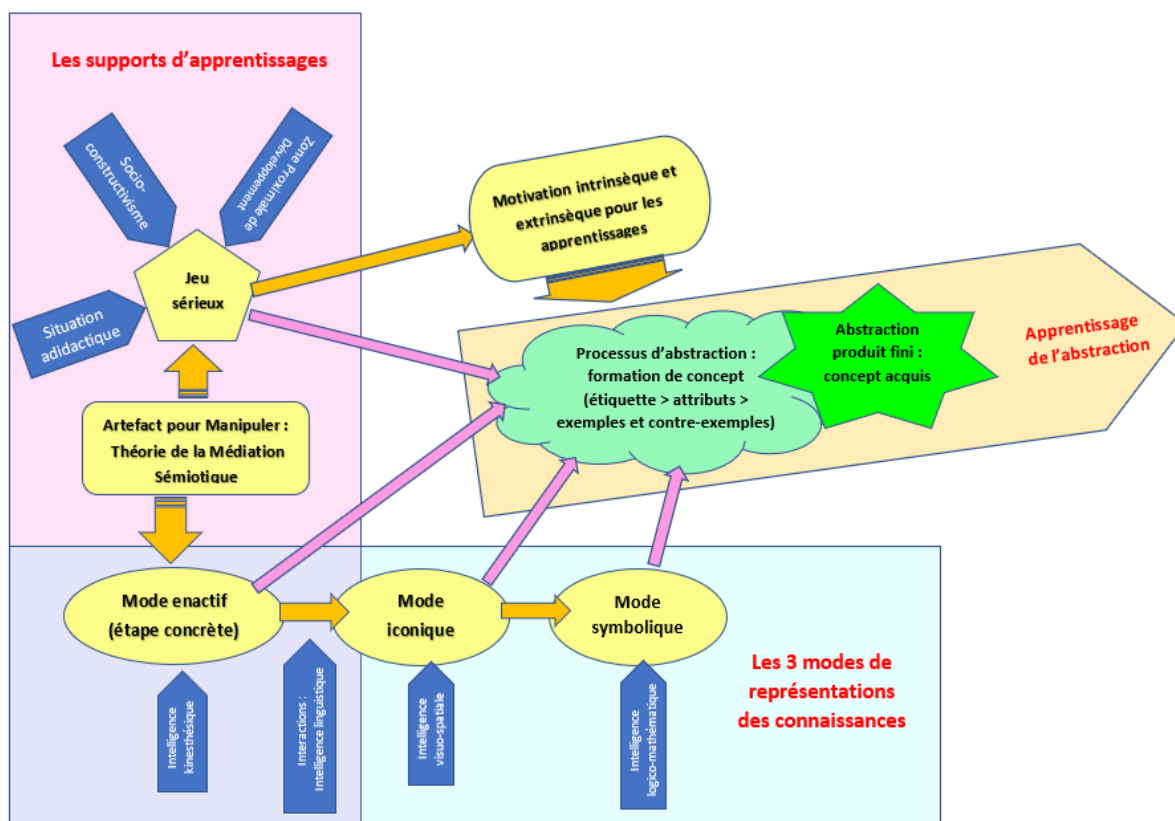
Pour conclure cette partie traitant du cadre théorique, nous présentons une modélisation qui regroupe et résume tous les résultats de la recherche présentés ci-dessus, leurs articulations, les uns qui agissent sur les autres (figure 19). Au centre et comme point de départ de notre recherche : **l'Artefact pour manipuler**.

Deux champs d'études s'en dégagent :

- L'Artefact transformé en Jeu sérieux, support d'apprentissage qui alimente la motivation d'apprendre de la part de l'élève et intensifie le processus d'abstraction.
- L'Artefact mettant en œuvre les trois modes de représentations des connaissances selon Bruner, alimentant à chaque étape le processus d'abstraction.

Figure 19

Modélisation résumant le cadre théorique du mémoire (proposée par l'auteure).



Cette modélisation nous servira de support schématique pour l'analyse des séances filmées en classe. Nous rappelons que les deux concepts étudiés sont ceux de la *distributivité* et de la *factorisation* abordées en classe de 4^o.

Notre problématique de recherche était : **dans quelle mesure l'utilisation et la manipulation des artefacts favorisent-elles l'abstraction de la notion du calcul littéral en classe de 4° et 3° ?**

Nous avons axé nos recherches autour de ces deux hypothèses :

Hypothèse 1 : La mise en forme des trois modes de représentation de Bruner (le mode « enactif », le mode « iconique » et le mode « symbolique ») dans une activité mathématique permet d'accompagner les élèves à l'abstraction sur la notion du calcul littéral en 4°.

Hypothèse 2 : L'utilisation d'un jeu sérieux motive les élèves à effectuer une activité et à s'approprier de manière plus intense les notions de distributivité et de factorisation par rapport à une activité sans aspect ludique, en 4° et en 3°.

Pour analyser les plus-values de chacun de ces éléments, nous avons réalisé l'expérience dans plusieurs classes, en variant l'utilisation ou non d'un des modes de représentation des connaissances, ou en intégrant ou non la dimension ludique d'un jeu. Les séances ont été filmées en deux ou trois points dans la classe, la plupart des séances étant en îlots. Une partie des échanges verbaux filmés dans ces vidéos a été transcrite, et enrichie avec une description de la gestuelle des élèves au cours des séances. Les interactions entre les élèves et avec les professeurs présents ont fait l'objet d'une attention particulière. Un questionnaire a été distribué à tous les élèves en fin de séquence.

2 REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 POINT SUR LA REVUE DE LITTÉRATURE AU SUJET DE L'UTILISATION DES ARTEFACTS

Nous allons dans un premier temps présenter une revue de littérature sur la manipulation d'artefacts pour l'apprentissage des mathématiques.

Nous avons effectué une recherche avancée sur le moteur de recherche Publimath, portail des IREM (Instituts de Recherche pour l'Enseignement des Mathématiques), base de ressources pour l'enseignement des mathématiques. La recherche a d'abord été effectuée par les mots-clés « matériel de manipulation » dans la catégorie « articles de périodiques ou revue » : on dénombre 123 articles à ce sujet, mais seulement 11 articles concernent les niveaux du cycle 4, dont seulement 3 entre 2018 et aujourd'hui, c'est-à-dire depuis la publication du rapport de Villani & Torossian (2018) sur les 21 mesures pour les mathématiques. Quand la recherche s'effectuait dans la catégorie « actes de colloques, de congrès de séminaires », deux colloques de COPIRELEM (Commission Permanente des IREM sur l'Enseignement Élémentaire) semblent s'être emparés de la question de l'utilisation d'artefact pour l'enseignement et les apprentissages des mathématiques entre 2017 et 2019, mais aucune recherche pour le niveau du cycle 4 (au-delà de la 6^e). Seul un article de la revue APMEP datant de 1983 relatant des Journées nationales de l'APMEP de 1982 semble montrer un intérêt précurseur à cette innovation pédagogique de ces dernières années, mais le niveau collège en faisait partie.

Une autre recherche a été effectuée dans le moteur de recherche Google Scholar (moteur de recherche pour les articles universitaires) avec les mots clés « manipuler pour apprendre les mathématiques ». Nous n'avons retenu que les articles qui semblaient pertinents avec notre sujet d'étude et qui comportaient une analyse didactique : une expérimentation dans une classe avec des élèves porteurs de handicaps (Assude, 2017) ; une expérimentation à la Haute Ecole Pédagogique pour la formation des futurs enseignants de primaire en Suisse (Audrin, 2020) ; une expérimentation avec des élèves de l'école de la deuxième chance (plus de 16 ans) lors d'un stage de découverte de la recherche en mathématiques (Assude, Feuilladiou & Dunand, 2015) ; une expérimentation avec le logiciel scratch et une comparaison entre l'utilisation d'objets tangibles et d'objets virtuels (Crisci, 2018) ; un article d'analyse sur un corpus formé

d'articles autour du thème « matériel de manipulation » (Corriveau & Jeannotte, 2018).

Nous avons aussi utilisé les résultats d'une thèse sur une étude comparative des interactions à visée d'apprentissage dans l'étude de l'utilisation des artefacts entre la Polynésie et la Guyane (Robo, 2021), ainsi qu'une étude critique des manuels intitulés " Méthode de Singapour " (Mounier & Grapin, 2019).

2.2 ANALYSE DES POINTS D'EFFICACITE ET DES OBSTACLES FACE A L'UTILISATION DES ARTEFACTS

Cette analyse porte uniquement sur les résultats de la recherche concernant des expérimentations faisant intervenir la manipulation d'artefacts, et non sur les articles qui présentent des activités pédagogiques dans le but d'être réemployées en classe par les enseignants.

Les travaux de Claudia Corriveau et Doris Jeannotte de l'Université de Laval nous a semblé être un bon élément d'appui pour notre analyse comparative, car elles ont constitué un corpus qui rassemble 98 articles professionnels francophones et anglophones (provenant des bibliothèques virtuelles ERIC et Publimath, ou Vivre le Primaire) déterminés par les mots-clés « matériel de manipulation », ou réflexion générale sur la manipulation, ou encore concernant l'arithmétique. Nous complétons au fur et à mesure notre compte-rendu avec les articles trouvés en parallèle, cités plus haut.

2.2.1 Un relevé des points d'efficacité :

Une première analyse portait sur les éléments axiologiques du discours, c'est-à-dire les buts, aux fonctions, aux finalités et aux principes. Il en ressort que les fonctions du matériel peuvent être classées en deux types : ceux de nature à « *favoriser l'apprentissage en général* » c'est-à-dire donner du sens, la construction d'idées, d'apprendre par l'expérience, ce qui renverrait à l'abstraction empirique, et ceux de nature à « *favoriser le raisonnement mathématique* », c'est-à-dire généraliser, permettre de valider, d'organiser et soutenir le raisonnement mathématique, ce qui renverrait à l'abstraction réfléchissante. Mais « *ces*

fonctions sont dans l'ensemble sous-tendues par la fonction "ultime" de permettre le passage du concret à l'abstrait ou de l'informel au formel ». (Corriveau & Jeannotte, 2019)

Dans les résultats de nos articles choisis, le cas de l'utilisation de matériel dans une classe avec des élèves porteurs de handicaps (surdité), « *le recours au concret et à la manipulation est vu comme une priorité et un leitmotiv dans la justification du choix des situations proposées aux élèves* », afin de les simplifier au maximum (Assude, 2017).

D'autre part, dans l'expérimentation des jeunes décrocheurs de l'École de la deuxième chance à Marseille (Assude, Feuilladiou & Dunan, 2015), qui ont connu dans leur scolarité une incompréhension de la matière des mathématiques considérée comme trop abstraite, le « stage Hippocampe-mathématiques » auquel ils participaient était pour eux une occasion de comprendre le pouvoir de généralisation des mathématiques à travers un jeu intitulé la « Tour de Hanoï » : ils devaient déplacer des rondelles sur des tiges et trouver, à l'aide de la généralisation par l'outil mathématique, une optimisation de résolution de problème. Le point d'efficacité est que ces jeunes sont rentrés dans l'activité de recherche et ont renoué pendant ce temps avec les mathématiques, grâce à la manipulation des rondelles.

En ce qui concerne l'expérimentation autour du logiciel Scratch (Crisci, 2018), nous retenons que le type de manipulation d'objets tangibles et le type de manipulation virtuelle doivent vivre en parallèle dans les activités de la classe de mathématiques pour leur complémentarité, notamment en ce qui concerne la résolution de problèmes.

Au sujet de la thèse de Robo (2021), il semblerait que l'utilisation des artefacts et gestes soit un moyen d'étayage de la part des enseignants, et qu'ils permettent d'influencer et de prolonger les interactions et le travail collaboratif. Les artefacts rattachés au quotidien ou à la culture de l'élève permettent davantage de prolonger les interactions, donc de maintenir l'élève dans une situation d'apprentissage.

Lors des colloques de COPIRELEM, des résultats intéressants sur les points d'efficacité apparaissent aussi (Medici et al., 2017) : « *la possibilité de manipuler des objets modifie le rapport de l'élève au problème, rend la recherche de la solution plus plaisante et plus rapide, fait passer les tâches de notation dans un second temps, facilite les essais et libère l'esprit de l'erreur à éviter à tout prix* ». En outre, il permet un gain de temps et permet à l'élève de rentrer plus facilement dans la résolution de problèmes.

Dans ce même colloque, une des rares expérimentations en classe de collège nous éclaire sur un renforcement de l'apprentissage des opérations avec des fractions à l'aide de gabarits et de transparents (Berlanger & Gilbert, 2017) : l'objectif étant de faire émerger progressivement le sens de ces opérations. C'est par l'alternance entre la manipulation, la représentation et la verbalisation que les images mentales vont se créer chez l'élève, images qu'il pourra réutiliser facilement par la suite.

Toujours dans le colloque COPIRELEM, mais l'année suivante, la question de l'artefact est développée par Sabena (2018) : elle montre que « *les gestes peuvent contribuer au développement d'argumentations qui s'appuient sur des considérations empiriques pour passer à un plan hypothétique où l'on approche la généralité.* » Elle développe trois caractéristiques spécifiques de ces gestes : la contraction sémiotique, le caractère condensant des gestes, l'utilisation de l'espace gestuel dans un sens métaphorique. En d'autres termes, elle argumente le fait qu'utiliser des gestes permet un résumé des savoirs en cours d'acquisition du point de vue sémiotique, ce qui est précieux pour la mémorisation et la réutilisation de ce savoir.

L'article présentant une expérimentation avec des étudiants en formation à la Haute Ecole Pédagogique relate une innovation pédagogique de formation de futurs enseignants de primaire (Audrin, 2020) : le formateur propose une activité sur la numération et le sens des opérations en utilisant des billes en une base autre que 10. Il se trouve que ces étudiants ont généralement eu des difficultés avec les mathématiques étant plus jeune, la redécouverte du sens du nombre à travers cette manipulation a permis à de nombreux étudiants de comprendre en profondeur le sens des opérations, ce qui a permis une augmentation des résultats positifs dans la matière aux examens par rapport aux années précédentes (de 80% à 90%), mais surtout un nouvel engouement pour la didactique des mathématiques par une augmentation du choix d'un thème mathématique pour le mémoire de fin d'étude (de 7% à 19%, de 2016 à 2017). Le plaisir d'apprendre a rejailli pour cette matière et pourra certainement être transmis avec plus d'ardeur à leurs futurs élèves.

L'analyse des manuels intitulés « Méthode de Singapour » (Mounier & Grapin, 2019) valorise le fait que cette pédagogie mettant au centre trois étapes (l'étape concrète, l'étape imagée et l'étape abstraite) est explicite et systématique et permet aux élèves des « *stratégies efficaces de résolution de problèmes mathématiques* ». Les professeurs de Singapour utilisent tous cette méthode et reçoivent de façon très régulière des formations pour qu'elles soient

exploitées pour la réussite des élèves. Le succès de cette méthode est réel, les élèves arrivent régulièrement premiers dans les tests internationaux PISA.

Les points positifs qui montrent un renforcement des apprentissages par la manipulation de matériel sont nombreux, et ce à travers une diversité des publics, des jeunes enfants en maternelle aux adultes futurs professeurs, en passant par les jeunes adultes décrocheurs ou des enfants sourds. Outre le plaisir renouvelé à entrer dans le raisonnement mathématique et la résolution de problèmes, son efficacité se joue dans le temps perdu puis regagné dans les apprentissages et renforce les savoirs en cours d'acquisition, tant dans la mémorisation que dans la réutilisation des nouveaux savoirs. Ces méthodes permettent une interaction plus riche entre les élèves et avec l'enseignant.

Mais il existe aussi de nombreux obstacles et des pièges à éviter.

2.2.2 Un relevé des obstacles et difficultés :

Pour reprendre les travaux de Claudia Corriveau et Doris Jeannotte (2018), une analyse sur les éléments praxiques du corpus (des pratiques, des prescriptions, des normes et des us et coutumes) a pu mettre en valeur que même si l'utilisation de matériel de manipulation est perçue comme nécessaire par les enseignants du primaire, ils regrettent de ne pas les utiliser assez en classe, souvent ne « *sachant pas et comment le réinvestir en classe* » (Corriveau et Jeannotte, 2015). Il en ressort que les recommandations sont relativement vagues et qu'elles outillent peu les enseignants. Il semblerait que, parmi ceux et celles qui partagent une expérience d'utilisation du matériel dans laquelle on peut dégager une pratique, ce sont souvent des chercheuses ou chercheurs et des formatrices ou des formateurs et non des enseignantes ou des enseignants qui en sont les auteurs, peut-être aussi parce que les enseignants ne s'y reconnaissent pas. Il est mentionné aussi qu'une mauvaise utilisation du matériel peut nuire aux apprentissages (Corriveau et Jeannotte, 2015).

D'autre part, dans l'expérimentation avec les enfants sourds se dégage le piège de vouloir transposer de manière « *trop abrupte* » la symbolique mathématique à partir du matériel utilisé. De là naît un « *malentendu sémiotique* », c'est-à-dire un écart trop grand entre la conceptualisation de l'élève et la représentation qu'en a l'enseignant. Un passage au mode iconique aurait pu lever cette difficulté (Assude, 2017). Le passage des objets concrets aux

« *êtres mathématiques* » doit se faire progressivement, par l'abandon du matériel au profit des opérations mathématiques. Mais l'accès à des constructions théoriques, même accompagné de représentations et d'"explications", si performantes soient-elles, ne suffit pas non plus. L'élève doit, d'une manière ou d'une autre, s'approprier ces explications (Sabena, 2018).

Du côté des jeunes décrocheurs, le temps court dont dispose l'enseignant peut le pousser à renverser la place du jeune en tant que « chercheur » en position d'élève trop guidé par le professeur. Il appartient à l'enseignant de trouver le juste milieu pour « *distiller les informations* » nécessaires pour l'avancement de la résolution de problème, et accéder ainsi à la symbolisation : c'est tout l'art de l'étaillage.

Du côté des méthodes Singapour utilisées, les « *analyses indiquent que c'est essentiellement l'enseignant qui manipule devant les élèves, le plus souvent en début de séance pour montrer la procédure attendue* » (Mounier & Grapin, 2019). Le fait d'enlever cette étape concrète des mains des élèves leur enlève les situations-problèmes : ils se retrouvent plutôt face à un dispositif didactique de type « explication – application ». L'enseignant livre d'abord le savoir, les élèves l'appliquent ensuite. Le piège serait donc de vouloir enlever l'étape manipulation sûrement pour gagner du temps, ou par manque de budget, ou peut-être si l'enseignant estime que la phase de démonstration est suffisante pour les élèves.

Pour conclure cette liste non-exhaustive des points d'obstacles, nous dirons que l'utilisation de matériel en cours de mathématiques ne doit pas se faire à l'improviste et nécessite une réflexion en amont, notamment sur le passage de la sémiotique, qui se dégage des objets utilisés, à la symbolique mathématique. L'accompagnement du professeur auprès des élèves se doit aussi d'être réfléchi en amont, et adapté à chaque situation, pour que l'étaillage soit efficace, et ne défasse pas tous les apports positifs que peut engendrer cette activité pédagogique qui sort de l'ordinaire.

Pour finir, afin de résumer cette revue de littérature sur la manipulation d'artefacts pour l'apprentissage des mathématiques, nous avons noté les apports bénéfiques au renforcement des apprentissages d'une part, et la mise en lumière des difficultés que l'enseignant peut rencontrer à sa mise en œuvre ou les effets négatifs que cela peut provoquer d'autre part. Nous reprendrons les mots de Briand (2019) : « *Si le résultat peut être obtenu par l'action, les élèves n'ont pas à engager un travail cognitif. Ils se bornent à faire des constats qui restent attachés au contexte (matériel)* ». Il faut donc penser à construire une activité où l'utilisation du matériel

permet d'enrichir la représentation, à comprendre de quoi l'on parle, mais il va falloir à un moment donné « bloquer » l'utilisation du matériel pour forcer à utiliser les objets mathématiques symboliques et accéder ainsi à la résolution de problème (CRAP Cahiers Pédagogiques, 2017).

Le champ de création d'ingénieries pédagogiques à ce sujet pour le cycle 4 semble avoir besoin d'être conquis.

2.3 POINT SUR LA REVUE DE LITTÉRATURE AU SUJET DE L'UTILISATION DE JEUX SÉRIEUX

En nous concentrons uniquement sur les jeux sérieux utilisés en cours de mathématiques, nous avons seulement choisi trois études : la thèse de Nicolas Pelay traitant du jeu et des apprentissages mathématiques en contexte d'animation scientifique (2011) ; l'expérimentation à grande échelle intitulée SCOLA (Système de Communication Ouvert et Ludique pour les Apprentissages) qui relate les conditions et contraintes de l'usage de jeux sérieux (ici jeux numériques) en classe de mathématiques portant sur 30 collèges (en région PACA, 2015) ; l'utilisation en classe d'un jeu sérieux sur table interactive avec objets tangibles pour favoriser l'activité des élèves (Kubicki, Pasco & Arnaud, 2014).

2.3.1 Un relevé des points d'efficacité :

Pelay (2011) a étudié l'utilisation de jeux sérieux en mathématiques pour des enfants et adolescents en séjour de vacances. Un nombre important d'expérimentations a montré qu'il était « *possible de jouer et d'apprendre des mathématiques simultanément et sans contraction* » (Pelay, 2011). La dimension de plaisir dans le fait de « *développer des stratégies et raisonnements mathématiques dans les jeux* » a pu être attestée. D'autre part, dans la conception des situations (ici le jeu sérieux), il en ressort que l'articulation entre jeu et apprentissage implique la « *prise en charge explicite du jeu dans l'élaboration théorique* » : le « *contrat didactique et ludique* », c'est-à-dire l'ensemble des règles et comportements entre l'animateur et les participants qui lient les deux dimensions didactique et ludique.

Le projet SCOLA, piloté par un consortium d'universités et d'entreprises de l'industrie du design numérique, propose une plateforme de jeux sérieux (ici jeux vidéos) en mathématiques pour les classes de collège. L'analyse de cette expérimentation auprès des collégiens d'une trentaine de collèges (Ladage & Ravestein, 2015) a rapporté que les élèves ont

apprécié le côté ludique et différent des mathématiques étudiées en classe, et que cela a permis une augmentation de la « motivation », au moins au début. Du côté des professeurs, il a été apprécié de pouvoir laisser en autonomie les « bons » élèves pour s'occuper de ceux qui sont plus « en difficulté ». De plus, ces jeux sérieux ont constitué une bonne « introduction » aux notions abordées dans le programme.

Dans l'étude d'objets tangibles sur une table interactive avec des élèves en cours préparatoire, Kubicki, et al. (2014) ont questionné les effets des jeux sérieux sur les apprentissages des élèves. Il s'avère qu'un tel jeu sérieux permet d'« *augmenter le temps des élèves sur la tâche et [de] favoriser la coopération à la résolution de problèmes.* »

2.3.2 Un relevé des obstacles et difficultés :

Dans la thèse de Pelay (2011), la dimension de l'incertitude au sein des règles du jeu doit garder une place importante pour ne pas supprimer l'aspect ludique, même si le « pôle didactique » tend à la supprimer lorsqu'il peut apporter une réponse à l'incertitude au départ ludique.

Dans la revue de littérature proposée par Young et ses collègues (Young et al., 2012) au sujet des effets des jeux sérieux sur l'apprentissage des élèves (pour l'ensemble des disciplines), il semblerait qu'en mathématiques il existe encore trop peu d'études. Il y a seulement 12 ans, les jeux sérieux développés dans cette matière avaient des « *contenus pauvres ou la démarche d'apprentissage est intégrée de manière inefficace* ».

Pour reprendre l'étude du projet SCOLA, les jeux vidéo sérieux étaient pensés pour maximiser l'autonomie des élèves, mais en réalité l'adaptation à ce nouveau dispositif rendait ces derniers très demandeurs auprès des professeurs. Les problèmes techniques ont été aussi un grand frein à la fluidité du projet ainsi que le manque de compréhension des règles de jeu (l'aspect ludique), mais aussi le sujet du contenu disciplinaire.

2.4 CONCLUSION PARTIELLE POUR LA REVUE DE LITTÉRATURE

Pour conclure au sujet de ces trois études concernant les jeux sérieux en mathématiques, l'engouement pour ce support pédagogique s'est développé ces dernières années, il est un vrai facteur de plaisir et de motivation pour les élèves et leur permet de rentrer avec beaucoup plus de facilité dans les apprentissages. Quand l'articulation didactique/ludique est efficace, cela

permet aux élèves de pouvoir raisonner de façon plus naturelle, et plus durable, et devient une bonne alternative pour gérer l'hétérogénéité dans les classes. Il faut cependant rester prudent quant au choix des aspects ludiques autant que des aspects didactiques ; que l'un soit au service de l'autre, afin de maintenir une tension propre au développement du raisonnement, et garder comme cap la résolution de problèmes. Il serait prudent de réfléchir en amont à tout ce qui pourrait poser des difficultés dans le déroulement du jeu, notamment du point de vue de la compréhension des éléments d'apprentissages mais aussi des règles de jeu qui gouvernent le pôle ludique.

Chapitre 2 : Méthodologie

1 LA POPULATION CIBLE

L'expérimentation a été réalisée à l'occasion du stage du semestre 9, entre le 17 octobre et le 25 novembre 2022, au collège de Taaone, situé dans la commune de Pirae, à Tahiti en Polynésie française. Ce collège fait partie d'un groupe scolaire comprenant école primaire, collège et lycée. Il comporte 682 élèves, deux classes bilingue (Tahitien ou espagnol), deux sections sportives (Foot et judo). Neuf élèves de section foot sont internes. Le collège accueille un public mixte en termes de classes sociales, et environ la moitié des élèves sont boursiers (319 élèves). Les classes avec lesquelles j'ai conduit l'expérimentation sont les 4°A, 4°C, 4°E, 3°D et 3°F.

1.1 CONTEXTE DE PROTOCOLE D'EXPERIMENTATION


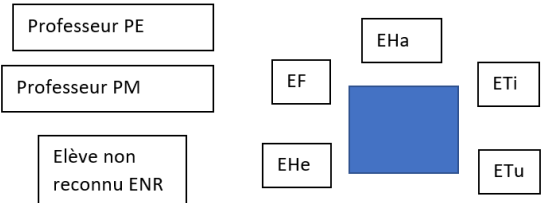

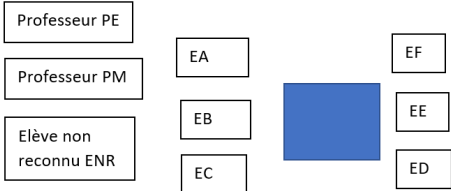
L'expérimentation a été exécutée par l'observation filmée de trois classes de 4° traitant toutes les trois de la notion du « calcul littéral », particulièrement des concepts « réduire », « développer », et « factoriser ». Deux professeurs étaient présents dans toutes les séances. L'observation mène à une étude comparative sur la façon dont les élèves acquièrent ces notions selon l'utilisation ou non par le professeur de la manipulation d'objets (mode enactif), la représentation par schéma (mode iconique), ou seulement le langage mathématique (mode symbolique). Cette observation conduit aussi à une étude évolutive d'élèves d'une même classe sur plusieurs séances. L'expérimentation analyse également l'apport ludique avec l'utilisation d'un jeu élaboré à cet effet. Nous pourrions observer plus particulièrement la différence sur une deuxième expérimentation avec deux classes de 3°, toujours sur la notion de calcul littéral. Une classe de 3° utilise le jeu pendant une heure et redécouvre les notions de calcul littéral, une autre classe de 3° redécouvre les notions de calcul littéral sans le support du jeu, mais avec le même matériel et les mêmes questions.

1.2 LA CLASSE DE 4°A :

C'est la classe qui utilise le dispositif du jeu sérieux comme introduction au calcul littéral, entre autres au développement et à la factorisation. Ainsi, elle utilise de manière cyclique le mode enactif, le mode iconique et le mode symbolique. La dimension ludique a aussi sa place. L'observation a été menée sur trois séances, dont les deux premières ont été consacrées entièrement à l'utilisation du jeu, afin de laisser le temps aux élèves de s'approprier le fonctionnement et les règles du jeu, et de pouvoir ainsi réaliser les « missions » des cartes en concentrant leur réflexion mathématique liée au calcul littéral.

Tableau 1


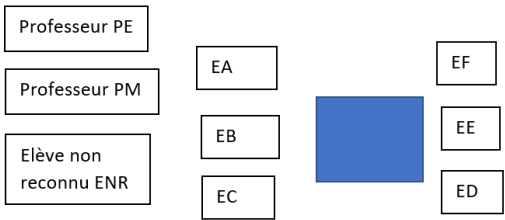
4°A, mercredi 9 novembre 9h-10h : Découverte du jeu, utilisation pendant une demi-heure (mode enactif – mode iconique – mode ludique)

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 20 Classe de 4°A, 9 novembre, tablette f56</p> 	<p>Figure 21 Plan du groupe filmé par f56, 4°A</p> 
<p>Figure 22 Classe de 4°A, 9 novembre, tablette f55</p> 	<p>Figure 23 Plan du groupe f55, 4°A</p> 

- Prérequis : les élèves n'ont jamais fait de calcul littéral cette année
- Formation de cinq groupes de six élèves de niveaux scolaires mélangés
- Les tables sont en îlots, le matériel de jeu est déjà en place
- Explication des règles du jeu, sans mentionner la notion de calcul littéral
- Les élèves jouent pendant 1 heure, deux groupes sont filmés (une tablette ne fonctionnait pas)
- Au bout de 20 minutes, règle de jeu supplémentaire : les élèves sont invités à traduire les questions en langage mathématique à l'aide d'un feutre effaçable sur la plaque des valises, pour doubler leurs points. En réalité peu d'élèves tentent de traduire.

Tableau 2


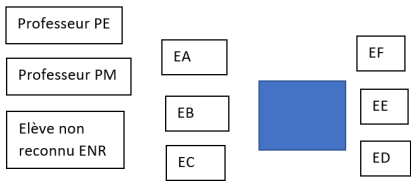

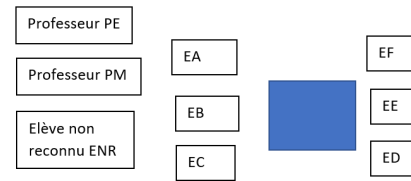
4°A, jeudi 10 novembre 13h-14h : Reprise de leur partie de jeu ; traduction en langage mathématique (mode enactif – mode iconique - mode symbolique – mode ludique)

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmés pour transcription et codage
<p>Figure 24</p> <p>4°A, 10 novembre, tablette f56</p> 	<p>Figure 25</p> <p>Plan du groupe filmé par f56, 4°A</p> 

- Nouvelle partie du jeu, même format de classe.
- Cette fois-ci, les élèves ont la consigne d'utiliser la traduction en langage mathématique à chaque carte (et doublent ainsi leurs points)

Tableau 3

4°A, 21 novembre 8h – 9h : institutionnalisation des notions Réduire, Développer et Factoriser (mode enactif – mode iconique - mode symbolique)

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 26 4°A, 21 novembre, tablette f56</p> 	<p>Figure 27 Plan de groupe filmé par f56, 4°A</p> 
<p>Figure 28 4°A, 21 novembre, tablette f55</p> 	<p>Figure 29 Plan de groupe filmé par f55, 4°A</p> 

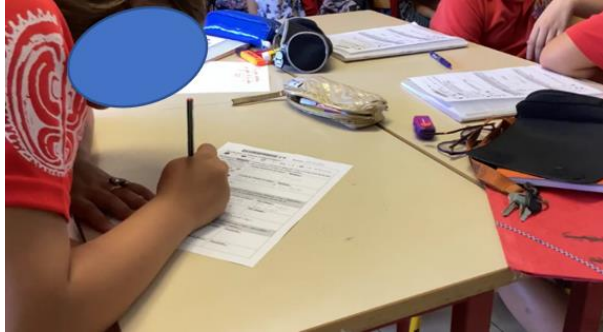
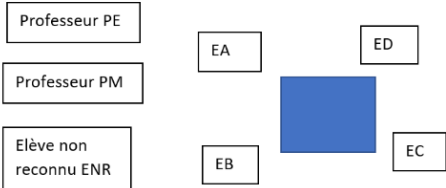
- Prérequis : les élèves ont eu une heure de cours avec leur professeur habituel entre le jeudi 10 et le lundi 21 novembre : ils ont fait des exercices sur la notion de « réduire ». Pour cette heure de cours, ils sont à nouveau en petits groupes autour de tables en îlots.
- A partir de deux dessins de cartes « missions » projetés au tableau, institutionnalisation à l'oral des deux notions « développer » et « factoriser » par le professeur.
- Distribution d'étiquettes « définition » et « exemples » à déplacer sur la table (voir annexe E p.155) : par petits groupes, les élèves doivent différencier en deux catégories de cartes les notions de Développer et Factoriser (cartes avec trois définitions de leçon, trois définitions s'appuyant sur le dessin de jetons, trois exemples de dessins illustrant des jetons dont la mission serait « développer », et deux autres dont la mission serait « factoriser », et enfin six autres étiquettes représentant ces mêmes exemples mais en langage mathématique. Ainsi, les élèves sont en démarche d'abstraction empirique par la différenciation des deux concepts « factoriser » et « développer », à l'aide d'exemples et de contre-exemples, et dans le mode iconique et symbolique. Le fait de devoir déplacer ces étiquettes pour former les catégories fait partie du mode enactif.
- Une fiche leçon est distribuée aux élèves (voir annexe F p.156), pour l'institutionnalisation écrite des notions de Réduire, Développer et Factoriser par le professeur. Le document est projeté au tableau : à partir d'exemples de dessin de cartes « missions » du jeu que les élèves traduisent en langage mathématique, ils peuvent lire les définitions des trois notions afin de retrouver le titre des définitions manquantes. Ensuite, ils effectuent la question en langage mathématique (réduire, développer ou factoriser).
- A partir des étiquettes encore en place sur les tables, les élèves exécutent par écrit les questions des exemples sur leurs cahiers (ils ont donc à disposition sous leurs yeux à la fois le mode symbolique et le mode enactif).

1.3 LA CLASSE DE 4^E :

C'est la classe qui utilise le mode iconique en introduction des notions du calcul littéral. Nous ne proposons pas le dispositif du jeu, donc pas de mode enactif ou de mode ludique, mais nous utilisons les images se trouvant sur les cartes « missions » pour construire les cours, d'où le mode iconique. Un support sous forme de fiche mêlant définitions, exemples et exercices sert pour les deux séances avec cette classe (voir annexe G p.157). Lors de la première séance, les élèves sont placés par petits groupes, et lors de la deuxième séance, la classe est sous forme frontale tournée vers le tableau et le professeur.

Tableau 4

4^{°E} , jeudi 10 novembre 12h – 13h : Travail sur fiche exercices/leçon, réduire et développer, mode iconique


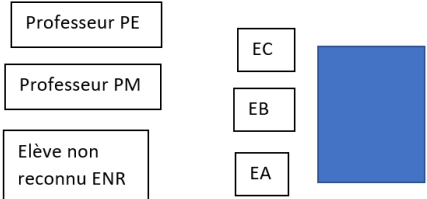
Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 30</p> <p>4^{°E}, 10 novembre, mode iconique</p> 	<p>Figure 31</p> <p>Plan de groupe filmé, 4^{°E}</p> 

- Prérequis : les élèves ont fait une heure d'exercices sur la réduction dans le calcul littéral le cours précédent
- Les élèves sont par petits groupes autour de tables en îlots, niveaux mélangés.
- Distribution de fiches exercices/leçon à compléter

- Présentation des valeurs objets : jetons positifs et négatifs, cubes « nombre mystère », cercles multiplicateurs, mais seul le professeur en dispose.
 - Les élèves réalisent le 1^o exercice, guidés par le professeur pour clarifier la consigne en lien avec les dessins
 - Mise à disposition de feuilles blanches par groupe pour dessiner les objets s'ils estiment en avoir besoin
 - Traduction du dessin en langage mathématique, puis résolution de la question avec les symboles.
 - Les élèves continuent seuls, les corrections sont faites au fur et à mesure.
- Institutionnalisation des concepts : Réduire puis développer.

Tableau 5

4^oE, mardi 22 novembre 12h – 13h : institutionnalisation / bilan différenciation étiquettes

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 32 4^oE, 22 novembre, mode iconique</p> 	<p>Figure 33 Plan de groupe filmé, 4^oE</p> 

- Les élèves sont placés de façon frontale face au tableau.
- Distribution de la fiche de la semaine précédente
- Réactivation des valeurs objets

- Exercices type iconique sur la factorisation
- Institutionnalisation du concept factoriser
- Rappel sur un exemple concept développer
- Distribution d'une fiche par groupe avec des dessins de jetons et cubes (les mêmes qu'en 4°A), et liste d'expressions littérales à écrire sous les dessins : par petits groupes, les élèves traduisent en écrivant sous les dessins les expressions littérales proposées, et inscrivent si la consigne demandée est « développer » ou « factoriser ».


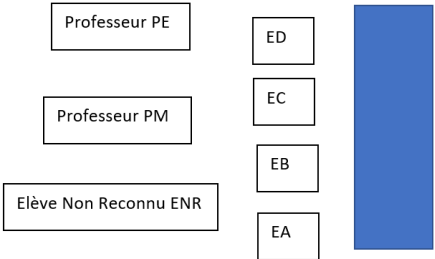
Les élèves exécutent les questions sur leurs cahiers.

1.4 LA CLASSE DE 4°C :

Nous proposons à cette classe les mêmes notions que pour les deux autres, avec les mêmes exercices, mais de façon plus courante, c'est-à-dire sans le dispositif du jeu, sans jetons et sans dessins. Seul le mode symbolique est utilisé. Pour les deux séances observées, la classe est en position frontale, face au tableau et au professeur.

Tableau 6


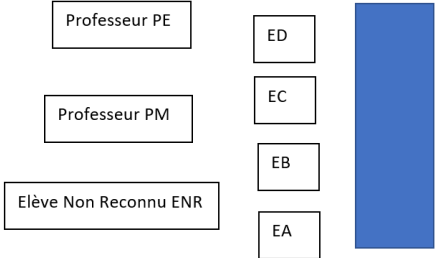
4°C, Mardi 8 novembre 9h – 10H : exercices forme courante :

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 34</p> <p>4°C, 8 novembre, tablette f49</p> 	<p>Figure 35</p> <p>Plan de groupe filmé par f49, 4°C</p> 

- Prérequis : les élèves ont déjà effectué des exercices de réduction dans le calcul littéral le cours d'avant
- Ils sont placés comme d'habitude en rang face au tableau
- Exercices animés par le professeur : questions écrites au tableau, correction sur le cahier en vert par les élèves. Les questions sont les mêmes que pour les deux autres classes, mais présentées en langage mathématique seulement.
- Notions abordées : réduire et développer. Comme il n'y a pas d'images ou de jetons, on ne peut pas utiliser la métaphore de la distribution du facteur pour toutes les valeurs placées dans le cercle multiplicateur. Nous allons donc nous inspirer de l'introduction de ce concept décrit dans la partie du cadre théorique : « c. Comment apprendre l'abstraction : la formation des concepts selon Barth », c'est-à-dire que le concept « développer » est introduit par deux calculs avec seulement des nombres (pas de lettres) aboutissant au même résultat. En plus, la justification de la généralisation est présentée par le calcul d'aire de deux rectangles. Institutionnalisation : les formules de factorisation sont ensuite écrites sur le cahier. Puis entraînement sur des exemples.

Tableau 7

4°C, lundi 21 novembre 14h – 15h : Factoriser / bilan différenciation

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 36 4°C, 21 novembre, tablette f55</p> 	<p>Figure 37 Plan de groupe filmé par f55, 4°C</p> 

Réactivation de ce qui a été vu au dernier cours : une question pour développer.

- Exercices d'entraînement sur développer.
- Introduction du concept Factoriser : présenté comme le contraire de développer.
Exemple à l'appui.
- Application de factorisation sur des exercices, les mêmes questions que pour les deux autres classes.
- Bilan en fin d'heure : plusieurs expressions de calcul littéral, déterminer si la consigne est « développer » ou « factoriser ». Résoudre les questions données selon la consigne adéquat. Mêmes questions que pour 4°A et 4°E.

1.5 LA CLASSE DE 3°F :

Sur le même modèle que la classe de 4°E, la classe de 3°F utilise le mode iconique pour une réactivation des notions du calcul littéral vues l'année précédente. Nous ne proposons pas le dispositif du jeu, en revanche, contrairement à la classe de 4°E, cette fois-ci les élèves ont à disposition le matériel au centre de la table pour les aider à comprendre les questions de la fiche. Les modes enactif, iconique et symbolique sont utilisés, mais pas le mode ludique. Nous utilisons les images se trouvant sur les cartes « missions » pour construire les cours, d'où le mode iconique. Un support sous forme de fiche mêlant définitions, exemples et exercices sert pour l'unique séance avec cette classe (**voir annexe I p.159**). Les élèves sont placés par petits groupes.

Tableau 8

3°F, mercredi 9 novembre 8h – 9h : fiches à compléter, matériel à disposition

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
---	--

Figure 38

3°F, 9 novembre, tablette f49

**Figure 39**

Plan de groupe filmé par f49, 3°F




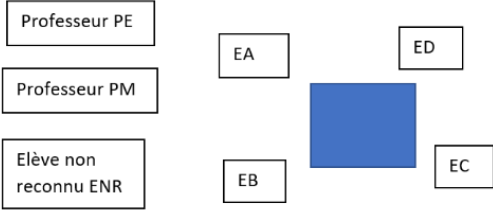
- Prérequis : les élèves ont abordé la notion de calcul littéral l'année précédente
 - Formation de 5 groupes de 6 élèves niveaux scolaires mélangés
 - Les tables sont en îlots, le matériel est placé au centre, mais sans les plateaux liés au jeu
 - Distribution de fiches exercices/leçon à compléter (voir en annexe)
 - Présentation des valeurs objets : jetons positifs et négatifs, cubes « nombres mystère », cercles multiplicateurs
 - Les élèves réalisent le 1^o exercice, guidés par le professeur pour clarifier la consigne en lien avec les dessins
 - Traduction du dessin en langage mathématique, puis résolution de la question avec les symboles.
 - Les élèves continuent seuls, les deux professeurs viennent apporter leur aide
- Institutionnalisation des concepts : Réduire puis développer.

1.6 LA CLASSE DE 3°D :

Comme les 4°A, les élèves de la classe utilisent le dispositif du jeu, mais cette fois-ci pour une réactualisation des notions de calcul littéral. Les élèves sont en groupe autour des îlots.

Tableau 9

3°D, Mercredi 9 novembre 10h – 11h : jeu

Photographie du groupe d'élèves filmés	Schéma du groupe filmé pour transcription et codage
<p>Figure 40 3°D, 9 novembre, tablette f55</p> 	<p>Figure 41 Plan de groupe filmé p f55, 3°D</p> 

- Prérequis : les élèves ont abordé la notion de calcul littéral l'année précédente
- Formation de 5 groupes de 6 élèves de niveaux scolaires mélangés
- Les tables sont en îlots, le matériel de jeu est en place
- Explication des règles du jeu, sans mentionner la notion de calcul littéral
- Les élèves jouent pendant 1 heure, trois groupes sont filmés
- Au bout de 20 minutes, règle de jeu supplémentaire : les élèves sont invités à traduire les questions en langage mathématique pour doubler leurs points.

3°D, jeudi 10 novembre 9h- 10h :

La séance qui suit le jeu est une phase d'institutionnalisation des trois notions abordées dans le jeu la veille, soit réduire, développer et factoriser. Le cours prend support sur une fiche assez similaire de celle des 3°F, mais adaptée car l'autre classe n'a pas eu le jeu en introduction. Cette séance n'a pas été transcrite et codée.

Figure 42

3°D, 10 novembre, tablette f56



- Distribution de fiches exercices/leçon à compléter
- Rappel des valeurs objets : jetons positifs et négatifs, cubes « nombres mystère », cercles multiplicateurs
- Les élèves réalisent le 1^o exercice, guidés par le professeur pour clarifier la consigne en lien avec les dessins
- Ils ont la possibilité de dessiner au dos de leur feuille
- Traduction du dessin en langage mathématique, puis résolution de la question avec les symboles.
- Les élèves continuent seuls

2 OUTILS ET INSTRUMENTS DE RECUEILS DE DONNEES

Pour exploiter de manière complète ce qui pourrait se dégager de cette expérimentation, nous avons besoin de pouvoir analyser en profondeur les signes qui révéleraient que l'élève est en train d'acquérir un savoir, c'est à dire pouvoir repérer le chemin de l'abstraction qui se forme petit à petit dans son esprit. C'est pour cela que nous avons choisi de filmer les séances, afin de capter à la fois les échanges verbaux entre les élèves ou avec le professeur, mais aussi de pouvoir saisir l'importance de chacun des gestes, notamment lors de l'utilisation du jeu, car chaque mouvement peut être un signe de réflexion pour l'élève, et être porteur de sens pour l'analyse.

Nous avons disposé trois tablettes par séance, orientées vers les petits groupes formés autour des tables, ou bien devant un rang d'élèves lorsqu'ils étaient en position frontale. En

réalité, au mieux deux tablettes fonctionnaient vraiment à tour de rôle, soit par manque de place dans la mémoire interne, soit par manque de batterie. Après chaque journée d'expérimentation, les vidéos ont été enregistrées dans un espace de stockage personnel type cloud puis effacées des tablettes, afin de pouvoir avoir suffisamment de mémoire le jour suivant. Comme les vidéos étaient nombreuses et longues, il a fallu beaucoup de temps et de débit internet pour les téléverser dans cet espace de stockage, parfois des nuits entières. Ensuite, elles ont été nommées selon la classe, le groupe et l'heure. Pour pouvoir retrouver certains élèves observés, un plan de classe avec le nom des élèves a été réalisé en début de chaque séance par leur professeur. Ensuite, nous avons transcrits des moments choisis de chaque séance dans le but de les analyser. Nous décrivons les méthodes d'analyse utilisées dans le paragraphe ci-dessous.

D'autre part, pour analyser le ressenti des élèves et leur avis sur la question de l'utilisation d'un jeu sérieux et de la manipulation d'objets pour comprendre des nouvelles notions en mathématiques, nous leur avons distribué un questionnaire à choix multiples sous forme papier de cinq questions en toute fin d'expérimentation. Seule la classe des 4°C n'a pas eu ce questionnaire car ils n'avaient pas du tout utilisé d'artefact. Nous avons ensuite numérisé nominativement chaque réponse dans une feuille de calcul Excel afin d'établir des mesures statistiques.

Nous avons aussi photographié ou ramassé quelques feuilles d'élèves, ou des cahiers afin de pouvoir analyser leurs productions écrites.

3 METHODES D'ANALYSE

Pour une analyse riche et complète des séances d'activités avec les élèves, nous avons choisi quatre méthodes d'analyse pour une triangulation de méthodes. En effet, cela permet d'avoir à la fois une vision globale de l'étude, et de façon simultanée une approche plus précise selon les points étudiés. Cela permet ainsi de valider ou renforcer certaines analyses, ou bien d'ouvrir un nouveau point de vue. Ces quatre méthodes d'analyse n'ont pas le même poids les unes par rapport aux autres et n'ont pas nécessité le même temps pour le dépouillement. Néanmoins, elles se complètent et apportent à l'interprétation des résultats un gage de qualité.

Ces méthodes sont les suivantes :

1. La méthode d'analyse utilisée pour le dépouillement verbal et non verbal de l'analyse des séances filmées sera celle de la Microgénétiq ue Didactique.
2. La méthode évaluant les questions effectuées pour certaines séances : cela peut être le comptage des questions réalisées sur le support vidéo sur une séance entière, ou bien l'analyse des réponses réalisées sur les cahiers ou les feuilles. Il s'agit donc d'une analyse à la fois quantitative (comptage du nombre de questions réussies, du nombre d'erreurs, de notions abordées), et qualitative (quel type d'erreur, quel dessin réalisé).
3. La méthode d'analyse quantitative qui étudie un Questionnaire à Choix Multiples distribué aux élèves en fin de séquence.
4. La méthode d'analyse qualitative à l'aide du logiciel IRAMuTeq (« Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires »), logiciel libre et ouvert d'analyse de données textuelles ou de statistique textuelle qui fonctionne en interface avec le langage R.

Nous allons maintenant présenter en détail chacune de ces méthodes.

3.1 LA MICROGENETIQUE DIDACTIQUE

3.1.1 Présentation de cette méthode d'analyse

La microgénétiq ue didactique est définie comme l'« étude des processus d'acquisition des connaissances sur un temps court et dans une situation particulière » (Saada- Robert, M. et Balslev, K. , 2006). En effet, c'est par les interactions verbales entre élèves et avec l'enseignant que l'on mesurera le processus d'abstraction des savoirs étudiés, à savoir celui de la factorisation et de la distributivité. Compte-tenu du nombre important de groupes filmés à travers toutes les séances (11 séances avec deux ou trois groupes soit plus de 22 films qui ont fonctionné), nous ciblerons l'analyse de seulement certains moments clés des séances où l'on pourra observer les connaissances en construction. Ainsi, nous employons la « microgenèse comme étude des transitions fines entre un stade développemental et un autre » (Saada- Robert, M. et Balslev, K. , 2006) afin d'observer les moments-clés, les étapes de transition, les micro-instantanés de la progression « pas à pas » (« moment to moment process », Elster, 1994 ; « trial-by-trial acquisition », Siegler 1987, 1989, 1995).

L'analyse des gestes fera partie de notre étude autant que les échanges verbaux car il s'agit justement d'observer la portée du mouvement à travers l'assimilation des concepts. La

durée courte dans le temps de cette démarche qualitative « compréhensive-interprétative » fait partie de cette méthode d'analyse qui cherche à cerner les connaissances en construction lors d'une situation didactique.

Le chercheur a une posture à la fois inductive et déductive. Les catégories d'analyse sont élaborées à la fois à partir des *composantes du savoir* induites par le programme scolaire concernant précisément la factorisation et le développement (mais aussi de la réduction qui en fait partie) d'expressions littérales (posture inductive), et à la fois sur les éléments constitutifs de la situation même qui font émerger des *patterns de compréhension* ancrés dans le cadre théorique présenté précédemment (posture déductive).

Le dépouillement et l'analyse se fait en cinq phases (Tominska Conte, 2011) :

- **Première phase** : transcriptions des enregistrements vidéo en verbatims sur les échanges verbaux et leurs gestes associés, et seulement sur des moments choisis, classés selon les séances et les groupes observés ;
- **Deuxième phase** : découpage des verbatims en protocoles basés sur des unités de sens, c'est-à-dire des échanges verbaux entre élèves ou entre professeurs et élèves, autour d'un thème précis, par exemple pour la résolution d'un morceau de question. L'unité de sens change lorsque le professeur ou l'élève change de sujet ou de question, ou d'un autre élément au sein même d'une question. Chaque unité de sens est nommée selon la séance observé puis numérotée dans l'ordre chronologique.
Exemple : l'unité de sens 4E.DA.10n.f55.3 est l'unité de sens pour l'expérimentation en classe de 4[°]E (4E), le moment choisi pour la transcription étant le Début d'Activité (DA), cours du 10 novembre (10n), filmé avec la tablette numéro f55, unité de sens numéro 3.
- **Troisième phase** : codage des unités de sens selon le *type d'échanges* : monologue, échange tronqué, échange restreint, ou échange étendu, voir tableau ci-dessous.
- **Quatrième phase** : catégorisation interprétative selon les *composantes du savoir* des unités de sens (phase inductive, ce que l'on veut enseigner), voir tableau ci-dessous ;
- **Cinquième phase** : repérage des *patterns des significations*, c'est-à-dire les énoncés qui signifient la compréhension de la part de l'élève, ils « qualifient les états de la Zone de compréhension commune (Balslev, 2006, 2009, 2010) dans laquelle circulent

ces significations autour des composantes de savoir en jeu. » (Phase déductive, ce que l'élève apprend) : voir tableau ci-dessous.

3.1.2 *Adaptation de cette méthode d'analyse à notre corpus*

En s'inspirant des travaux de Kerbrat-Orecchioni (1998, p.236), les codages pour l'analyse des types d'échanges de la **troisième phase** du dépouillement et d'analyse seront présentés comme suit :

Tableau 10

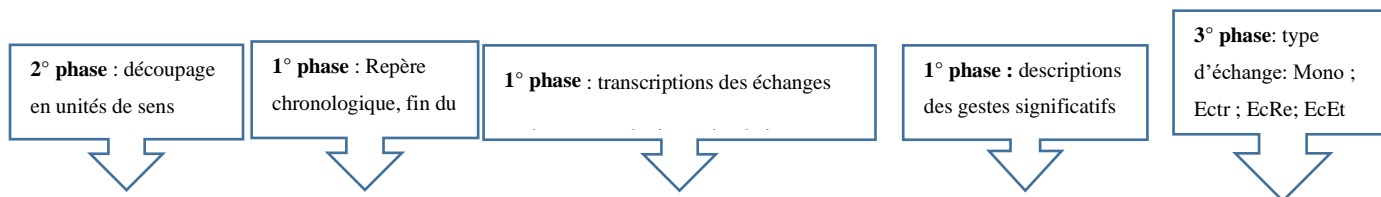
Présentation du codage pour l'analyse des types d'échanges

Type d'échange	Codage	Détails
<u>Monologue</u>	Mono	Un enseignant ou un élève parle sans interruption de la part des écoutants, et sans attendre de réponse.
<u>Echange Tronqué</u>	EcTr	Un enseignant ou un élève énonce une phrase avec l'attente d'une réponse, mais elle reste sans réponse de la part de ses interlocuteurs.
<u>Echange Restreint</u>	EcRe	Deux ou plusieurs personnes échangent des phrases, mais leurs contenus sont brefs, type question/réponse non développées (deux ou trois au plus)
<u>Echange Etendu</u>	EcEt	Deux ou plusieurs personnes échangent des phrases et leurs contenus sont développés, rebondissent et se répondent à nouveau.

Pour illustrer les trois premières phases de cette analyse, nous présentons ici un exemple :

Figure 43

Exemple de transcription et de codage pour les trois premières phases de la méthode microgénétique, classe de 4^eE 10 novembre tablette f55, sur les unités de sens de 3, 4 et 5.



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange
4E.DA.10n.f56.3		EB	Ici on fait quoi ? ici on fait quoi ?		EcTr
		EB		Prend son crayon et essaye	
	-50 :30	ED		Prend son crayon et essaye	
	-50 :14	EB	Madame tu peux venir, je peux te poser une question ?		EcRe
	PE	Oui j'arrive			
4E.DA.10n.f56.4	-50 :00	EA - EC		N'ont pas sorti de stylo pour essayer (1 min30)	
4E.DA.10n.f56.3		PE	Alors non parce que x au carré c'est x fois x, et non <u>on multiplie pas les x entre eux</u> ici	Arrive et regarde la feuille de EC	EcTr
4E.DA.10n.f56.5		PE	C'est bon ? on continue ?		EcEt
	-49 :51	PE	Alors qu'est-ce que vous avez trouvé là ? qui veut répondre ? vas-y !		
		ENR	Euh... moins un		
		PE	Plus moins un	Ecrit à la suite de plus cinq et plus x	
		ENR	(inaudible)		
	PE	Plus comme ça ? un x ?			

En appui du cadre théorique de la partie 1, nous présentons ici un tableau de codages de la **quatrième phase**, pour présenter les *composantes du savoir en jeu* :

Tableau 11

Présentation du codage pour l'analyse des composantes du savoir

Composante du savoir	Code	Détails
<u>Calcul</u> <u>Correct</u>	CaCo	L'élève effectue un calcul correctement (peu importe le mode enactif, iconique ou symbolique)
<u>Erreur de</u> <u>Calcul</u>	ErCa	L'élève commet une erreur de calcul

<u>F</u>acteur <u>C</u>ommun	FaCo	L'élève détermine le facteur commun (peu importe le mode enactif, iconique ou symbolique)
<u>F</u>actoriser dans les <u>P</u>arenthèses	FaPa	L'élève remplit correctement les parenthèses lors de la factorisation (peu importe le mode enactif, iconique ou symbolique)
<u>E</u>rrer de <u>F</u>actorisation	ErFa	L'élève commet une erreur du type du type $3x + 5 = 3(x + 5)$
<u>R</u>éduction <u>C</u>orrecte	ReCo	L'élève réduit correctement l'expression littérale (peu importe le mode enactif, iconique ou symbolique)
<u>E</u>rrer <u>R</u>éduction	ErRe	L'élève commet une erreur du type $3 + 5x = 8x$
<u>D</u>éveloppement <u>C</u>orrect	DeCo	L'élève développe correctement une expression littérale (peu importe le mode enactif, iconique ou symbolique)
<u>E</u>rrer <u>D</u>éveloppement	ErDe	L'élève commet une erreur du type $3(x + 5) = 3x + 5$
<u>E</u>rrer <u>V</u>ariable	ErVa	L'élève commet une erreur du type x vaut 1 alors que x n'a pas de valeur définie
<u>T</u>ranscription <u>C</u>orrecte	TrCo	L'élève réussit à traduire un dessin ou des jetons en langage mathématiques
<u>E</u>rrer de <u>T</u>ranscription	ErTr	L'élève commet une erreur de traduction en langage mathématique

Pour illustrer cette **quatrième phase**, nous présentons ici un exemple :

Figure 44

Exemple pour la 3^e phase d'analyse, codage FaCo et FaPa pour la factorisation, classe de 4^eE, 24 novembre, filmée par la tablette 56

Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir
4E.Fa.24.156.2		PE	Alors je vais réexpliquer. La dernière fois on avait des cercles multiplicateurs et il fallait qu'on compte dedans combien ça faisait. Là ce qu'on fait, c'est qu'on fait la question à l'envers. Là on va faire le contraire de l'autre jour, il fallait compter combien ça faisait le cercle multiplicateur, combien ça faisait de cubes, combien ça faisait de jetons. Là c'est le contraire, y a pas de cercle multiplicateur et on va essayer d'en prendre un pour que finalement il y ait moins de cubes et moins de jetons.		EcEt	
	-36 :46	PE	Quel cercle multiplicateur on pourrait choisir et qu'est-ce qu'on met à l'intérieur. Alors qui pense avoir une idée ?			
		ENR	Fois deux		FaCo	
		PE	Oui, pourquoi fois deux ? qu'est-ce que tu vas mettre à l'intérieur pour que ça fasse la même chose que ça ?			
		ENR	Un cube, deux cubes, un rectangle et un rond		FaPa	
		PE	Un cube, deux cubes, un rectangle et un rond	(cela correspond à la réponse $2*(2x-6)$ en langage mathématique)		

L'élève ENR a dicté ce dessin au professeur, qui l'a reproduit au tableau

L'élève ENR a trouvé le bon cercle multiplicateur, donc le facteur commun deux

L'élève ENR a trouvé les jetons à mettre dans le cercle multiplicateur, ce qui correspond au contenu des parenthèses

Figure 45

Illustration de ce qui a été réalisé par l'élève dans la figure précédente

Définition Factoriser : factoriser une expression littérale, c'est « rassembler » dans une parenthèse, les facteurs multipliés par un même nombre :

Choisis un cercle multiplicateur et remplis-le de et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle) 	<u>Traduis les données de départ :</u> 	<u>Factorise :</u>
	<u>Traduis les données de départ :</u> 	<u>Factorise :</u>

Pour finir, voici le tableau de codage de la cinquième phase, les *patterns de significations* :

Tableau 12

Présentation du codage autour des patterns de signification

Patterns de signification	Code	Sous-patterns
<u>Mode Enactif</u>	MoEn1	L'élève prend un jeton ou un cercle multiplicateur dans le but de faire un calcul
	MoEn2	L'élève parle du sens du jeton
	MoEn3	L'enseignant prend un jeton et explique son sens dans un calcul
<u>Mode Iconique</u>	MoIc1	L'élève montre ou parle d'une image représentant des jetons
	MoIc2	L'élève dessine une image représentant des jetons dans le but de calculer
	MoIc3	Le professeur montre une image pour expliquer son sens
<u>Mode Symbolique</u>	MoSy1	L'élève tente de traduire en langage mathématique la valeur des jetons ou d'un dessin de jetons.
	MoSy2	L'élève traduit correctement en langage mathématique la valeur des jetons ou d'un dessin de jetons
	MoSy3	Le professeur explique la valeur des jetons ou d'un dessin de jetons pour la traduction en langage mathématique, ou explique en langage mathématique
<u>Motivation Intrinsèque</u>	MIn	L'élève manifeste de la motivation dans son travail, en se mettant en action dans le but d'apprendre, ou par plaisir de jouer
<u>Motivation Extrinsèque</u>	MEx	L'élève manifeste de la motivation dans son activité dans le but de gagner, d'avoir une bonne note ou une approbation du professeur

<u>Perturbation</u>	Per	L'élève perturbe les autres ou se distrait lui-même, la motivation est donc amoindrie
<u>Abstraction Empirique</u>	AbEm	L'élève a compris un élément simple en langage mathématique
<u>Abstraction Réfléchissante</u>	AbRe	L'élève a réutilisé ce qu'il a compris récemment dans une nouvelle question, en langage mathématique
<u>Cherche à Comprendre</u>	ChCo	L'élève cherche à comprendre une explication, ou à résoudre une question, ou pose une question

Pour illustrer cette **cinquième phase**, nous présentons ici un exemple :

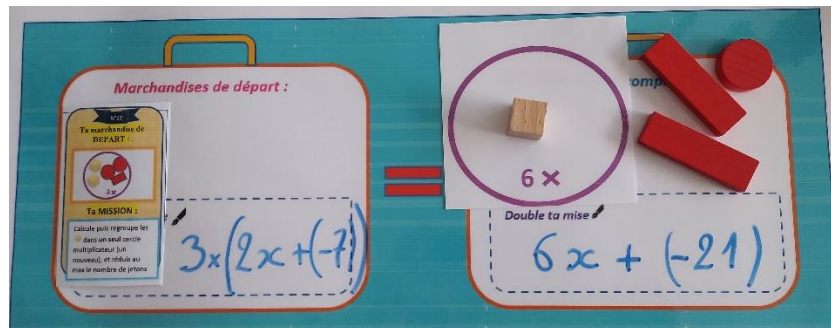
Figure 46

Exemple pour la cinquième phase : MoEn1 ; MoEn2; MoIn et AbRe ; classe de 4°A, 9 novembre, tablette f55

EA	(inaudible)	Montre du doigt les jetons un à un pour compter quelque chose. Pose une question à EC	Min MoEn2 ChCo	Motivation Intrinsèque car EA a envie de résoudre la question
EA	Là y en a Un deux trois	Montre les cubes avec un doigt en comptant	MoEn2	Mode Enactif 2 car EA parle des jetons posés sur la table
EC	Là y en a deux		MoEn2	
-14 :20	EA	Y en a six comme ça	MoEn2	
	EC	Du coup c'est quatre cubes ?	ChCo MoEn2	
	EA	Tu vois, ça y a fois deux en tout	MoEn1 MoEn2 ChCo	Mode Enactif 1 car EA déplace des jetons dans le but de remplir la mission
	EB	Montre du doigt chaque jetons	Min MoEn2	
-14 :01	EA	Deux quatre six, six comme ça et six comme ça	MoEn2	
	EA	Comme ça, comme ça, comma ça	MoEn2	
	EA	Deux comme ça, du coup là ça fait six	MoEn1 MoEn2 ChCo	Abstraction Réfléchissante car EB a utilisé ce qu'il a compris dans une question précédente pour décrire six fois x au moment de développer
	EB	Pose le cercle fois six	AbRe MoEn1	
	EA	Pose le cube dans le cercle, puis jette le 2 ² qui ne sert plus à rien	DeCo MoEn1	

Figure 47:

Illustration de ce qui a été réalisé dans la transcription/description de la figure précédente, notamment dans la valise de droite (la traduction en langage mathématique a été rajoutée ici mais non réalisée par les élèves ce jour-là)



3.2 CHOIX DES MOMENTS A ANALYSER PENDANT LES SEANCES

Etant donné le nombre important de films récoltés (22 films de 45 minutes environ chacun), leur transcription et leur codage seraient trop chronophages, nous avons donc choisi d'analyser seulement certains passages clés qui seraient porteurs de moments explicites d'assimilation des concepts « factoriser » et « développer », ou bien de moments explicites démontrant la plus-value de l'apport ludique.

En voici la description ainsi que la justification d'un tel choix :

- Début de la mise en activité lors d'une séance (les cinq premières minutes), quelles que soient la séance ou la consigne, et après explications des règles du jeu ou des consignes. En effet, ce moment peut être porteur ou non de motivation face à la mise au travail, qui peut ensuite s'estomper par lassitude. Il peut aussi montrer des moments d'abstraction empiriques car nous sommes au début.
- Résolution de question comportant la consigne « développer », que ce soit sous forme que l'on trouve couramment dans une consigne d'exercice, ou avec les dessins, ou avec les jetons, ou consigne posée de façon figurée sur une carte comportant cette « mission ».
- Résolution de question comportant la consigne « factoriser », que ce soit sous forme que l'on trouve couramment dans une consigne d'exercice, ou avec les dessins, ou

avec les jetons, ou consigne posée de façon figurée sur une carte comportant cette « mission ».

Les vidéos sont, dans un premier temps, visionnées en entier pour repérer ces moments, dont le minutage sera minutieusement noté afin de les retrouver et d'en effectuer la transcription, verbale et gestuelle. Certaines vidéos n'ont pu être évaluées car des élèves se sont placés devant l'écran durant une grande partie de la séance, ou bien la captation du son était trop mauvaise pour en analyser le contenu. La description de ce qui se faisait au tableau par le professeur a été écrite de mémoire (car professeur non filmé) et en appui du support papier qui était à disposition des élèves (ces éléments rajoutés sont sûrs car le professeur et le transcripteur sont la même personne).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Les films ont été transcrits et codés selon la méthode d'analyse de la microgenèse présentée ci-dessus, le corpus est disponible dans la partie annexe. Selon les axes de lecture des résultats, nous avons précisé pour chaque partie les morceaux transcrits utilisés afin de pouvoir les consulter si besoin.

Nous avons choisi cinq axes de lecture pour analyser nos résultats. D'abord deux **analyses comparatives : une entre les 4°A et les 4°E** afin de mesurer les différences entre les élèves qui utilisent l'artefact sous forme de jeu et ceux qui utilisent seulement les images de cet artefact ; puis une autre **analyse comparative entre les 4°A et les 4°C** pour mesurer les différences entre les élèves qui utilisent l'artefact sous forme de jeu et ceux n'utilisent aucun artefact. Puis nous avons effectué une **analyse évolutive de la classe des 4°A** sur les trois séances de l'expérimentation. Pour approfondir notre analyse, nous avons en plus effectué une **analyse comparative entre deux classes de 3°**, une utilisant le jeu sérieux dans son ensemble et l'autre n'utilisant que les matériels à manipuler, afin de mesurer la plus-value de l'aspect ludique.

Pour finir, nous présentons les résultats du questionnaire évaluant l'avis des élèves afin d'analyser leur ressenti.

1 ANALYSE COMPARATIVE ENTRE LES CLASSES DES 4°A ET DES 4°E

Ce paragraphe présente une analyse comparative entre les élèves de la classe utilisant la *manipulation* des artefacts (4°A) et les élèves de la classe utilisant seulement les *images* de ces artefacts (4°E).

1.1 PRÉSENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODÉES UTILISÉES POUR CETTE ÉTUDE

Nous présentons ici les différents documents du corpus figurant en annexe. Dans les références, f55 et f56 correspondent aux noms des tablettes qui filment les différents groupes d'élèves. Nous avons sélectionné les séances qui peuvent être comparables en termes de contenu et de questions abordées, la durée totale des morceaux transcrits des 4°A est de 47,2min et celle des 4°E de 43 min, ce qui est globalement équivalent et permettra une comparaison équitable en termes de temps écoulé.

Tableau 13

Présentation des séances transcrites et codées pour l'étude comparative des 4°A et 4°E

Classe	Date	Morceaux transcrits et codés	Références	Durée	Numéro d'annexe
4°A	9 nov	Début d'activité	4A_DA_9nov_f55	5min	Annexe n°K
		Développement	4A_De_9nov_f55	3min7s	Annexe n°M
		Début d'activité	4A_DA_9nov_f56	5min	Annexe n°L
		Développement	4A_De_9nov_f56	2min21s	Annexe n°N
	10 nov	Factorisation et début d'activité	4A_Fa_10nov_f56	10min	Annexe n°O
	21 nov	Développement et Factorisation	4A_FaDeRes_21nov_f56	9min45s	Annexe n°U
		Développement et Factorisation	4A_FaDeRes_21nov_f55	5min30s	Annexe n°S
		Développement	4A_De_21nov_f55	3min	Annexe n°Q
		Factorisation	4A_Fa_21nov_f55	3min34s	Annexe n°R
			Début d'activité	4E_DA_10nov_f56	5 min

4°E	10 nov	Développement	4E_De_10nov_f56	28min10s	Annexe n°Y
	24 nov	Factorisation et début d'activité	4E_Fa_24nov_f56	9min50s	Annexe n°Z

1.2 LES INTERACTIONS (ENTRE ELEVES ET PROFESSEUR/ELEVES)

Pour commencer, nous avons analysé les proportions des différents types d'échanges entre les deux classes : monologues (**Mono**), échanges tronqués (**EcTr**), échanges restreints (**EcRe**) et échanges étendus (**EcEt**) :

Figure 48

Répartition des types d'échanges pour la 4°A

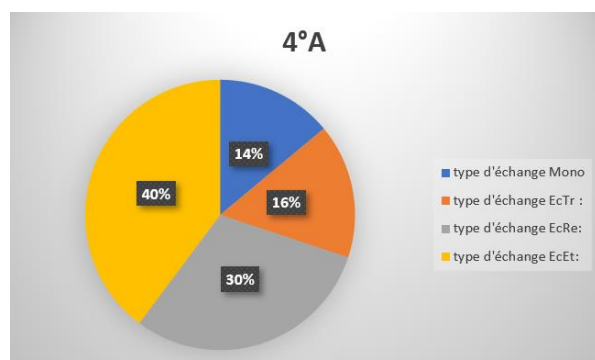
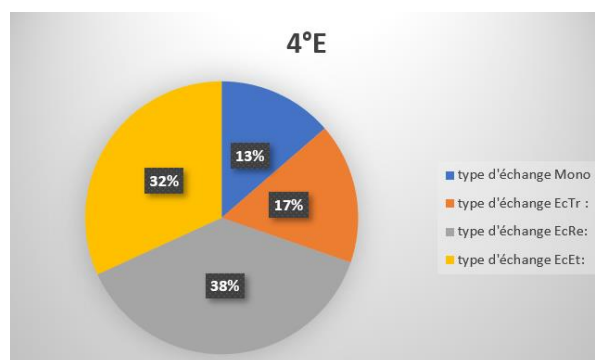


Figure 49

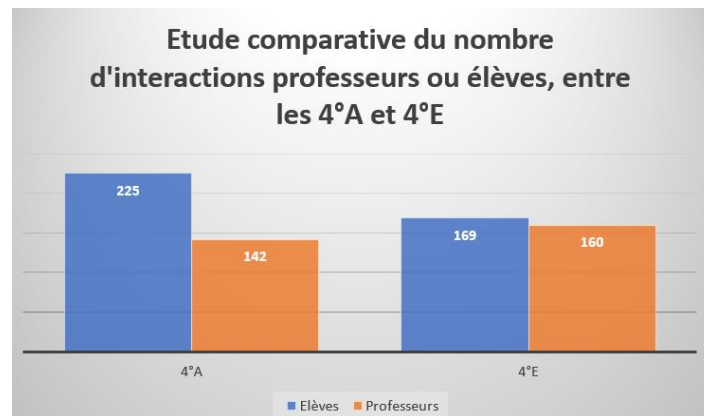
Répartition des types d'échanges pour les 4°E



Les deux classes ont un profil globalement similaire, les échanges restreints et étendus mis ensemble sont équivalents pour les deux classes, soit **70%** pour chacune. Ceci montre que dans les deux cas, les échanges entre élèves ou avec le professeur sont riches et servent à construire les connaissances par les interactions verbales et non-verbales. On note un taux légèrement plus important d'échanges étendus pour les **4°A**. Néanmoins, les interactions sont plus nombreuses entre élèves par rapport aux échanges professeur/élèves pour les **4°A** que pour les **4°E**, comme le montre le diagramme en bâtons ci-dessous. Les échanges étendus ou restreints sont donc plus attribués aux réflexions entre élèves pour les **4°A**, par rapport aux **4°E** qui ont bénéficié plus longtemps de l'aide du professeur, ce que nous allons montrer plus bas.

Figure 50

Etude comparative du nombre d'interactions verbales ou non-verbales professeurs ou élèves, entre les 4[°]A et 4[°]E



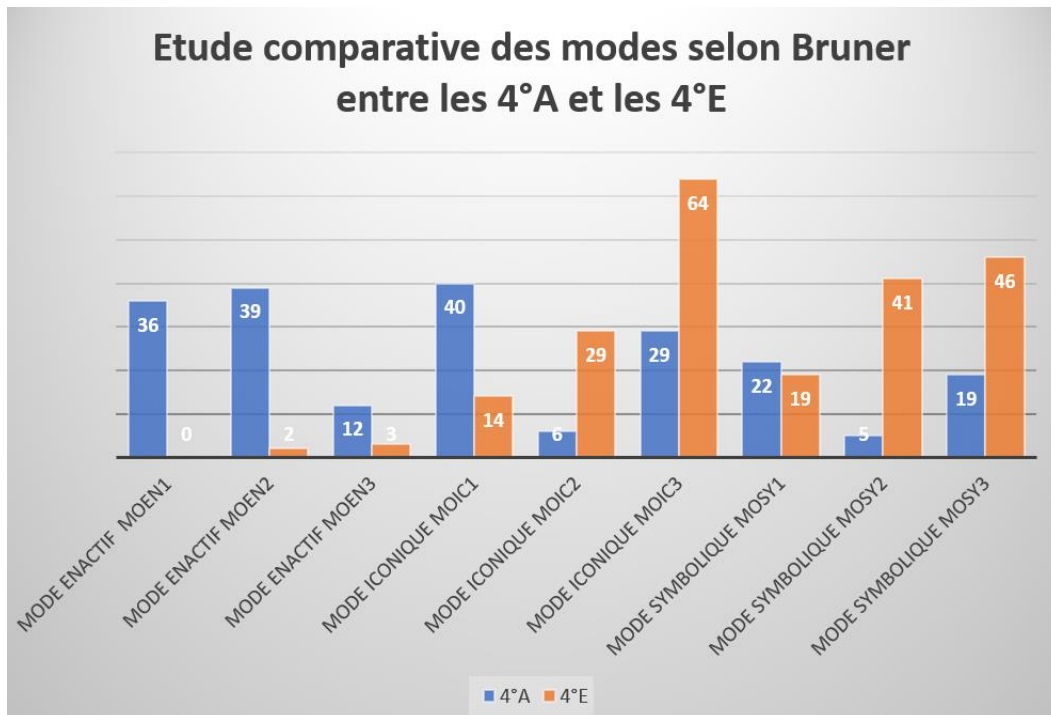
1.3 LES TROIS MODES DE REPRESENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER ET LA MISE EN CORRELATION AVEC LE PASSAGE A L'ABSTRACTION

Nous allons comparer maintenant l'ensemble des séances des 4[°]A qui ont suivi les trois modes de Bruner, c'est-à-dire les *modes enactif, iconique et symbolique*, avec l'ensemble des séances des 4[°]E qui ont suivi seulement les modes iconique et symbolique. Nous rappelons que le temps global de l'ensemble des séances est équivalent.

Dans un premier temps, nous allons comparer les diagrammes en barre qui représentent le nombre total d'actions qui ont été codées selon les critères présentés plus haut, en attirant l'attention sur le fait que les codes **MoEn3**, **MoIc3** et **MoSy3** sont rattachés aux actions du professeur.

Figure 51

Etude comparative des trois modes de représentations des connaissances selon Bruner, entre les 4[°]A et les 4[°]E



Nous lisons dans le diagramme des 4[°]A une répartition plus étendue des mises en actions par rapport aux 4[°]E, notamment dans les modes enactifs **MoEn1** et **MoEn2**, ce qui est tout à fait normal car les élèves ont eu l'occasion de manipuler les artefacts. En revanche, une différence mérite notre attention au sujet du mode iconique **MoIc1** (« L'élève montre ou parle d'une image représentant des jetons ») : dans les deux classes, l'utilisation d'images représentant les jetons, les cubes et les cercles était dans le support pédagogique comme étape précédant le mode symbolique. Or, la classe 4[°]A comptabilise **40** actions codées **MoIc1** contre **14** seulement pour la classe 4[°]E, soit près de trois fois plus pour les 4[°]A. Nous pourrions donc penser que l'utilisation des objets réels en amont ou en simultané permet aux élèves de s'approprier de manière plus forte le sens des représentations iconiques, et les engage donc plus dans les actions tournant autour de ces images, soit en les montrant du doigt au moment de leur réflexion, soit en parlant de ces images. Nous pouvons lire ainsi davantage de signes d'abstraction en tant que processus de structuration des connaissances lorsqu'il y a manipulation d'artefacts que lorsque l'on utilise seulement l'image de ces artefacts, même s'ils ont été montrés en vrai aux 4[°]E par le professeur pour une compréhension plus fine de ces représentations imagées.

En ce qui concerne le mode iconique **MoIc2** (« L'élève dessine une image représentant des jetons dans le but de calculer »), seuls les **4°E** étaient invités à dessiner les artefacts pour répondre aux questions, dans un emplacement prévu à cet effet ou sur une feuille blanche, leur étude comparative n'a donc pas lieu d'être.

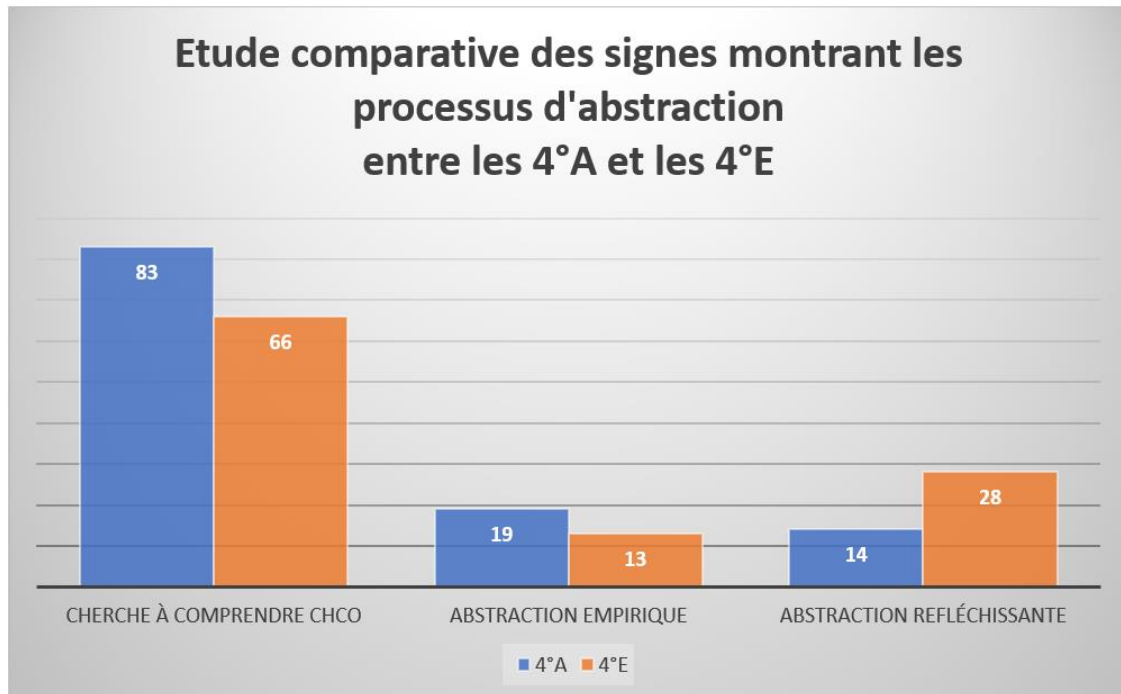
Nous confirmons l'analyse du paragraphe précédent au sujet de l'intervention des professeurs : en effet, les modes iconiques **MoIc3** (« Le professeur montre une image pour expliquer son sens ») est presque deux fois plus représenté pour les **4°E** (64 actions) que les **4°A** (29 actions), ce qui montrerait que les élèves de **4°E** ont eu davantage besoin d'aide pour l'explication des images que les **4°A**.

Du côté du mode symbolique, les élèves des **4°E** ont largement plus eu l'occasion d'aborder les questions en langage mathématique que les **4°A**, même s'il y a eu une séance en moins. Pour les **4°E**, on compte **19** tentatives de réponses en mode symbolique (**MoSy1**), et 41 réponses correctes (**MoSy2**), contre **22 MoSy1** et **5 MoSy2** pour les **4°A**. Ceci pourrait être interprété d'une part par le fait que nous avons manqué de matériel pour filmer la 2^e séance des **4°A**, où les élèves étaient invités à traduire toutes leurs questions en langage mathématique, nous n'avons malheureusement pas pu mesurer ces moments importants pour notre étude alors qu'en fait, ils avaient vraiment passé à la traduction. D'autre part, l'utilisation d'un artefact sous forme de jeu prend du temps avec les élèves, nous en avons donc manqué pour aller plus loin dans l'utilisation seule du langage mathématique.

Nous rappelons que lors du codage des morceaux transcrits, nous avons repéré les paroles ou gestes des élèves qui pouvaient être signes de processus d'abstraction, et nous les avons répartis en trois catégories : lorsque l'élève cherche à comprendre une explication, ou à résoudre une question, ou pose une question (**ChCo**) , lorsque l'élève a compris un élément simple en langage mathématique (**AbEm**) et lorsque l'élève a réutilisé ce qu'il a compris récemment dans une nouvelle question, en langage mathématique (**AbRe**). Le comptage respectifs des deux classes est représenté dans le diagramme en barre ci-dessous :

Figure 52

Etude comparative sur les signes montrant un processus d'abstraction entre les 4[°]A et les 4[°]E



Nous observons une proportion plus forte d'élèves qui cherche à comprendre une consigne d'exercice ou une question du professeur pour la classe 4[°]A (83 contre 66 pour les 4[°]E). Pour mettre en relation avec le paragraphe ci-dessus et en regardant plus précisément les contenu des transcriptions, il se trouve qu'un nombre important de codage **ChCo** rentre en corrélation avec les actions du professeur qui montre une aide plus forte dans les cours des 4[°]E, mais la plupart du temps devant la classe entière. En effet, nous avons montré au paragraphe précédent en présentant le nombre de codages **MoEn3** et **MoSy3** illustrant les sollicitations du professeur envers les élèves, qu'il était beaucoup plus important que pour les 4[°]A. Malgré tout, les élèves des 4[°]A ont un score plus important de **ChCo** car ils réfléchissent plus souvent ensemble aux réponses aux questions que de manière guidée par le professeur : ceci montrerait qu'ils s'emparent plus naturellement du procédé de socioconstructivisme d'apprentissage de façon autonome.

Voici deux illustrations dans les transcriptions des deux classes qui montrent des situations où les élèves cherchent à comprendre : pour les 4°A une situation où ils sont en autonomie et pour les 4°E une situation où ils sont en conversation avec un enseignant :

Figure 53

Exemple illustrant les codages ChCo pour les 4°A, travaillant plus en autonomie

4A.Fa.10.f56.3		EC	Calcule, puis choisis un cercle nouveau multiplicateur et remplis-le de cubes et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle)	Lit la carte	EcTr		ChCo
4A.Fa.10.f56.4		EE	Ça et ça 20, et ça 8		EcEt	ErCa	Molc1
		EE		Traduit avec son feutre sur la valise de départ		CaCo	MoSy1 ChCo AbRe
		EE	Ça huit	Efface			ChCo
		ED	Ça c'est dix, ça c'est dix, ça c'est cinq et ça c'est un	Montre les dessins,			Molc1 ChCo
		EF		Efface bien avec une brosse			
4A.Fa.10.f56.5	-41 :48	EC	Ça c'est <u>...</u> , un deux trois	Prend un cercle, Place les jetons et les cubes dedans	EcEt	FaCo	MoEn1 MoEn2 ChCo AbRe
		EC		Ouvre le livret des solutions			MEx ChCo
		EB	Tcho ! t'as réussi !			FaPa	MIn
		EC		Danse de joie			MEx

Figure 54

Exemple illustrant les codages ChCo pour les 4°E, conversation entre professeur (au tableau) et élèves

4E.De.10n.f56.12		EB		Reprend son stylo pour écrire			
4E.De.10n.f56.13		PE	Et là qu'est-ce que j'ai, c'est quoi le rond clair ?		EcEt		MIn
		ENR	Moins un.				ChCo
		PE	Moins un. Et là ?				
		ENR	Moins deux				ChCo
		PE	Ça fait moins deux et là ?				MoSy3
		ENR	Moins cinq				MoSy2 ChCo
		PE	Ça fait moins cinq. Ça fait combien ?				
		ENR	Moins cinq moins deux				MIn
		PE	Ça fait combien ?				
		ENR	Moins sept				CaCo
	PE	Ça fait moins sept, ouais ! ok vous êtes prêts ?					
-27 :12	ENR	Oui					
4E.De.10n.f56.14		EB	T'as dedans, du coup madame elle a (inaudible)	Pointe avec son crayon cercle et son intérieur, parle à EA	EcRe		MIn
		EA	(inaudible) ?				
		EB	Là là là	Montre avec son crayon, puis gomme ses traits			Molc1 ChCo

D'autre part, nous notons plus de signes d'abstraction empirique (**AbEm**) pour les 4°A, mais deux fois plus d'abstractions réfléchissantes (**AbRe**) pour la classe des 4°E. Comme cité plus haut, la prise en main de l'artefact avec les 4°A a pris du temps, mais aussi de l'énergie intellectuelle car il fallait en comprendre le fonctionnement, notamment les stratégies pour

manipuler les objets. Cette phase-là a donc pris le temps sur celui de l'abstraction réfléchissante dédiée au langage mathématique à cause du temps délimité par celui de l'expérimentation.

1.4 ANALYSE QUALITATIVE DE QUELQUES TRAVAUX D'ÉLÈVES

Dans la photographie suivante, nous pouvons observer la progression de l'élève entre la 1^o question et la 3^o question :

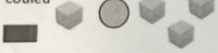

Figure 55

Exemple d'une fiche d'élève illustrant sa progression

Traduction en langage mathématiques :
 ● = +1 ; ■ = +5 ; ○ = -1 ; □ = -5 ; ● = x Nombre mystère

Définition Réduire : réduire une expression littérale, c'est l'écrire sous la forme la plus simple possible, en rassemblant les termes de même nature.

Regroupe les ● dans un cercle multiplicateur, et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur

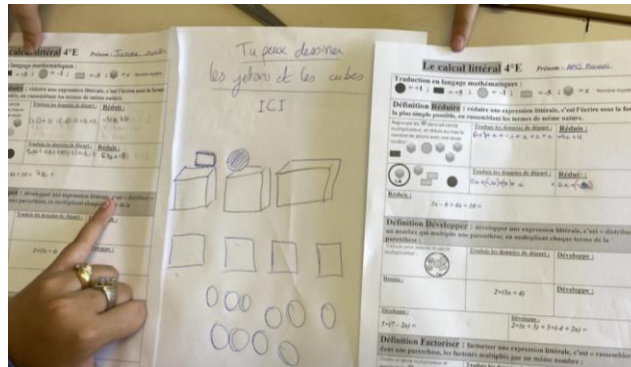
	Traduis les données de départ : $(+5) + 2x + (-1) + x + x$	Réduis : $(+5) + (-1) + 4x$ $(+4) + 4x$
	Traduis les données de départ : $5x + x + 1x + (-5) + (-5) + (-1)$	Réduis : $6x + (-11)$
Réduis : $3x - 6 + 4x + 10 = 7x + 4$		

Au début, l'élève pense à compter d'abord les x , puis compte les nombres entre eux. Dans la 2^o question, l'élève rassemble en même temps le nombre de x et les nombres entre eux. Pour la 3^o, le dessin n'a pas été nécessaire, il a réduit directement. Dans l'ensemble des copies, nous remarquons peu d'erreurs du type $7x + 4 = 11x$, l'objectif pédagogique de ne pas mélanger les x et les nombres semble être atteint.

Dans l'illustration suivante, nous pouvons remarquer une tentative de résolution de la question : « Réduis $3x - 6 + 4x + 10$ » à l'aide d'un dessin réalisé par les élèves du groupe. Tout n'est pas colorié pour faire des valeurs positives, mais le nombre d'éléments est correct. La réduction n'a pas encore eu lieu en langage symbolique mais nous percevons le besoin de revenir à une représentation iconique.

Figure 56

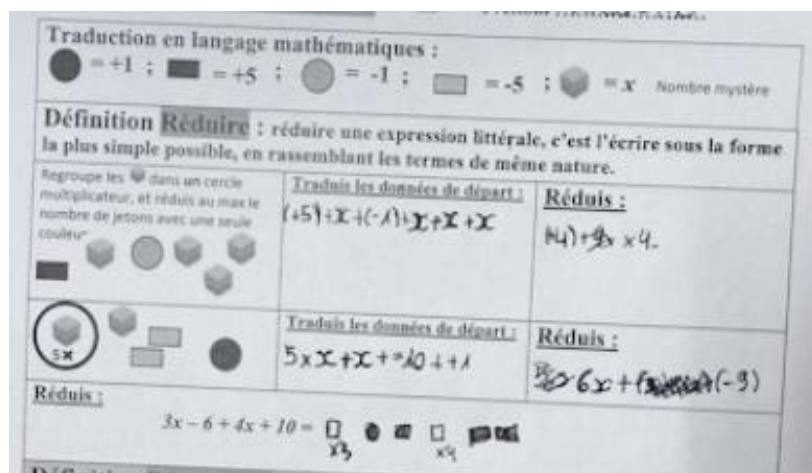
Exemple de dessin d'élève illustrant l'utilisation du mode iconique MoIc2



L'illustration ci-dessous montre le même intérêt à passer par une représentation iconique avant de répondre à la question en langage mathématique :

Figure 57

Exemple de fiche d'élève illustrant le besoin de traduire en image iconique

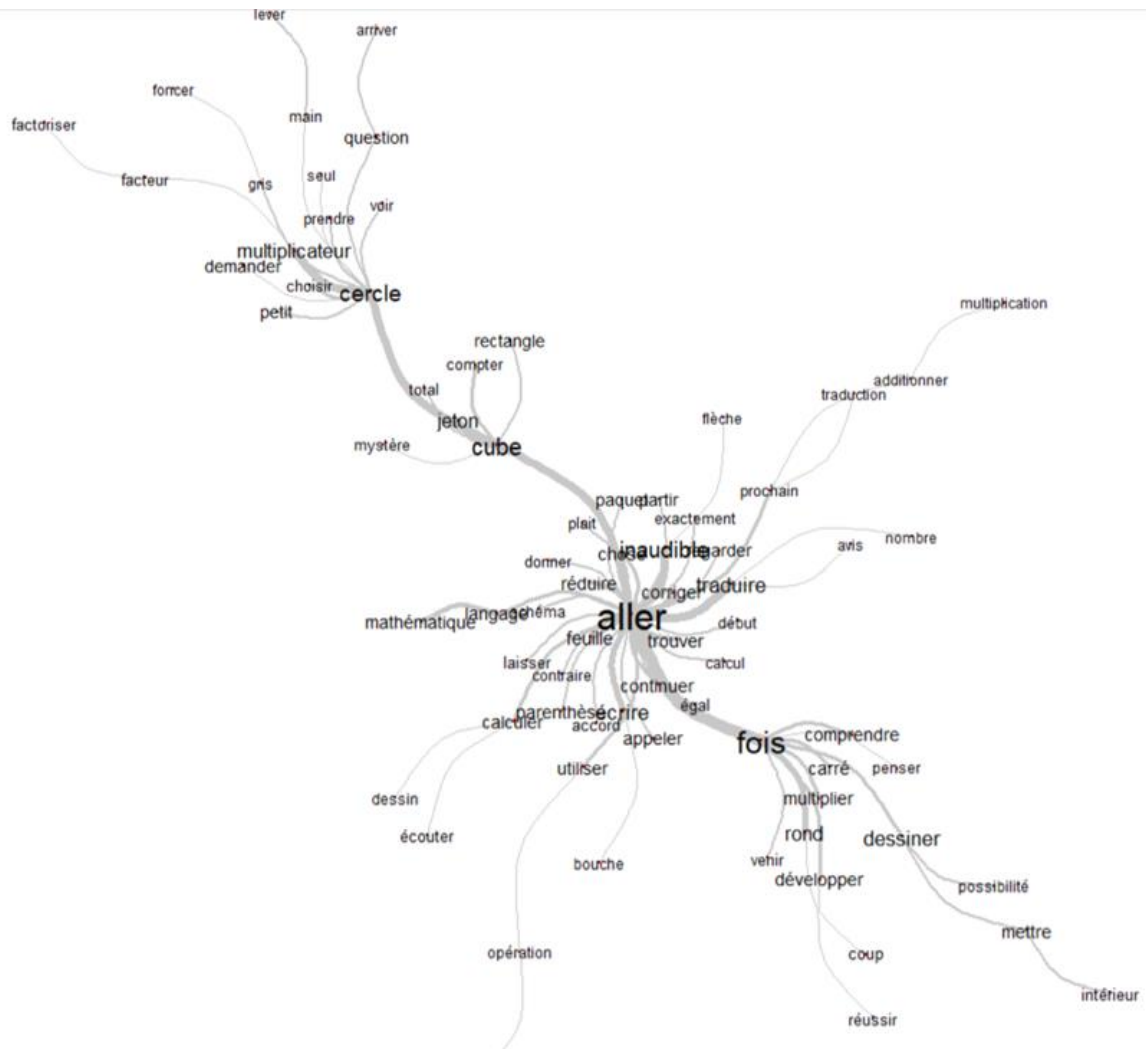


1.5 ANALYSE COMPARATIVE AVEC LE LOGICIEL IRAMUTEQ

Nous avons choisi de comparer les corpus des interventions verbales (et non gestuelles) entre toutes les transcriptions auditives des deux classes. Nous avons effectué une analyse lexicométrique avec le logiciel IRaMuTeq et nous présentons ici les deux arbres de similitudes,

Figure 59

Analyse lexicométrique avec IRaMuTeq, arbre des similitudes pour la 4[°]E



A l'image de la figure 51 représentant l'étude comparative des modes de représentations selon Bruner (page 91), nous observons sur ces deux arbres des similitudes et un étalement des occurrences plus étendu pour la 4[°]A que pour la 4[°]E. Cela pourrait s'expliquer par le fait que cette classe a davantage diversifié ses actions sur les trois séances puisque les élèves ont réfléchi selon les trois modes de représentations des connaissances selon Bruner. D'ailleurs, le nœud de branche le plus gros se trouve en haut autour du mot « cercle » (sous-entendu cercle multiplicateur), auquel les mots « cubes » et « jetons » sont rattachés en gros. La branche principale s'entend ensuite vers le bas en rencontrant les verbes « mettre » puis « aller », où

l'on trouve aussi les mots « carte » et « regarder », pour finir par le mot « développer ». De façon décroissante en termes de grosseur de branches, on suit ainsi le chemin du mode enactif autour des objets manipulés, vers le mode iconique (avec les mots « carte » et « regarder »), pour finir vers le mode symbolique où le concept « développer » commence à être abordé.

Si l'on observe l'arbre des similitudes des 4^oE (figure 59), le mot « aller » est un nœud de branches important et plus central. Autour de lui gravitent des mots relatifs à une consigne d'exercices comme « calculer », « utiliser », « réduire », « traduire », « égal » ... La branche montante relève du champ lexical lié aux formes dessinées, avec des termes comme « cube », « jeton », « cercle », « multiplicateur », on y retrouve ainsi le mode iconique. Puis vers le bas, on lit le nœud de branches autour du mot « fois », le sens de cette opération a donc une place importante, c'est l'entrée dans le mode symbolique.

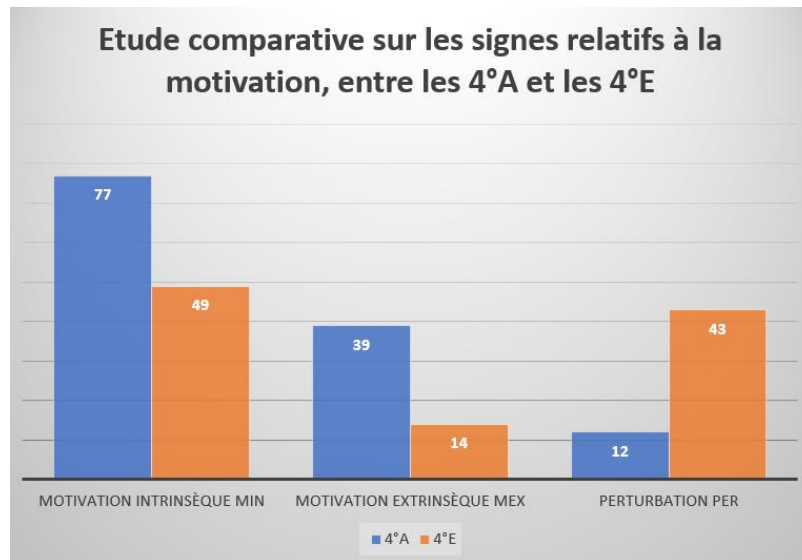
1.6 LA MOTIVATION DANS LE TRAVAIL D'APPRENTISSAGE

Notre deuxième hypothèse portait la motivation liée à l'utilisation d'un jeu sérieux en classe de 4^o, et ses conséquences sur les apprentissages. Pour pouvoir comparer les signes révélant la motivation, nous rappelons que nous avons utilisé les codages suivants : **MIn** relatant la motivation intrinsèque, c'est-à-dire celle qui montre que l'élève se met en action car il a envie d'apprendre, d'agrandir ses connaissances, il essaye de résoudre les questions ; **MEx** relatant la motivation extrinsèque, c'est-à-dire celle qui montre que l'élève se met en action car il a envie de gagner la partie de jeu, ou qu'il veut avoir une bonne note, ou bien qu'il veut faire plaisir au professeur ou montrer qu'il est fort aux yeux des autres ; **Per** révèle des situations de perturbations, c'est-à-dire des signes contraires à la motivation, par exemple un élève qui s'amuse avec un autre élément de l'activité, ou bien qui cherche à faire rire ses voisins.

Voici un diagramme en barre présentant les effectifs des trois codages mentionnés ci-dessus, qui permet de comparer les deux classes :

Figure 60

Etude comparative sur les signes relatifs à la motivation, entre les 4[°]A et les 4[°]E



Ce diagramme montre des écarts assez importants entre les deux classes : les élèves des 4[°]A semblent montrer plus de signes de motivations intrinsèques (**MIIn**) par rapport aux élèves de 4[°]E (77 contre 49), et l'écart est encore plus fort pour la motivation extrinsèque (**MEEx**), avec 39 signes pour les 4[°]A contre 14 pour les 4[°]E. D'autre part, les signes qui montrent que les élèves perturbent les apprentissages sont 3,5 fois plus important en 4[°]E qu'en 4[°]A. Nous pouvons conclure de ces résultats que l'utilisation d'un jeu sérieux génère de manière plus importante des actes verbaux ou gestuels révélant la motivation des élèves pour apprendre des nouveaux savoirs (**MIIn**), et la dimension du gain à l'issue du jeu engage davantage les élèves dans les apprentissages (**MEEx**). En outre, il semblerait que l'ennui est moins présent car ils sont moins tentés de se détacher de l'activité mathématique pour s'adonner à d'autres divertissements (**Per**), le jeu sérieux aiderait donc à intensifier les démarches d'apprentissages.

L'exemple ci-dessous l'illustre bien : en 4[°]E le professeur s'adresse à la classe entière pour corriger une question et les élèves semblent ne pas être réceptifs :

Figure 61

Extrait de transcription des 4°E, Unités de sens 4E.De.10n.f56.39 à 4E.De.10n.f56.41

			ça on mesure ça			
		PE	Vous le dessinez au dos de la feuille il y aura plus de place			MoIc3
		EA EB EC ED		Ne dessinent pas, discutent d'autre chose jusqu'à -8:39, pendant 3min18s		Per Per Per Per
4E.De.10n.f56.39	-8:39	PE	Allez on corrige celui-là. Vous allez compter combien il y a de cubes dans l'un et combien de cubes dans l'autre et compter combien ça fait au total, hein ? combien il y a de cubes dans l'un et combien de cubes dans l'autre et compter combien ça fait au total		Mono	MoIc3
		EC ED		Jouent avec une trousse		Per Per
4E.De.10n.f56.40		PE	Je fais les flèches : comme ça, comme ça et comme ça comme ça		EcRe	MoSy3
		ENR	(inaudible)			DeCo Min AbRe MoSy2
		PE	Fois trois, plus x... c'est très bien	A ENR		
		PE	Allez maintenant on calcule combien on a de jetons			MoIc3
4E.De.10n.f56.41	-7:27	EA EB EC ED		N'ont pas pris la correction, discutent	EcRe	Per Per Per Per

Dans la figure 61 ci-dessus, nous relevons des phrases révélant le plaisir que peuvent ressentir les élèves dans le fait d'avoir à la fois réussi une question et le fait d'avoir gagné :

Figure 62

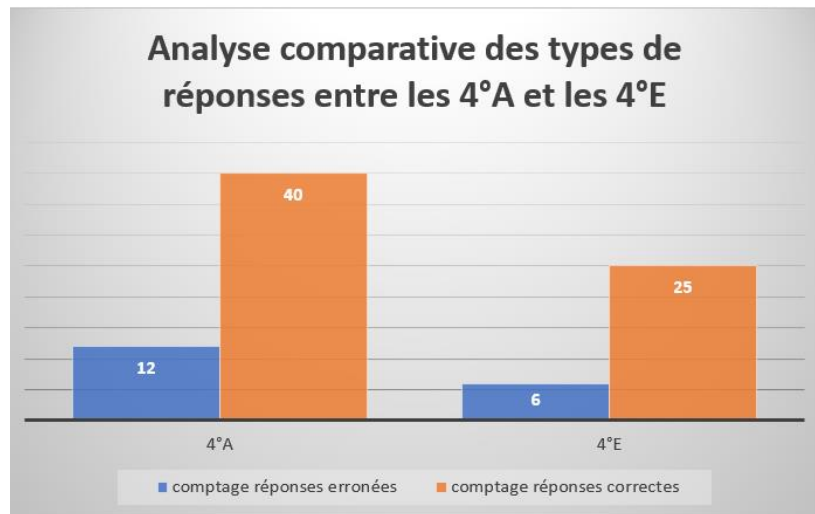
Extrait de la transcription des 4°A, unité de sens 4A.Fa.10.f56.4 à 4A.Fa.10.f56.6, plaisir dans les apprentissages lié au jeu sérieux

4A.Fa.10.f56.4		EE	Ça et ça 20, et ça 8		EcEt	ErCa CaCo	MoIc1
		EE		Traduit avec son feutre sur la valise de départ			MoSy1 ChCo AbRe
		EE	Ça huit	Efface			ChCo
		ED	Ça c'est dix, ça c'est dix, ça c'est cinq et ça c'est un	Montre les dessins,			MoIc1 ChCo
		EF		Efface bien avec une brosse			
4A.Fa.10.f56.5	-41:48	EC	Ça c'est <u>...</u> , un deux trois	Prend un cercle, Place les jetons et les cubes dedans	EcEt	FaCo	MoEn1 MoEn2 ChCo AbRe
		EC		Ouvre le livret des solutions			MEx ChCo
		EB	Tcho ! t'as réussi !			FaPa	Min
		EC		Danse de joie			MEx
	-41:40	EC	Et maintenant faut doubler la mise !				MEx
4A.Fa.10.f56.6		EE	Grand rectangle ça fait dix, et les petits c'est cinq	Mime les grands et petits rectangles	EcEt		MoEn2 ChCo

D'autre part, si nous comptons le nombre de réponses correctes ou erronées, cela indique le nombre de tentatives d'essais de résolution de réponses, qui peut être un indice d'implication des élèves. Dans les corpus, elles ont été différenciées selon qu'il s'agissait de réponses de calcul, de développement ou de factorisation. Dans le diagramme ci-dessous nous avons regroupé en deux catégories, les réponses erronées et les réponses correctes :

Figure 63

Analyse comparative des types de réponses entre les 4[°]A et les 4[°]E



Nous notons un plus fort nombre de réponses correctes pour les 4[°]A (40) par rapport aux 4[°]E (25), et il en est de même pour le nombre de réponses erronées (12 contre 6), mais elles sont souvent suivies de réponses correctes car l'élève se corrige par la suite. L'erreur n'est pas considérée comme négative dans la mesure où l'élève essaye de répondre au lieu d'attendre la correction du professeur. Elle devient même constructive si elle est corrigée dans la foulée. Ces données confirment à nouveau l'hypothèse selon laquelle l'utilisation d'un jeu sérieux permet à l'élève de s'approprier de manière plus intense les notions.

2 ANALYSE *COMPARATIVE* ENTRE LES CLASSES DES 4°A ET DES 4°C

Ce paragraphe présente une analyse comparative entre les élèves de la classe utilisant la manipulation des artefacts (4°A) et les élèves de la classe utilisant seulement les images de ces artefacts (4°C), c'est-à-dire pas de manipulation et pas de dessins.

2.1 PRÉSENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODÉES

Nous présentons ici les différents documents du corpus figurant en annexe. Nous avons sélectionné les séances qui peuvent être comparables en termes de contenu et de questions abordées, la durée totale des morceaux transcrits des 4°A est de **26min15s** et celle des 4°C est de **20min50s**, on considèrera que c'est globalement équivalent et permettra une comparaison équitable en termes de temps écoulé.

Tableau 14

Présentation des séances transcrites et codées choisies pour l'étude comparative des 4°A et 4°C

Classe	Date	Morceaux transcrits et codés	Références	Durée	Numéro d'annexe
4°A	10nov	Factorisation	4A_Fa_10nov_f56	10min	Annexe n°O
	21 nov	Développement et Factorisation	4A_FaDeRes_21nov_f56	9min45s	Annexe n°U
		Développement	4A_De_21nov_f55	3min	Annexe n°Q
		Factorisation	4A_Fa_21nov_f55	3min34s	Annexe n°R
4°C	8 nov	Début d'activité	4C_DA_8nov_f49	5min	Annexe n°AA
		Développer	4C_De_8nov_f49	3min50s	Annexe n°AB

	21 nov	Factoriser	4C_Fa_21n_f56	12min	Annexe n°AC
--	-------------------	------------	----------------------	--------------	--------------------

2.2 LES INTERACTIONS (ENTRE ELEVES ET PROFESSEUR/ELEVES)

Comme pour l'analyse comparative entre les 4°A et les 4°E, nous avons analysé les proportions des différents types d'échanges entre les deux classes : monologues (**Mono**), échanges tronqués (**EcTr**), échanges restreints (**EcRe**) et échanges étendus (**EcEt**) :

Figure 64

Répartition des types d'échanges pour la 4°A

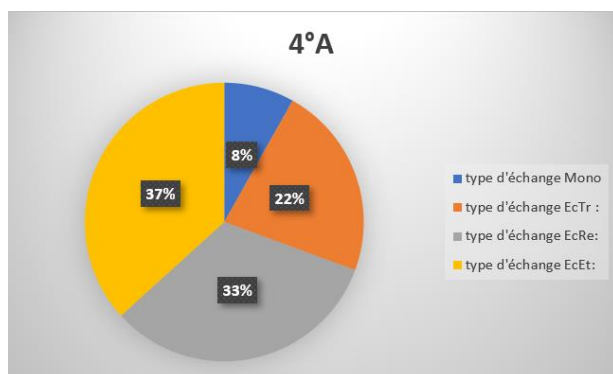
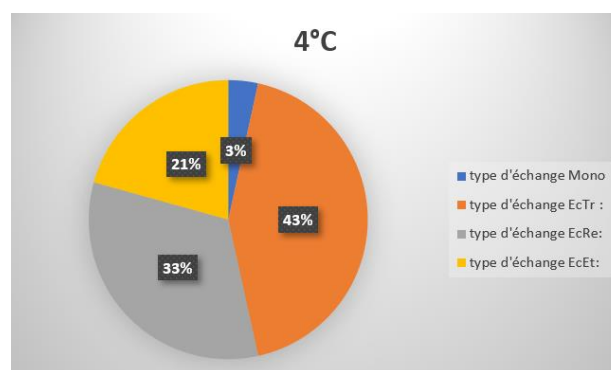


Figure 65

Répartition des types d'échanges pour la 4°C

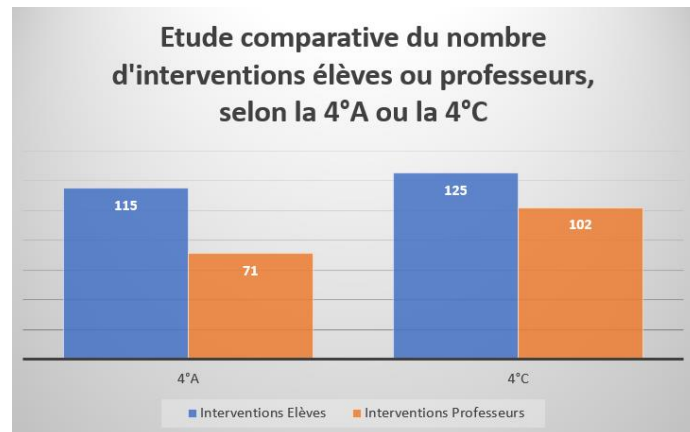


Il est intéressant de noter que la proportion des échanges tronqués est beaucoup plus importante pour les 4°C (43%) que pour les 4°A (22%). Le taux d'échanges restreints est équivalent, mais celui des échanges étendus est plus fort pour les 4°A. Nous interprétons cela comme un signe de réflexion plus approfondie pour les 4°A que pour le 4°C, les échanges s'étendant plus sur les questions initialement abordées.

Le graphique ci-dessous nous montre la répartition des interventions élèves ou professeurs, selon les deux classes :

Figure 66

Étude comparative du nombre d'interventions élèves ou professeurs, selon la 4[°]A ou la 4[°]C



Nous notons un nombre d'interventions d'élèves assez similaire entre les deux classes, et une présence un peu moins forte du professeur pour les 4[°]A. Ces résultats sont présentés pour comprendre que les deux diagrammes circulaires ci-dessus sont équivalents en termes de calcul de proportions de types d'échanges car calculés sur un nombre similaire d'interventions. D'autre part, ils ne permettent pas d'apporter d'interprétations pour répondre à nos hypothèses.

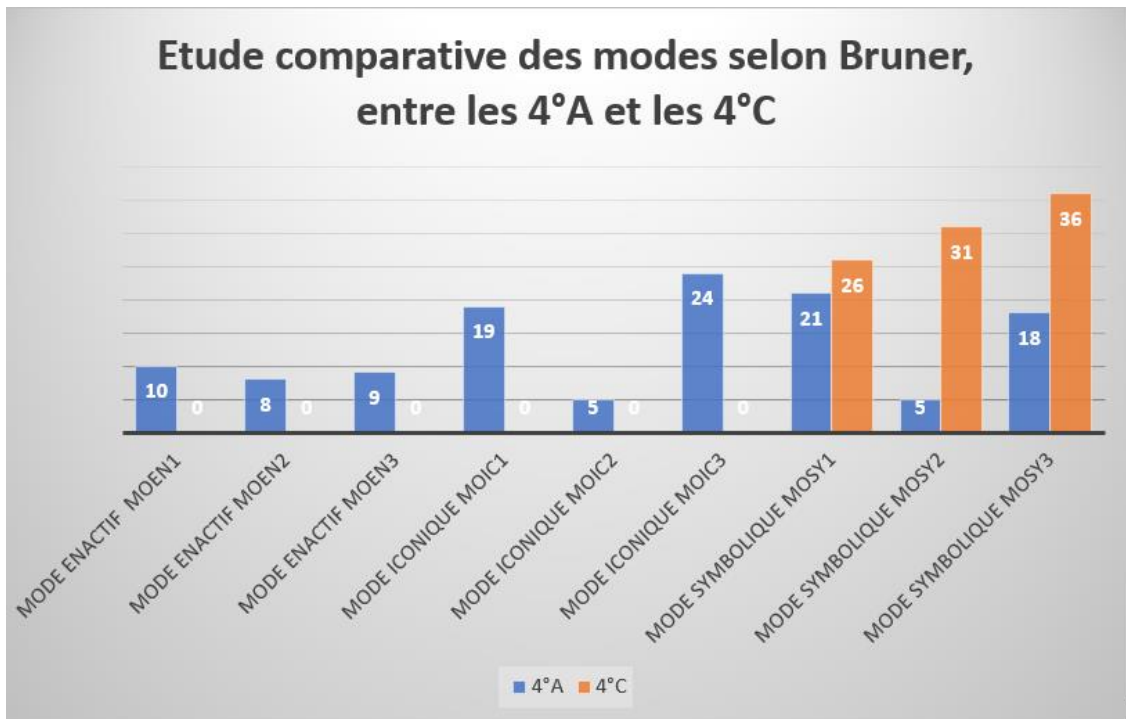
2.3 LES TROIS MODES DE REPRESENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER ET LA MISE EN CORRELATION AVEC LE PASSAGE A L'ABSTRACTION

Nous allons comparer maintenant l'ensemble des séances des 4[°]A qui ont suivi les trois modes de Bruner, c'est-à-dire les modes enactif, iconique et symbolique, avec l'ensemble des séances des 4[°]C qui ont suivi seulement le mode symbolique, c'est-à-dire un cours n'utilisant que le langage mathématique. Nous rappelons que le temps global de l'ensemble des séances des 4[°]A et des 4[°]C est équivalent.

Dans un premier temps, nous allons comparer les diagrammes en barre qui représentent le nombre total d'actions qui ont été codées selon les critères présentés plus haut.

Figure 67

Etude comparative des modes selon Bruner, entre les 4[°]A et les 4[°]C

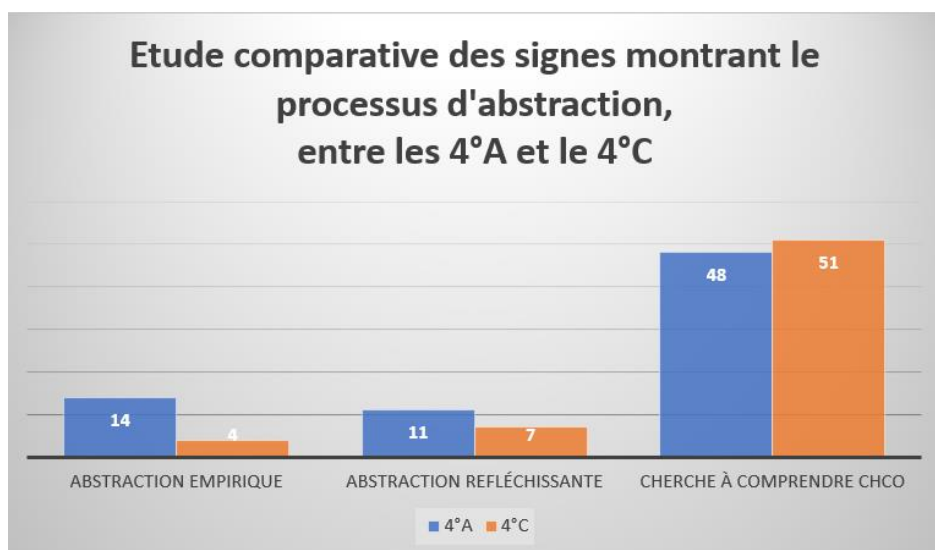


Nous lisons sur ce diagramme en barres que les mises en actions qui ont été codées d'après les modes de représentations des connaissances selon Bruner montrent bien la différence de répartition entre la classe des 4[°]A qui a utilisé de manière relativement uniforme les trois modes, et la classe des 4[°]C qui a utilisé seulement le mode symbolique. Nous rappelons que le codage **MoSy1** a été annoté lorsque l'élève tente de traduire en langage mathématique la valeur des jetons ou d'un dessin de jetons (précisons sans que ce soit correct), et le codage **MoSy2** l'élève traduit correctement en langage mathématique la valeur des jetons ou d'un dessin de jetons. Nous observons un nombre équivalent pour le codage **MoSy1** entre les deux classes, mais une nette différence pour le codage **MoSy2** : 5 pour les 4[°]A contre 31 pour les 4[°]C. Nous interprétons cet écart par le fait que les 4[°]C ont eu davantage le temps de s'habituer au langage mathématique que les 4[°]A. En outre, ils semblent bénéficier davantage d'étayage de la part du professeur dans ce domaine en lisant les scores de **MoSy3** (intervention du professeur) : 36 pour les 4[°]C contre 18 pour les 4[°]A.

Quant aux codages des signes révélant les processus d'abstraction chez les élèves, nous observons des résultats assez similaires pour le codage **ChCo** entre les deux classes, où l'élève s'engage dans une démarche de compréhension d'une notion ou d'un exercice.

Figure 68

Etude comparative des signes montrant le processus d'abstraction entre les 4[°]A et les 4[°]C



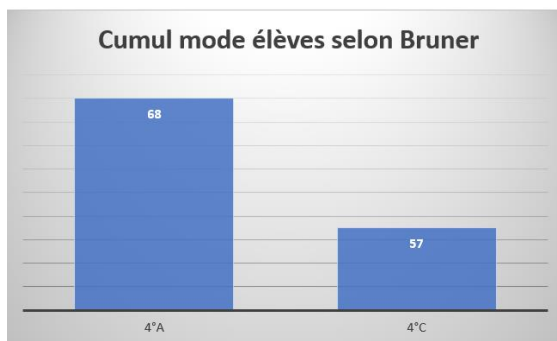
Nous notons cependant des effectifs plus élevés chez les 4[°]A pour le nombre de codage **AbEm**, les élèves ont rencontré davantage de situations où ils sont en train d'apprendre un élément nouveau, peut-être parce qu'ils ont reçu une plus grande diversité de formes d'apprentissage pour une même notion. Pour les deux classes, le nombre de codages **AbRe** montre que les élèves ont réutilisé ce qu'ils avaient appris auparavant (durant l'expérimentation ou avant), d'ailleurs nous pouvons supposer qu'avec des séances supplémentaires, le score de **AbRe** aurait été plus important pour les deux classes, mais nous ne pouvons pas à ce stade prédire une prépondérance pour l'une ou l'autre classe.

Pour reprendre les mots de Barth (2001) dans la partie du cadre théorique, nous pourrions assimiler l'abstraction comme « *démarche intellectuelle* » (connaissance en cours d'acquisition) aux codages que nous avons choisis pour illustrer les trois modes de représentations des connaissances selon Bruner, et l'abstraction comme « *structure de cette*

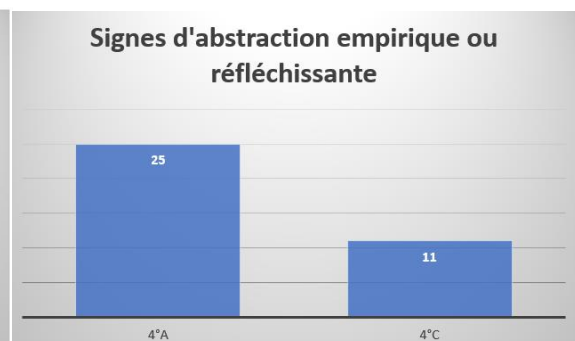
connaissance » (connaissance acquise) aux codages que nous avons choisis pour illustrer l'*abstraction empirique* et l'*abstraction réfléchissante*. Avec cette lecture, il est intéressant de rapprocher le cumul des codages **MoEn1**, **MoEn2**, **MoIc1**, **MoIc2**, **MoSy1** et **MoSy2** qui sont révélateurs d'actions d'élèves dont les signes d'abstraction sont des signes de « démarche intellectuelle », avec les codages du diagramme ci-dessus qui comptabilise les signes d'*abstraction empirique* et l'*abstraction réfléchissante* :

Figure 70

Cumul des modes élèves (Bruner)

**Figure 69**

Abstraction réfléchissante et empirique



L'écart que l'on peut noter entre les deux classes au sujet des signes d'abstraction comme démarche intellectuelle (cumul des modes élèves selon Bruner) entre en corrélation avec les signes d'abstraction comme structure des connaissances (cumul des signes d'abstraction et réfléchissante). On peut en déduire que le fait d'avoir permis aux élèves de **4°A** de bénéficier de davantage de supports pour créer un nouveau concept (supports concrets, imagés ou symboliques) leur permet l'élaboration de plus de signes montrant la construction du nouveau concept, et l'on mesure davantage de signes d'abstraction comme produit fini de connaissance pour cette même classe.

2.4 ANALYSE COMPARATIVE AVEC LE LOGICIEL IRAMUTEQ

Nous avons comparé les corpus des interventions verbales (et non gestuelles) entre toutes les transcriptions auditives des classes de **4°A** et **4°C** que nous avons sélectionnées pour

plus forte appropriation de la notion en cours de construction, ce qui confirmerait le paragraphe précédent.

2.5 LE SENS DE LA VARIABLE X

Un des objectifs dans la conception de ce jeu sérieux était de permettre à l'élève de comprendre que la variable x est bien un nombre mais que lorsque l'on effectue des opérations dans des expressions littérales, sa valeur inconnue bloque certaines opérations que l'on effectue habituellement lorsque nous n'avons que des nombres connus, ce qui lui donne un caractère à part entière qui l'empêche de se « mélanger » aux autres nombres. C'est pour cette raison que des cubes de couleur neutre représentent cette variable x , tandis que les jetons de couleurs contraires représentent des nombres relatifs connus. Sa désignation de « nombre mystère » dans le jeu avait pour objectif d'éviter de faire par la suite des erreurs de type $1+3x = 4x$, ou encore d'attribuer une valeur à x pour pouvoir finir les calculs. Cette erreur courante a été rencontrée lors de l'expérimentation avec les 4°C qui n'ont pas eu accès aux cubes. En voici un extrait :

Figure 73

Extrait du corpus des 4°C, unité de sens 4C.Fa.21n.f56.28 et 29, sens de la variable x

4C.Fa.21n.f56.28		PE	Qu'est-ce qui se répète, qu'est-ce qui se regroupe ensemble ?		EcTr		MoSy3
		ENR	X c'est combien ?		EcEt		ChCo
		PE	Ah ! x c'est combien ?				ChCo
		ED	Un !			ErVa	MIn
		PE	Non c'est pas un				
		ENR	Un Un Un Dix-huit			ErVa ErVa ErVa ErVa	ChCo MIn ChCo MIn ChCo MIn
	-22 :30	PE	Qu'est-ce que c'est x ? c'est pas Un.				
		ENR	Une lettre				ChCo
		PE	C'est une lettre				
		ENR	Oui, mais c'est un ?			ErVa	ChCo MIn
	-22 :15	EC					Per
4C.Fa.21n.f56.29		ENR	C'est quoi la question madame ?		EcRe		ChCo MIn

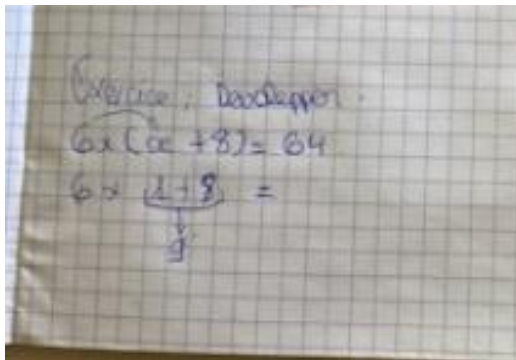
Dans cet extrait, la question de la valeur du nombre x est posée par un élève, suite à la question du professeur qui cherchait à guider la classe vers une factorisation. Ils ont déjà abordé la notion de factorisation mais seulement sur des nombres, c'est la première fois qu'ils doivent factoriser une expression comportant une variable. Ils ont bien intégré que cette lettre

représentait un nombre, mais ils se trouvent embarrassés par le fait qu'on ne connaît pas sa valeur. S'ouvre alors un débat sur sa valeur et chacun propose une valeur. Avant que le professeur puisse éclaircir le sens de cette variable x dont la valeur restera inconnue jusqu'au bout du calcul, cette perte de sens dans les calculs ouvre un temps de perturbations dans la classe, certains décrochent (« se tourne pour taper la tête de son camarade »), et la suite de la séance devient chaotique.

Nous avons rencontré plusieurs types d'erreurs au sujet de la variable x :

Figure 74

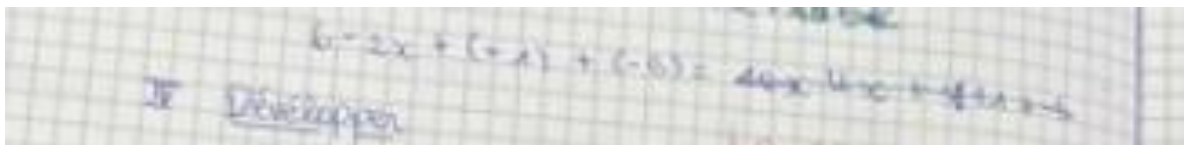
Exemple de cahier d'élève illustrant une erreur courante autour de la variable x



Cet élève remplace instinctivement x par 1 pour développer son calcul, erreur que nous retrouvons plus bas dans des extraits de corpus.

Figure 75

Exemple d'erreur courante autour de la variable x

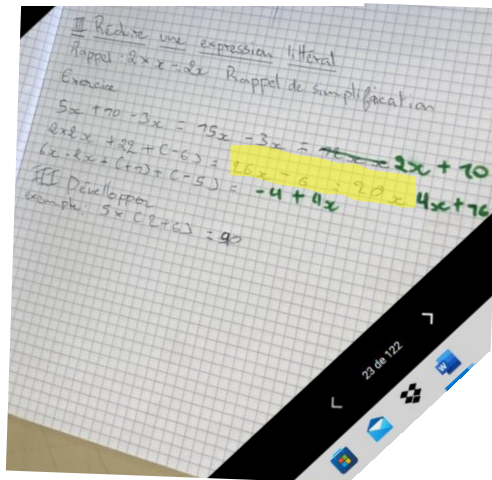


Le cahier ci-dessus (peu lisible) illustre une erreur courante : $6 - 2x \dots = 4x \dots$. L'élève a effectué la soustraction avant la multiplication cachée se trouvant entre le 4 et le x .

L'élève du cahier ci-dessous montre la même erreur : « $26x - 6 = 20x$ »

Figure 76

Exemple d'erreur type autour de la variable



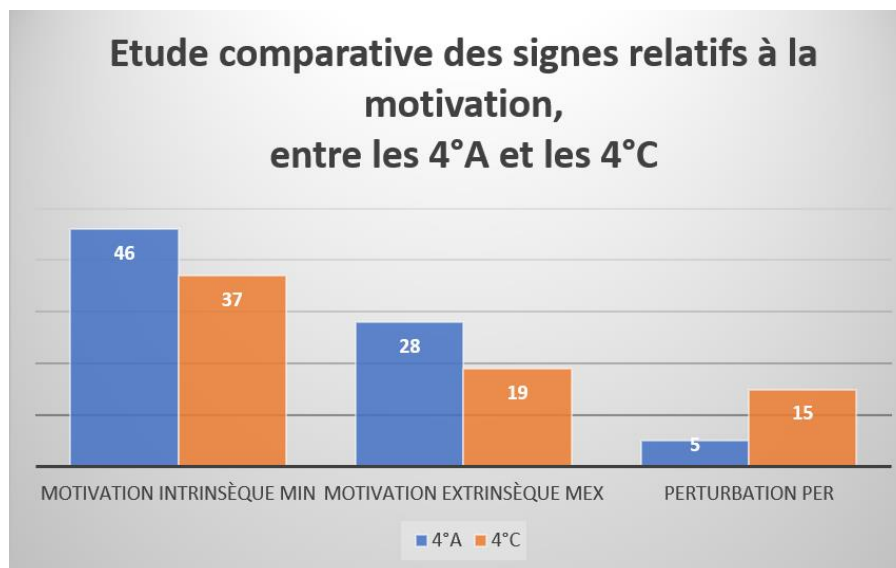
Même si les deux nombres sont séparés par un x , l'erreur est commise car il a tendance à vouloir tout calculer, sans penser que nous avons en fait deux « familles » de termes : « les termes comportant des x », et les « termes sans x », qui ne peuvent être calculés ensemble à cause de la règle des priorités opératoires mentionnée ci-dessus.

Du côté des **4^oA**, nous ne comptons à aucun moment de codage **ErVa** qui a été noté lorsque l'élève commet une erreur en lien avec le sens d'une variable. Mais comme il s'agit seulement de morceaux de séances transcrits, nous avons donc visionné une vidéo de la séance entière du 10 novembre (la 2^o séance de jeu pour les **4^oA**) pour comptabiliser chaque opération correcte et chaque erreur, selon le type de question (**voir annexe W p 203**). Mises à part quelques erreurs de calcul ou de factorisation, aucune n'est rattachée au sens de la variable, représentée par les cubes. Il semblerait que l'idée de représenter les nombres de valeurs connus et les variables avec deux formes différentes ait aidé les **4^oA** à pouvoir donner du sens aux règles de calcul relatives au calcul littéral.

2.6 LA MOTIVATION DANS LE TRAVAIL D'APPRENTISSAGE

Figure 77

Etude comparative des signes relatifs à la motivation, entre les 4°A et les 4°C



L'étude comparative des signes relatifs à la motivation entre les 4°A et les 4°C est assez proche de l'étude comparative entre les 4°A et les 4°E réalisée plus haut. Globalement, les effectifs de motivations intrinsèques et extrinsèques sont supérieurs pour les 4°A, tandis que les signes de perturbations sont trois fois plus élevés pour les 4°C. Ils confirment donc une nouvelle fois l'hypothèse selon laquelle l'utilisation d'un jeu sérieux renforce la motivation d'apprentissage tout en diminuant les sources de perturbations.

3 ANALYSE *EVOLUTIVE* DES 4°A SUR LES TROIS SEANCES

Nous allons maintenant étudier l'évolution de la classe des 4°A sur trois séances (1° séance : 9 novembre ; 2° séance : 10 novembre ; 3° séance : 21 novembre), afin de mesurer l'impact que l'utilisation du jeu sérieux pouvait avoir sur les différents domaines étudiés. Nous avons au total un peu plus d'une heure de film transcrits et codés.

3.1 PRÉSENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODÉES UTILISÉES POUR CETTE ÉTUDE**Tableau 15**

Présentation des parties transcrites et codées pour l'étude évolutive des 4°A

Classe	Date	Morceaux transcrits et codés	Références	Durée	Cumul durée	Numéro d'annexe
4°A	9 nov	Début d'activité	4A_DA_9nov_f55	5min	15,5min	Annexe n°K
		Développement	4A_De_9nov_f55	3min7s		Annexe n°M
		Début d'activité	4A_DA_9nov_f56	5min		Annexe n°L
		Développement	4A_De_9nov_f56	2min21s		Annexe n°N
	10 nov	Factorisation et début d'activité	4A_Fa_10nov_f56	10 min	10 min	Annexe n°O
	21 nov	Différenciation développer et factoriser	4A_DeFa_21nov_f55	9min47s	40,5min	Annexe n°P
			4A_DeFa_21nov_f56	11minutes		Annexe n°T
		Développement et Factorisation	4A_FaDeRes_21nov_f56	9min45s		Annexe n°U
		Développement et Factorisation	4A_FaDeRes_21nov_f55	5min30s		Annexe n°S
		Développement	4A_De_21nov_f55	3min		Annexe n°Q
		Factorisation	4A_Fa_21nov_f55	3min34s		Annexe n°R

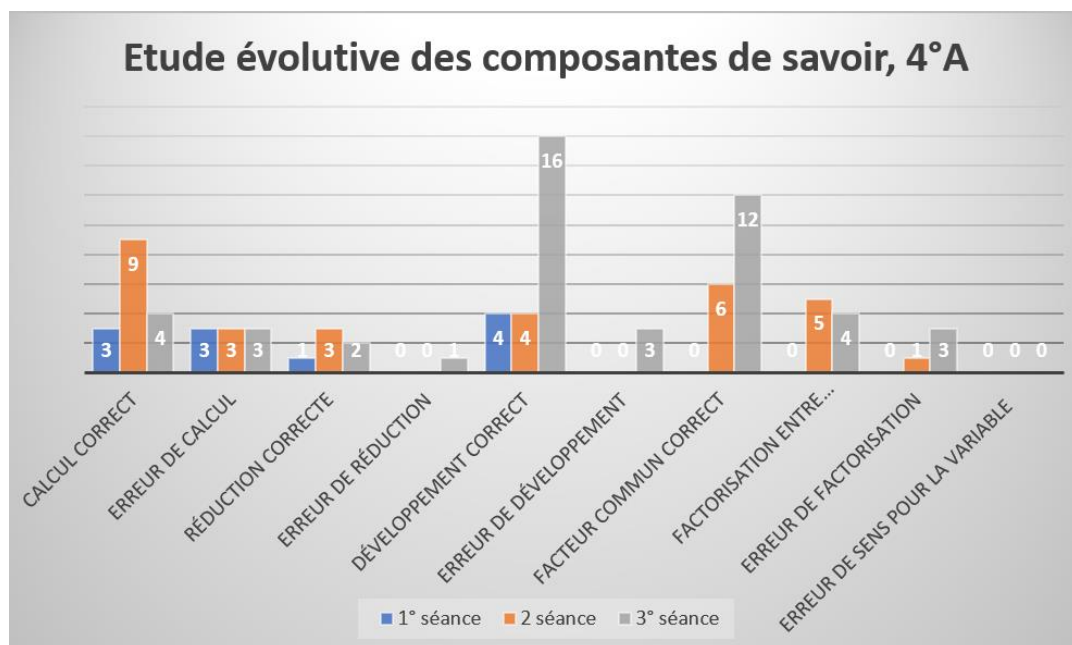
Un document supplémentaire, **Visionnage de 4A_10nov_f56 (annexe W)** servira à l'analyse de l'évolution des 4°A mais il ne s'agit pas d'une transcription verbale et gestuelle, seulement d'un comptage de réponses correctes ou erronées en lien avec les composantes du savoir sur la séance entière du 10 novembre, pour un seul groupe filmé.

Nous rappelons que la **1^o séance** est celle du 9 novembre et qu'elle portait sur la découverte des règles du jeu et un essai d'une demi-heure environ. La **2^o séance** est celle du 10 novembre et les élèves ont à nouveau joué au jeu avec la consigne de traduire en langage mathématique leur mission sur le plateau de jeu. La **3^o séance** est celle du 21 novembre où les notions « développer » et « factoriser » sont introduites, les images des missions (mode iconique) ainsi que leur traduction en mode symbolique sont largement utilisées dans cette séance.

3.2 EVOLUTION DES COMPOSANTES DE SAVOIR

Figure 78

Etude évolutive des composantes de savoir, 4^oA



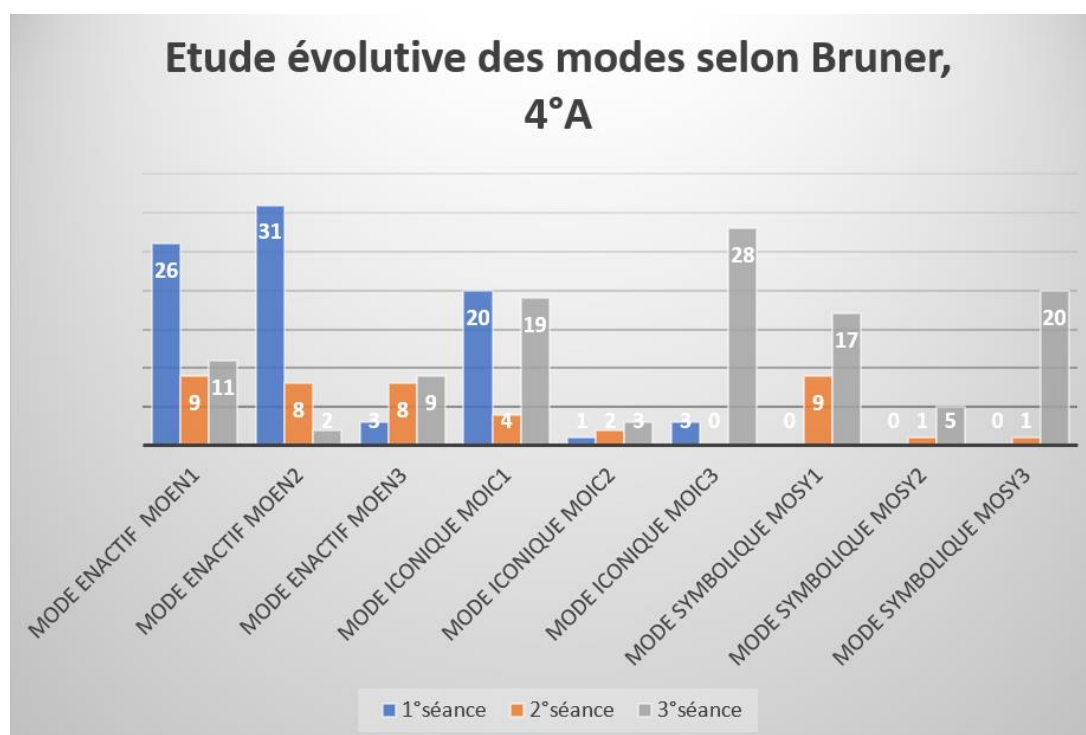
Ce diagramme en barre présente le comptage des différents points relatifs aux composantes de savoir cités plus haut dans la méthodologie, mais que nous rappelons ici : Calcul Correct (**CaCo**) ; Erreur de Calcul (**ErCa**) ; Réduction Correcte (**ReCo**) ; Erreur de Réduction (**ErRe**) ; Développement Correct (**DeCo**) ; Erreur de Développement (**ErDe**) ; Facteur Commun correct (**FaCo**) ; Factorisation entre Parenthèses correct (**FaPa**) ; Erreur de Factorisation (**ErFa**) et Erreur de sens pour la Variable (**ErVa**). La lecture de l'étude comparative porte sur les trois séances avec les **4^oA**, mais nous avons rajouté le comptage de ces 10 éléments de codages du document **V4A_10nov_f55**. Le temps imparti aux transcriptions/comptage n'est pas uniforme entre ces trois séances, nous en tenons compte pour notre analyse (voir le tableau ci-dessus).

Nous pouvons observer que pour la 1^o séance (en bleu), la prise en main du jeu leur permet de réaliser quelques réussites, quelques erreurs, mais les effectifs restent faibles car le dispositif est nouveau pour eux. Les questions de factorisation ne sont pas encore abordées car les cartes « missions » se trouvent en fin de partie. Pour la 2^o séance (le temps de comptage est beaucoup plus long), les effectifs s'en ressentent. Néanmoins, les élèves se sont emparés du jeu et ils réalisent des scores positifs dans les quatre notions abordées : le calcul avec des nombres relatifs, la réduction, le développement et la factorisation. Ils sont en général allés au bout de la partie, c'est-à-dire qu'ils ont parcouru tout le jeu et ont gagné 30 pièces (entre 1 et 6 pièces par mission accomplis). Pour la 3^o séance, le nombre de réussites relatives aux deux notions ciblées, soient le développement et la factorisation, le score est beaucoup plus important. Pour cette séance, le professeur s'adresse à la classe entière, une réussite peut être attribuée à l'intervention d'un seul élève pour toute la classe. Mais ces deux notions semblent être petit à petit bien intégrées, le nombre d'erreurs est lui aussi plus conséquent car proportionnel aux nombres d'essais de réponses.

3.3 ÉVOLUTION DES TROIS MODES DE REPRÉSENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER ET MISE EN CORRELATION AVEC LE PASSAGE A L'ABSTRACTION

Figure 79

Etude évolutive des modes selon Bruner, 4^oA



En ce qui concerne les codages relatifs aux signes en lien avec les modes de représentation des connaissances selon Bruner, comme pour les deux études comparatives ci-dessus, les séances 1 et 2 (en bleu et orange) montrent bien les modes enactif et iconique pleinement utilisés. En revanche la séance 3 (en gris) est plus tournée vers les modes iconiques et symboliques. On remarque un fort score de MoIc3 et MoSy3 pour la 3^o séance, le professeur guidant bien plus les élèves pour le passage de l'image au langage symbolique. En effet, ce passage-là demandait un réel accompagnement de la part de l'enseignant car il s'agissait d'un saut de traduction métaphorique de l'artefact au langage mathématique.

L'exemple ci-dessous nous le montre bien. Lors de la 3^o séance, les élèves doivent effectuer une question de développement, sachant qu'ils ont à disposition la question en langage mathématique sur un papier, et la même question représentée avec le dessin des jetons sur un autre papier qu'ils ont auparavant mis ensemble :

Consigne : **développer** $5 \times (x + 6)$.

Sachant que l'image associée était la suivante :



Voici l'extrait de l'échange qu'il y a eu entre le professeur et les élèves du groupe :

Figure 80

Extrait de la séance 4A_FaDeRes_21n_f56 unité de sens 9, de l'étape iconique à l'étape symbolique

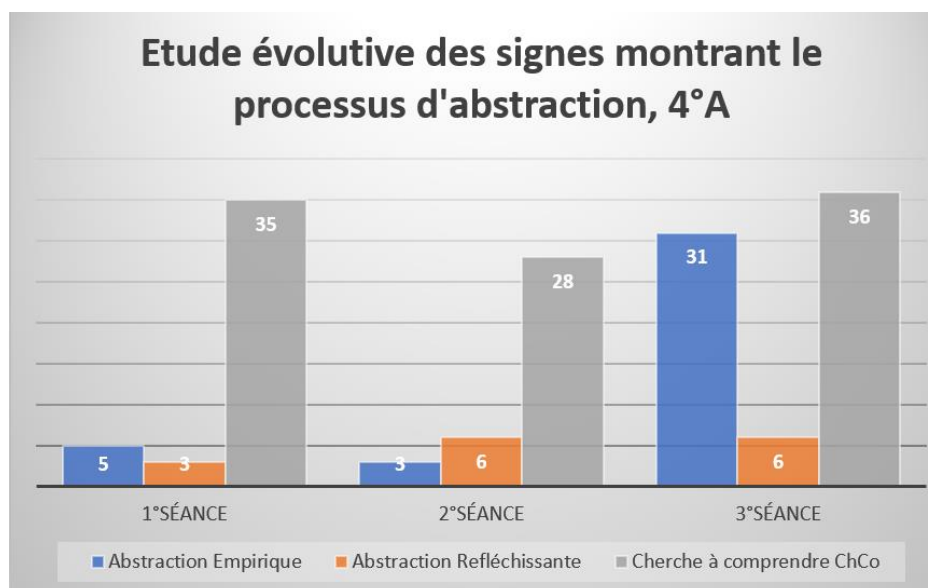
4A.FDR.21n.f56.9	PE	Alors vous en êtes où ? vous avez fait le premier ? on a dit que c'était celui-ci	Arrive pour aider	EcRe		
	PE	Est-ce que ça vous aide si il y a le dessin avec ?	Montre le papier avec le dessin à côté du papier avec la question			MoIc3
	EC	Oui	Répond immédiatement			MoIc1
	PE	Toi ça t'aide ?	S'adresse à EC			MoIc3
	PE	Et toi ça t'aide ?	S'adresse à EB			MoIc3
	EB		Fait oui avec sa tête			MoIc1
	EA		Fait oui avec sa tête (moins franc)			MoIc1
4A.FDR.21n.f56.10	PE	Alors je les laisse à côté		EcRe		
	EA	Je peux avoir le calcul ?				MIn ChCo
	PE	Ouais tu veux le calcul, tu vois pas d'ici ?				
4A.FDR.21n.f56.11	EA	oui	Hoche la tête	EcRe		
	PE	Ha t'as pas fini d'écrire ? là y a plus... moins six... sinon t'as compris comment on fait ?	S'adresse à ED			
	ED		Fait non de la tête			
	PE	Tu distribue un nombre, celui-là... t'as compris ?	Dessine des flèches sur l'exemple de la fiche leçon			MoSy3
	ED		Fait oui de la tête		ChCo	

Dans l'unité de sens **4A.FDR.21n.f56.9**, le professeur interroge les élèves pour avoir leur avis sur l'utilité du dessin pour les aider à comprendre la question à effectuer. Les trois affirment qu'ils ont besoin du dessin pour comprendre. Puis dans l'unité de sens **4A.FDR.21n.f56.11**, l'élève ED semble n'avoir toujours pas compris la méthode utilisée avec le mode symbolique. L'étayage du professeur devient alors indispensable dans ce saut qu'est la traduction en langage mathématique. Finalement, l'élève semble avoir compris.

Lorsque nous rapprochons ces résultats de l'étude évolutive des signes montrant le processus d'abstraction, nous remarquons un score régulier pour le codage **ChCo**, les élèves montrent régulièrement une intention de comprendre l'enjeu des questions abordées. Nous notons cependant un effectif intéressant du nombre de **AbEm** pour la 3^o séance, le cours d'institutionnalisation des notions « développer » et « factoriser » semble porter du fruit car les élèves offrent beaucoup de signes d'abstraction empirique.

Figure 81

Etude évolutive des signes montrant le processus d'abstraction, 4^oA



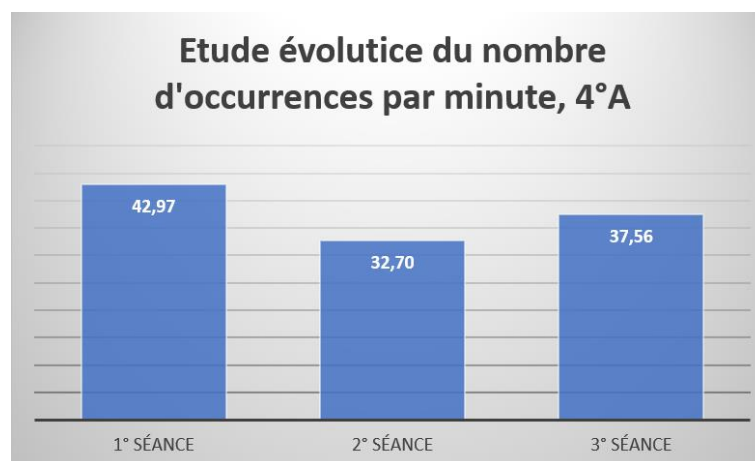
En effet, nous nous sommes inspirés de la méthode de la formation des concepts selon Barth (2001), qui met en avant le besoin de définir un concept par la liste de ses attributs, l'accès à une liste d'exemples et de contre-exemples, et une étiquette désignant le concept pour le comprendre dans son ensemble. Les élèves avaient accès aux attributs, exemples et contre-

exemples et étiquettes sous forme de papiers disposés sur la table. Ils devaient former deux catégories avec d'un côté tout ce qui avait un lien avec le concept « développer », et de l'autre le concept « factoriser ». Cette activité de différenciation leur a permis de bien cerner ces deux concepts, et d'être prêts ensuite à pouvoir appliquer ces deux méthodes aux exercices. Il s'agissait ici d'une nouvelle activité où le mode enactif était à nouveau à l'œuvre (visible sur le diagramme en barre ci-dessus).

3.4 ANALYSE ÉVOLUTIVE AVEC LE LOGICIEL IRAMUTEQ

Figure 82

Etude évolutive du nombre d'occurrences par minute, 4[°]A

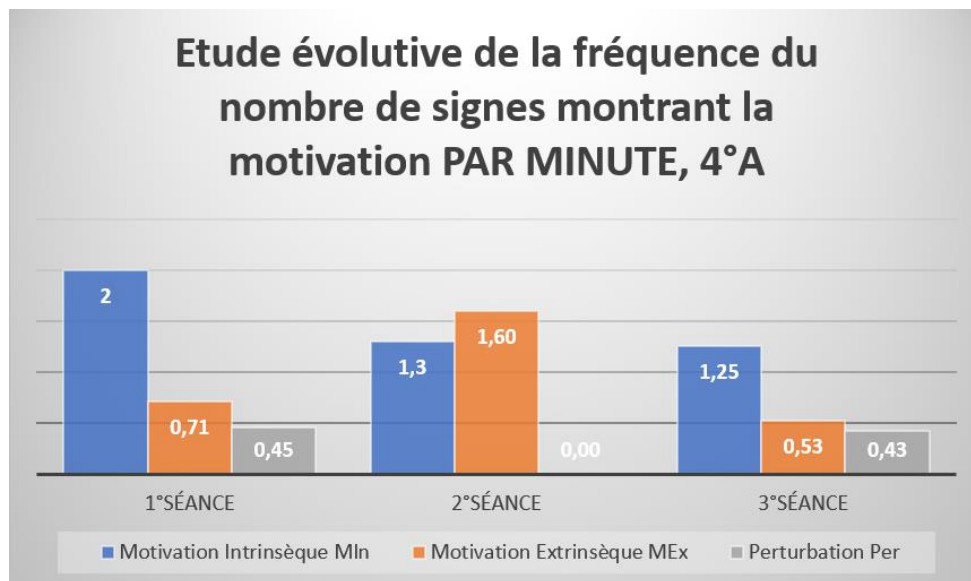


A l'aide du logiciel IRamuTeq, nous avons pu calculer le nombre d'occurrences par séances, puis nous avons calculé le nombre d'occurrences par minute pour comparer l'évolution. Nous remarquons un taux plus fort pour la 1[°] séance, les interactions entre élèves sont plus riches à ce moment-là. Il semblerait ensuite qu'ils sont légèrement plus dans une réflexion intérieure comme temps d'appropriation de nouvelles notions, en lien avec le jeu ou les notions mathématiques.

3.5 ÉVOLUTION DE LA MOTIVATION DANS TRAVAIL D'APPRENTISSAGE

Figure 83

Etude évolutive de la fréquence du nombre de signes montrant la motivation PAR MINUTE, 4[°]A



Nous rappelons que nous n'avons pas d'équité en termes de temps écoulé pour les trois séances transcrites, nous avons donc choisi d'effectuer un calcul de fréquence par minute, afin d'opérer à une analyse quantitative évolutive de manière précise. Nous notons un fort taux de motivation intrinsèque **MIn** pour le 1[°] séance, l'envie d'apprendre le fonctionnement du jeu y est peut-être pour quelque chose. C'est lors de la 2[°] séance que le taux de motivation extrinsèque **MEx** est le plus fort, sans doute parce que le concept du jeu étant bien acquis, le plaisir de jouer et donc de gagner prend le dessus. Le taux de perturbation est nul pour la 2[°] séance, les élèves étant accaparés par l'envie de jouer. En revanche, dès qu'une difficulté de compréhension ou de la nouveauté est présente dans un cours, nécessairement certains décrochent et perturbent les apprentissages (d'eux-mêmes ou d'autrui). Le taux de **MIn** reste cependant plutôt élevé pour les trois séances, l'envie d'apprendre est donc plutôt constante.

4 ANALYSE *COMPARATIVE* ENTRE LES 3[°]F ET LES 3[°]D

Ce paragraphe présente une analyse *comparative* entre les élèves de la classe utilisant la simple *manipulation* des artefacts (3[°]F) et les élèves de la classe utilisant le *jeu complet* avec son aspect ludique et la manipulation des artefacts (3[°]D).

Pour confirmer certains points de recherches, nous avons effectué une expérimentation en plus de celle avec les classes de 4[°], afin de pouvoir explorer davantage ce que l'aspect ludique pouvait apporter à un artefact pouvant être manipulé. Nous avons donc transcrit et codé une durée totale de 15 minutes d'une séance avec les 3[°]D utilisant le jeu, et une durée totale de 15 minutes d'une séance avec les 3[°]F utilisant les mêmes jetons et cubes, mais sans règles de jeu et sans les plateaux des valises et des îles qui font partie intégrante du jeu. Pour cette deuxième classe nous avons donc supprimé l'aspect ludique, et l'avons remplacé par une fiche leur permettant de suivre certaines des questions se trouvant sur les cartes missions. Pour les deux classes, les élèves étaient placés en groupe et nous avons filmé les débuts de mise en activité.

4.1 PRÉSENTATIONS DES PARTIES TRANSCRITES ET CODÉES

Tableau 16

Présentation des séances transcrites et codées pour l'étude comparative entre les 3[°]D et les 3[°]F

Classe	Date	Morceaux transcrits et codés	Références	Durée	Numéro d'annexe
3 [°] D	9 nov	Début d'activité	3D_DA_9nov_f55	10 min41 sec	Annexe n°AD
		Début d'activité	3D_DA_9nov_f56	5 min30 sec	Annexe n°AE
3 [°] F	9nov	Début d'activité	3F_DA_9nov_55	5min	Annexe n°AF
		Début d'activité	3F_DA_9nov_f49	10min	Annexe n°AG

4.2 LES INTERACTIONS (ENTRE ELEVES ET PROFESSEUR/ELEVES)

Figure 84

Répartition des types d'échanges, 3°D

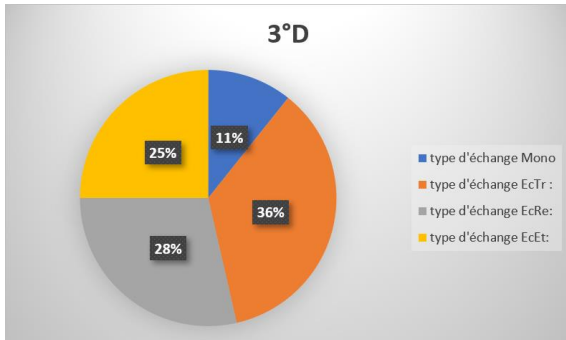
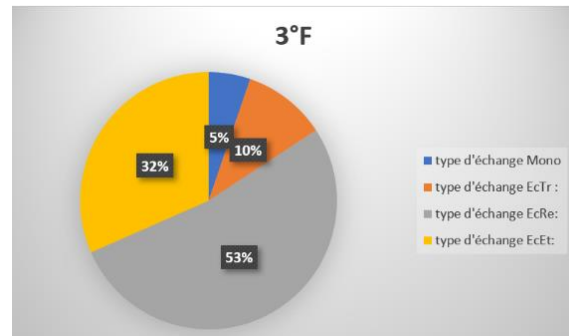


Figure 85

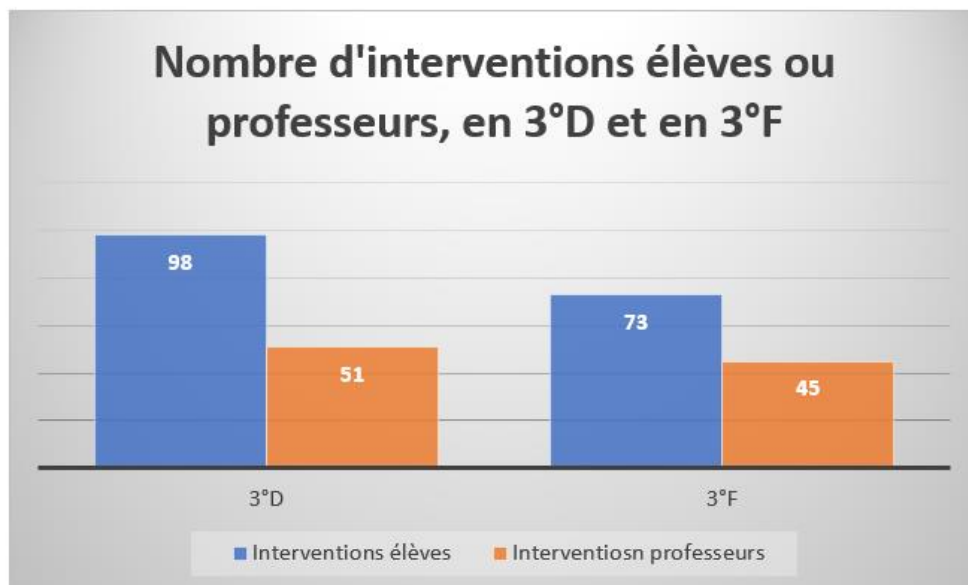
Répartition des types d'échanges, 3°F



Si nous analysons les types d'échanges, nous observons un score important d'échanges restreints pour les 3°F, mais un score plus fort d'échanges tronqués pour les 3°D, les élèves utilisant le jeu. Sa prise en main semble être longue à démarrer. Mais si nous analysons le nombre d'interventions élèves ou professeurs dans le diagramme en barre ci-dessous, nous observons plus d'interventions d'élèves en 3°D, ce qui a pu gonfler le nombre d'échanges tronqués.

Figure 86

Nombre d'interventions élèves ou professeurs, en 3°D et en 3°F

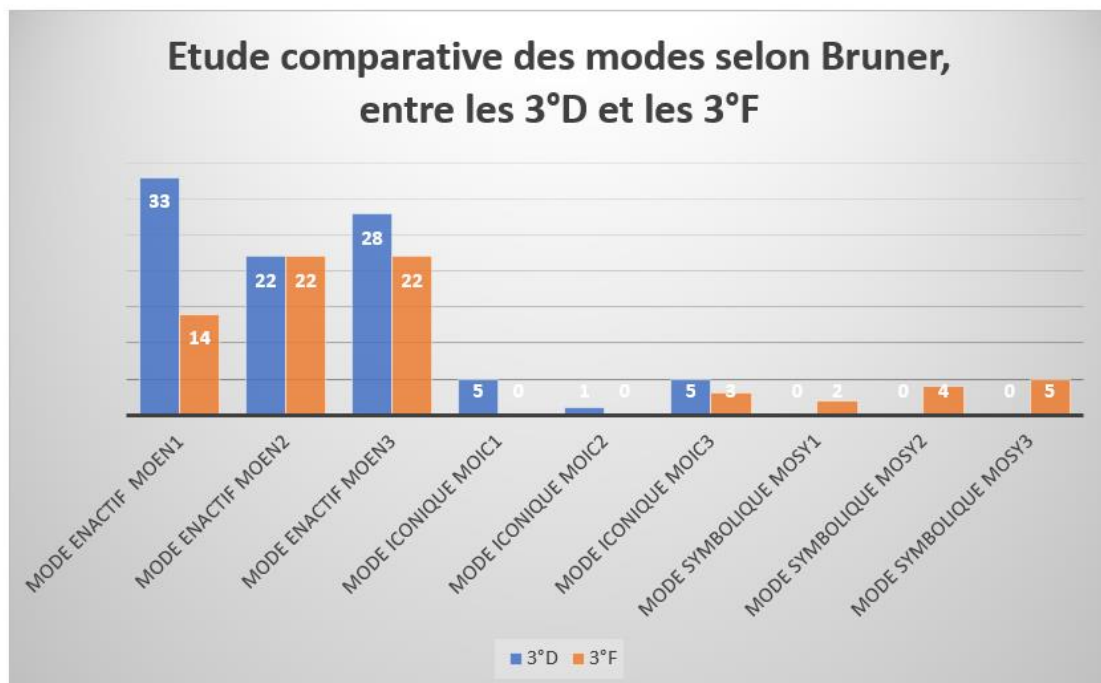


4.3 LES MISES EN ACTIONS ET LES TROIS MODES DE REPRÉSENTATIONS DES CONNAISSANCES SELON BRUNER

En ce qui concerne les mises en actions selon les modes de représentations des connaissances selon Bruner, nous observons que le score MoEn1 est nettement plus fort en 3^oD qu'en 3^oF, les élèves ayant un but du jeu sont plus enclins à vouloir utiliser les jetons pour répondre à une mission que ceux qui ont une consigne à résoudre sur une fiche. En revanche, le sens associé à l'artefact suscite autant de discussions entre élèves ou avec le professeur (MoEn2), et il semblerait que le professeur ait davantage eu l'occasion d'en discuter avec les élèves en 3^oD (MoEn3). Sa traduction en langage mathématique n'a été abordé qu'en 3^oF, l'emplacement sur la fiche permettait cette traduction dès le début de l'activité tandis que les 3^oD étaient encore sur la découverte du jeu.

Figure 87

Etude comparative des modes selon Bruner, entre les 3^oD et les 3^oF

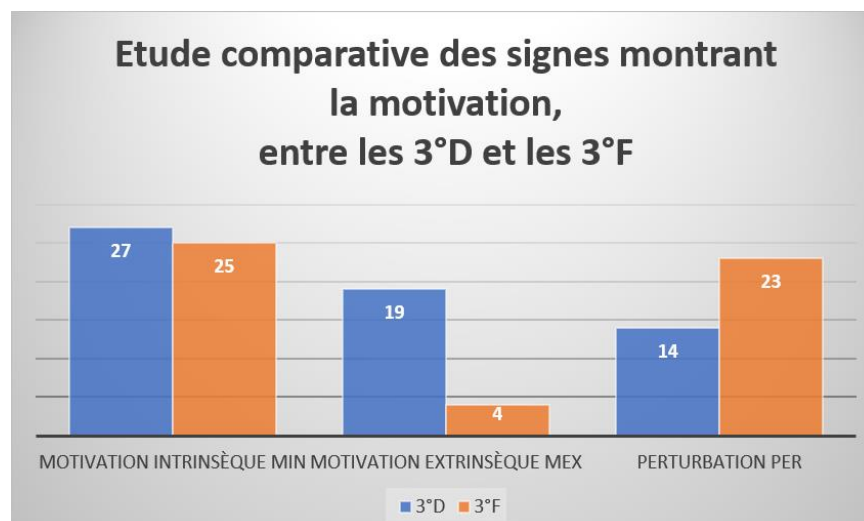


4.4 LA MOTIVATION DANS TRAVAIL D'APPRENTISSAGE

Le point intéressant à analyser entre ces deux classes tourne autour des signes montrant la motivation. Nous remarquons un effectif similaire des motivation intrinsèque (MIn) entre les deux classes, elles sont toutes les deux prêtes à apprendre des notions nouvelles et s'investissent de manière équivalente. En revanche, l'effectif de motivations extrinsèques (MEx) révèle que l'apport ludique offrirait plus de facteurs de motivation pour les 3°D, l'envie de réussir les différentes étapes du jeu ajoutant probablement de la motivation dans les actions. Le score plus élevé de signes révélant les éléments perturbateurs confirme cela dans la classe de 3°F qui semblerait davantage s'ennuyer.

Figure 88

Etude comparative des signes montrant la motivation



5 ANALYSE DES RESULTATS DU QUESTIONNAIRE

Il nous a semblé pertinent d'interroger les élèves sur leur ressenti quant au dispositif qu'ils avaient pu utiliser, et l'aide que cela a pu ou non leur apporter. C'est à la toute fin de l'expérimentation que nous avons questionné leur avis, afin qu'ils puissent s'exprimer sur leur expérience. Mais comme ils n'avaient pas vécu les mêmes expérimentations, les questions ont légèrement été adaptées, comme l'emploi du conditionnel pour ceux qui n'avaient pas eu accès

à tous les éléments de l'artefact. En revanche, seule la classe des 4°C n'a pas été questionnée, n'ayant eu accès à aucun élément du jeu, il aurait été trop complexe pour eux de se projeter dans une expérience qu'ils n'avaient pas du tout vécue. Les différents questionnaires sont en pièces jointes. Pour plus de facilité dans la lecture des résultats, nous présentons des diagrammes circulaires comportant le titre de la question, la classe, et les choix de réponses à cocher.

Pour rappel :

Tableau 17

Rappel protocole d'expérimentation pour toutes les classes

Classes	Mode d'expérimentation
4°A	Utilisant le jeu sérieux en entier, images sur un fiche pour la dernière séance, découverte des notions.
4°E	Utilisant seulement les images de l'artefact sur des fiches, découverte des notions.
4°C	Utilisant le langage mathématique seulement (pas de questionnaire), découverte des notions.
3°D	Utilisant le jeu sérieux en entier, images sur un fiche pour la dernière séance, révision des notions.
3°F	Utilisant les objets et les images de l'artefact, mais sans la dimension ludique, révision des notions.

5.1 LE BESOIN DE MANIPULER DES ARTEFACTS

Nous les avons questionnés sur leur besoin de passer par l'étape de la manipulation d'objets (d'artefacts) pour comprendre des notions abstraites, c'est-à-dire l'étape enactive selon Bruner. Voici les résultats des classes 4°A, 3°D et 3°F aux questions 2) et 4), sachant qu'elles ont toutes les trois utilisé les jetons sur les tables :

Figure 89

Trois résultats à la question 2) du questionnaire pour les 4°A, 3°D et 3°F

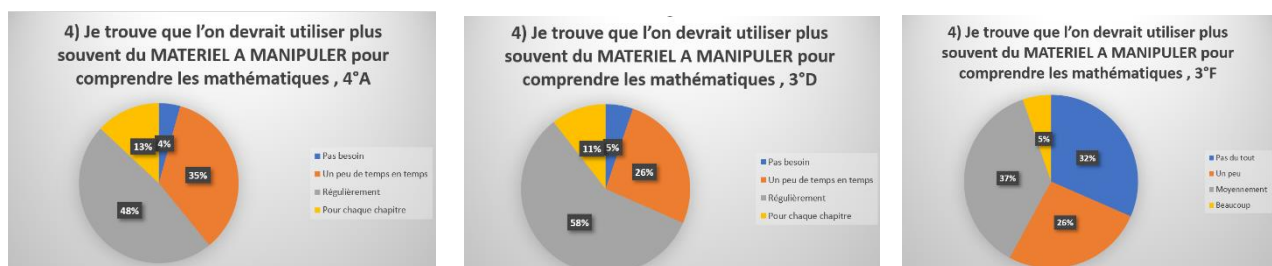


Il semblerait que le fait d'avoir eu accès à la manipulation de l'artefact (cubes et jetons) ait globalement **apporté de l'aide** à ces trois classes, mais seulement dans une certaine mesure pour les 3° qui connaissaient déjà les notions de calcul littéral : l'artefact a peut-être pu alourdir les notions finalement déjà acquises, ou bien peut-être a pu rajouter un éclaircissement à ce qui était resté obscur. Pour les 4°A, 39% ont affirmé que cela les avait « beaucoup » aidés, un score intéressant car l'artefact était ici une porte d'entrée à la découverte des notions développer et factoriser.

Les élèves de ces trois classes ayant toutes eu accès à la manipulation, il est intéressant de les interroger sur un renouvellement de cette méthode sur d'autres chapitres, et peut-être un besoin qu'ils ressentent de passer à nouveau par un artefact pour les apprentissages en mathématiques. C'est le sujet de la question 4) dont nous présentons les résultats ci-dessous :

Figure 90

Trois résultats à la question 4) du questionnaire pour les 4°A, 3°D et 3°F

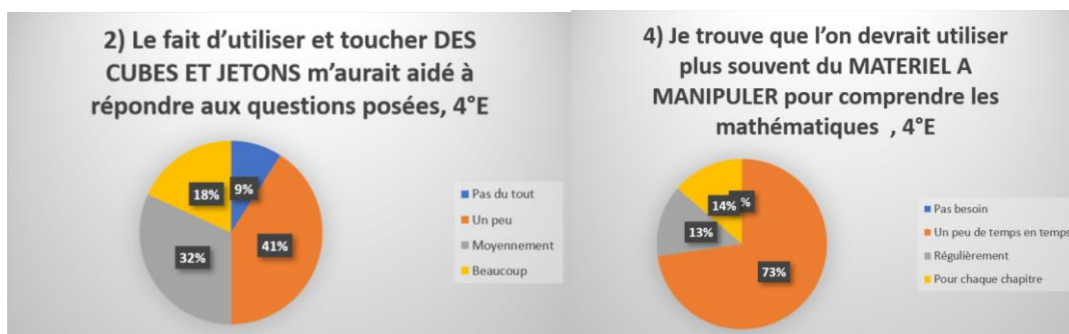


Pour les 4^oA et les 3^oD, environ la moitié ou plus expriment un besoin d'avoir cette approche de manière régulière, mais peut-être aussi à chaque chapitre (ici seulement 13% et 11%, mais une nuance est à apporter dans la présentation du questionnaire, la case « pour chaque chapitre » était peut-être moins visible). En revanche, les 3^oF qui ont utilisé les artefacts sans la dimension ludique montrent un intérêt plus modéré de cet outil. Le format jeu sérieux serait donc peut-être une plus-value à ne pas négliger si l'on souhaite réitérer l'expérience.

Du côté des 4^oE qui n'ont eu accès qu'aux images et aux objets mais sans pouvoir les toucher ou les manipuler (seul le professeur les montrait), voici leurs résultats :

Figure 91

Résultats aux questions 2) et 4) du questionnaire pour les 4^oE



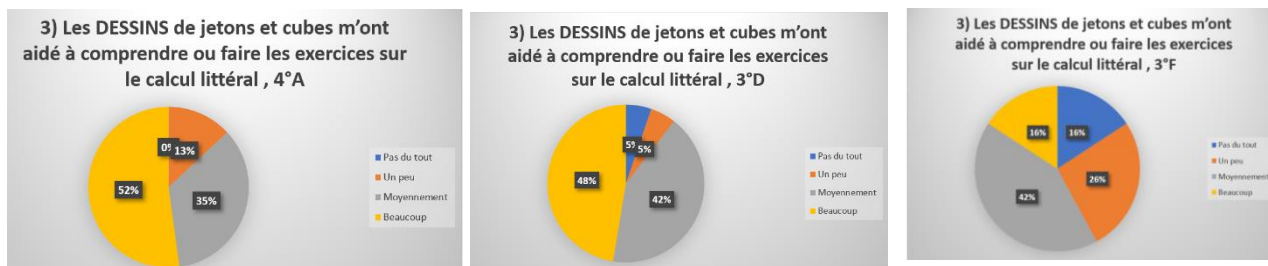
La moitié exprime le besoin de toucher ce qu'ils voient (moyennement et beaucoup), donc qu'une simple image ne leur suffirait pas pour comprendre les questions posées. Quant au besoin d'utiliser plus souvent du matériel à manipuler, il semblerait que le fait de ne pas y avoir eu accès, ils n'ont pas connu ce que cela pourrait leur apporter véritablement, leur besoin est donc majoritairement « un peu de temps en temps », moindre que les trois autres classes. On pourrait dire que les classes précédentes y ont peut-être « pris goût ».

5.2 L'ÉTAPE ICONIQUE

La question 3) du questionnaire interrogeait les élèves sur la plus-value du dessin des jetons et cubes en termes de compréhension des questions, c'est à dire l'étape iconique selon Bruner.

Figure 92

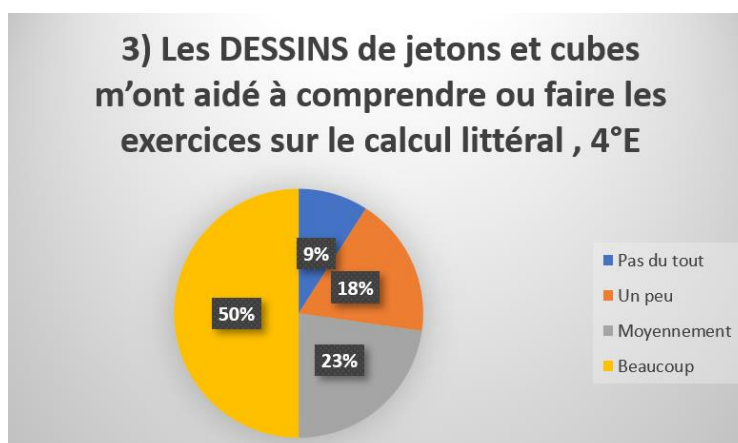
Trois résultats à la question 3) du questionnaire pour les 4°A, 3°D et 3°F



Les 4°A et les 3°D avaient dans un premier temps accès aux images par les cartes « missions », sans formulation mathématique. Dans un deuxième temps, ils avaient tous une fiche avec des images et des questions en langage mathématique, mais n'avaient plus les jetons. Les 3°F eux ont des questions mathématiques avec l'image et les jetons. Même s'il semblerait que ce soit davantage le cas lorsqu'il y a l'utilisation du jeu, dans tous les cas, l'aide de l'image représentative a majoritairement aidé les élèves. Et c'est confirmé par les résultats de la 4°E qui n'a pas utilisé l'artefact, la moitié considère que les dessins les ont beaucoup aidé.

Figure 93

Résultats aux questions 2) et 3) du questionnaire pour les 4°E



5.3 LA PLUS-VALUE DU JEU SERIEUX VUE PAR LES ELEVES

Pour conclure ces résultats, les élèves ont été interrogés sur le besoin d'utiliser des jeux sérieux en classe pour mieux apprendre. Voici un groupement des réponses, les 4°A et 3°D qui ont utilisé le jeu, et les 4°E et 3°F qui n'ont pas utilisé le jeu.

Figure 95

Résultats à la question 1) du questionnaire pour les 4°A et 3°D

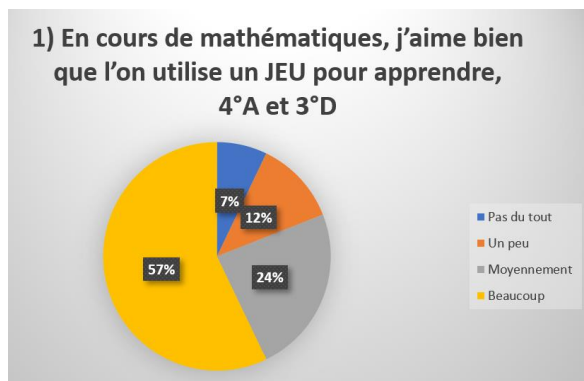
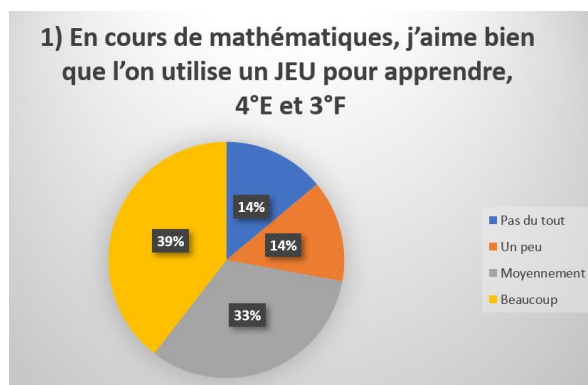


Figure 94

Résultats à la question 1) du questionnaire pour les 4°E et 3°F



Notons que pour les 4°A et 3°D, plus de la moitié des élèves ont beaucoup apprécié utiliser un jeu sérieux pour apprendre, et sont sûrement prêts à renouveler l'expérience. Les 4°E et 3°F sont un peu moins emballés par l'efficacité d'une telle idée de dispositif, mais semblent être quand même partants pour essayer (72% cumulent le moyennement et beaucoup). Nous lisons par ces réponses un intérêt plutôt fort du jeu sérieux comme un outil d'apprentissage, et des élèves davantage convaincus lorsqu'ils ont pu en vivre l'expérience.

6 SYNTHÈSE DES RESULTATS

Nous présentons dans cette partie une synthèse des résultats ci-dessus.

Dans la première étude comparative entre les 4[°]A et les 4[°]E, nous avons mesuré l'apport en première phase du mode enactif chez les 4[°]A qui n'était pas présente chez les 4[°]E, mais toutes deux comportaient les modes iconiques et symboliques. Il semblerait que la manipulation d'objets à travers l'artefact ait apporté aux élèves de 4[°]A une diversité dans les apprentissages, c'est-à-dire dans les différentes approches de la notion (objets, images, symboles) que l'on retrouve dans les codages des modes selon Bruner et dans l'analyse avec le logiciel IRaMuTeq. On mesure aussi un nombre plus grand d'occasions pour l'élève de se mettre en action dans sa réflexion par les gestes intelligents qu'il crée, il enrichit ainsi le nombre de signes montrant les moments d'abstractions, que ce soit en mesurant les mises en actions selon les modes de Bruner, ou en mesurant les signes révélant l'acquisition des connaissances.

L'utilisation des images (mode iconique) apporte une aide aux deux classes, notamment pour la traduction en langage mathématique. Les résultats du questionnaire nous le confirment, ainsi que les extraits du corpus. Il semblerait que les élèves de 4[°]A qui ont eu les objets réels entre les mains s'approprient davantage la phase iconique que ceux qui n'ont les dessins que sur les fiches, mais les 4[°]E prennent plus facilement un crayon pour représenter eux-mêmes le langage symbolique. Les élèves des 4[°]E ont bénéficié davantage d'aide du professeur, et sûrement la configuration de la classe et le support pédagogique y sont pour quelque chose. Les 4[°]A étaient donc davantage en autonomie dans leur travail.

En ce qui concerne la dimension ludique, les élèves des 4[°]A ont manifesté plus de signes révélant la motivation, que ce soit la motivation intrinsèque ou extrinsèque. D'ailleurs, l'ennui était bien moins visible pour cette classe que pour les 4[°]E, parfois même laissant paraître des signes de plaisir ou de joie dans la pratique du jeu. Ils ont d'ailleurs davantage essayé de répondre aux questions, que leurs réponses soient finalement justes ou fausses.

Dans la deuxième étude comparative, celle entre les 4[°]A et les 4[°]C, nous avons cette fois-ci analysé les écarts que l'on pouvait mesurer entre ceux qui abordaient les notions du calcul littéral avec le jeu (objets, dessins, symboles), et ceux qui n'utilisaient aucun artefact, mais seulement le langage mathématique.

Nous avons pu observer que les 4°A avaient davantage d'échanges étendus et restreints, et les 4°C plus d'échanges tronqués, ce qui pourrait révéler une réflexion plus approfondie pour les élèves disposant du jeu. Comme pour l'étude comparative précédente, les trois modes de Bruner étant tous accessibles, les 4°A sont plus actifs et de manière plus variée que les 4°C qui eux n'utilisent qu'un seul mode. Ces derniers ont d'ailleurs eux aussi plus bénéficié d'aide de la part du professeur, qui menait le cours au tableau, donc dirigeait aussi la réflexion collective. Ce qui nous amène à comparer les signes d'abstraction : que ce soient les signes montrant l'abstraction comme démarche intellectuelle pour élaborer les concepts que l'on mesurait avec les codages relatifs aux trois modes de Bruner, ou les signes révélant l'abstraction comme connaissance acquise, les 4°A montrent davantage de ces signes que les 4°C. Il semblerait que la variété de représentations des concepts dont dispose le jeu enrichisse le processus d'abstraction chez les 4°A.

Des erreurs dites « courantes » rattachées à la variable (ici notée x) sont présentes à plusieurs reprises pour les 4°E mais pas pour les 4°A comme le montre l'analyse.

En ce qui concerne la motivation, l'analyse comparative est la même que pour celle avec les 4°E, davantage de signes montrant la motivation intrinsèque et la motivation extrinsèque, et plus de signes de perturbations pour les 4°C.

Pour l'étude évolutive de la 4°A, nous observons bien l'évolution des trois phases du mode enactif, vers le mode iconique, et vers le mode symbolique, le long des trois séances. Le passage au langage mathématique semblait être difficile pour les élèves qui ont eu davantage besoin d'aide de la part du professeur. Comme dit plus haut, le mode iconique a été un réel appui pour certains, un besoin de se détacher de l'objet pour en commencer la représentation abstraite. Nous notons une augmentation de signes d'abstractions le long des séances et un besoin constant de chercher à comprendre les différents points abordés. La motivation intrinsèque était elle aussi constante, car elle va de pair avec l'envie de comprendre. En revanche la motivation extrinsèque diminue le long des séances, le plaisir de jouer étant de moins en moins présent.

L'étude comparative entre les 3°F et 3°D confirme les résultats ci-dessus : la dimension ludique dont a bénéficié la 3°D apporte davantage de motivation extrinsèque aux apprentissages et diminue ainsi les signes de perturbations. En revanche, la motivation intrinsèque est équivalente, l'envie d'agrandir ses connaissances est la même. Notons quand même que

l'artefact a été pris en main (pour répondre aux questions) plus souvent avec le support du jeu qu'avec simplement la fiche de questions, ce qui montrerait que la dimension ludique suscite plus de mises en actions dans les apprentissages.

Pour finir cette synthèse des résultats, le point de vue des élèves est riche d'informations : l'approche des mathématiques par la manipulation d'objets paraît être pour un grand nombre d'élèves un moyen d'enseignement qui devrait être renouvelé plus souvent, voire régulièrement, peut-être y ont-ils rencontré une approche qui leur correspondait pour les aider à comprendre davantage les notions. La dimension ludique comme aide aux apprentissages semble aussi susciter de l'intérêt auprès des élèves, notamment ceux qui en ont en fait l'expérience, plus convaincus que ceux qui ne connaissent pas.

De manière globale, il semblerait que le temps de la mise en place du jeu devienne du temps en moins pour la maîtrise de la notion mathématique dans le langage mathématique. C'est un point qui sera discuté, parmi d'autres, dans le paragraphe ci-dessous.

7 DISCUSSION

Avant d'ouvrir la discussion entre les résultats de notre expérimentation et la revue de littérature présentée dans une partie précédente, nous devons rappeler que nous avons disposé de peu de temps pour l'expérimentation ainsi que pour le dépouillement de ses captations filmées. Les résultats auraient pu être différents avec un plus grand nombre d'expérimentations, et une analyse plus longue dans le temps pour mesurer et comparer de manière plus précise les effets, positifs et négatifs, et l'apport du dispositif mis en œuvre.

Néanmoins, nos résultats rentrent souvent en résonance avec les résultats de la recherche, que ce soit du point de vue de l'efficacité du procédé, ou des pièges dans l'élaboration pédagogique que nous avons pu rencontrer. Nous présentons cette discussion d'un point de vue chronologique par rapport au déroulement de l'expérimentation.

Le manque de motivation de la part des élèves face aux apprentissages mathématiques était le point de départ de notre recherche. Ce constat a été mesuré (Villani & Torossian, 2018), et nous voulions le mettre en lumière lors de nos études comparatives : la classe des 4[°]C était la classe dite « tampon » c'est-à-dire celle qui ne bénéficiait d'aucune mise en œuvre avec artefacts. Effectivement, lors des deux séances d'expérimentation, elle montre moins de signes de motivation intrinsèques et extrinsèques que la 4[°]A.

Ensuite, lors de la conception du jeu sérieux, nous avons pris conscience qu'une mauvaise utilisation du matériel peut nuire aux apprentissages (Corriveau et Jeannotte, 2015), le dispositif doit être une aide à la compréhension et non la simplification d'un concept. A travers les résultats du questionnaire donné aux élèves, il semblerait qu'une bonne proportion des élèves ait considéré cet outil comme une aide à la compréhension. Du point de vue du « malentendu sémiotique » (Assude, 2017), il semblerait que la formulation des questions sur les cartes « missions » ait présenté des difficultés de compréhension de la part des élèves, la présence du professeur a été nécessaire plus que prévu au moins dans le lancement du jeu.

Toujours dans la conception du jeu, l'articulation didactique/ludique (Pelay, 2011) a été très difficile à mettre en place. Maintenir la tension jusqu'au bout de la partie entre l'envie de continuer le jeu et l'envie d'apprendre était un vrai défi. Le score relevant le nombre de questions réalisées ou tentées de l'être, le nombre constant de signes de motivations et le taux

faible de perturbations pourraient nous laisser penser que cette tension positive a été maintenue jusqu'au bout. Ce qui confirmerait l'hypothèse de Pelay qui affirme que l'on peut jouer et apprendre en même temps, dans la mesure où l'on reste dans la zone proximale de développement où l'élève peut apprendre de lui-même jusqu'à un certain point où l'intervention du professeur est nécessaire.

Lors de la première séance, nous retrouvons les résultats de l'expérimentation avec l'« Ecole de la deuxième chance » (Assude, Feuilladiou et Dunan, 2015) qui affirmait que la manipulation d'objets permettait aux élèves de rentrer plus facilement dans l'activité mathématique, et pour certains de renouer avec cette matière. D'autre part, le rapport de l'élève au problème en est modifié, notamment par rapport à la peur de commettre une erreur (Medici, Ricci & Rinaldi, 2017). En effet, le score élevé de mode enactif pour les 4°A, les 3°D et 3°F révélerait une plus forte envie d'essayer de la part des élèves, souvent globalement plus inactifs en 4°E ou 4°C. Le nombre d'erreurs commises est aussi plus élevé pour ces classes, il semblerait qu'ils ont davantage osé répondre, peu importe s'ils commettaient des erreurs, sachant que le livret des solutions était à leur disposition, ne portant pas de jugement sur les réponses négatives de la part des élèves. Le score globalement plus fort de motivation intrinsèque confirme aussi que l'envie d'apprendre et de réussir est plus engagée.

Du point de vue de l'autonomie, comme le soulignent les résultats de la recherche nommée SCOLA concernant l'étude des jeux sérieux auprès de trente collèges, la volonté de rendre les élèves autonomes a pu être mesurée dans le nombre plus important d'échanges et d'aide mutuelle entre élèves. Ainsi, l'hétérogénéité a pu être davantage gérée, contrairement aux 4°C et 4°E qui ont bénéficié d'un cours plus frontal, donc faisant participer un nombre plus restreint d'élèves. Néanmoins, nous retrouvons aussi la difficulté supplémentaire de l'adaptation que nécessite un nouveau support, et finalement l'aide à nouveau réquisitionnée du professeur. Nous avons choisi de ne pas introduire de dimension numérique au jeu sérieux (contrairement à l'étude SCOLA) pour ne pas souffrir des problèmes techniques que l'on peut souvent rencontrer.

Nous notons une difficulté lors du passage au mode symbolique. Il est en effet un point de difficulté régulièrement levé (Corriveau et Jeannotte, 2015), la manipulation d'objets pour apprendre doit garder sa « fonction ultime de permettre le passage du concret à l'abstrait ». Nous avons voulu éviter un « passage trop abrupt » (Assude, 2017) en offrant dans un premier temps le choix aux élèves de traduire leurs questions en langage mathématique, en leur donnant

une fiche « traduction » afin de s'y référer autant qu'ils estiment en avoir besoin. Malgré tout, le nombre restreint de questions sous forme de dessins, traduites en langage mathématique lors du jeu, le temps que cela a demandé lors de la dernière séance pour effectuer les questions de développement et factorisation et le nombre d'interventions du professeur pour aider les élèves dans cette étape montrent que le passage au mode symbolique reste un point difficile à aborder, voire semblerait alourdir l'objectif premier qui serait maîtriser les concepts étudiés. La question du temps semble avoir une part particulièrement importante dans la gestion de ce passage délicat. Certains considèrent la manipulation d'objets comme un gain de temps au raisonnement mathématiques (Medici, Ricci & Rinaldi, 2017), tandis que d'autres y voient une perte de temps pour accéder à la généralisation des concepts rencontrés (Assude, Feuilladiou et Dunan, 2015).

En ce qui concerne les conséquences du point de vue de l'abstraction, la manipulation d'objets « favoriserait le raisonnement » (Corriveau & Jeannotte, 2018) : la variété plus grande des signes montrant l'utilisation des différents modes de Bruner, le nombre plus important d'échanges étendus, et d'échanges de tout type entre élèves, le nombre plus grand de signes révélant l'abstraction (notamment empirique), sont autant de signes révélant que le raisonnement en est renforcé. D'autre part, la manipulation d'objets permettrait aussi de « comprendre plus en profondeur », de donner plus de « sens mathématique » aux apprentissages (Audrin, 2020) : du point de vue de l'analyse des erreurs autour du sens de la variable commises par les 4[°]C sur leur cahier, celles-ci révéleraient un manque de compréhension des calculs autour du développement, du sens que l'on accorderait à des techniques opératoires que l'on peut apprendre et répéter sans en connaître la profondeur. Les réponses des élèves à la question du besoin de renouveler régulièrement une telle expérimentation afin de mieux comprendre les mathématiques pourrait laisser penser que cet artefact ait donné davantage de sens à leurs apprentissages.

Dans les séances suivant le jeu, nous retrouvons les résultats démontrant que l'alternance de manipulation, verbalisation et représentation aident l'élève à se créer des images mentales qu'il va pouvoir réutiliser ensuite (Berlanger & Gilbert, 2017). Dans notre dispositif, la création d'images représentant les objets renforçant le mode iconique était une aide à la création d'images mentales. Pour toutes les classes sauf pour les 4[°]C, cette étape a été à la fois un sujet de conversation entre élèves ou avec le professeur, et considérée de manière positive concernant l'aide que cela a pu apporter dans la résolution des questions. On peut le voir aussi dans le choix de dessiner soi-même les objets comme une aide pour répondre aux questions.

Une étude plus approfondie dans les séances suivantes aurait permis de mesurer l'utilisation de ces images mentales comme un signe d'abstraction réfléchissante.

Nous pouvons conclure ce temps de discussion en disant que nous retrouvons beaucoup de résultats du point de vue de la recherche. Mais comme le sujet de la manipulation d'artefacts en cours de mathématiques du cycle 4 est encore trop peu exploré, et que notre étude est basée sur trop peu d'éléments exploitables, nous pouvons mesurer à quel point les nombreux paramètres mis en jeu sont autant de points obscurs, invitant à éviter les conclusions trop hâtives. Néanmoins, il semblerait que la notion de plaisir dans les apprentissages soit tout de même vraiment accentuée, ce qui engagerait beaucoup plus les élèves dans la découverte de nouvelles notions. Même s'il semble qu'une telle situation adidactique devienne un moteur pour le raisonnement mathématique en découverte de nouvelles notions (expérimentation), elle peut toujours apporter un éclaircissement notamment sur le sens que contiennent les concepts abordés, comme nous avons pu l'observer dans l'expérimentation avec les 3°. Cette dernière confirme les résultats de la recherche sur l'expérimentation auprès des étudiants en formation de professeurs du primaire, qui semblent redécouvrir le sens profond du calcul mathématique (Audrin, 2020).

Conclusion

Les travaux de recherche que nous avons engagés sur la thématique de l'utilisation d'artefacts en cours de mathématiques, et l'expérimentation que nous avons menée dans cinq classes de collège, nous ont permis d'explorer et d'analyser des éléments répondant à la problématique présentée dans l'introduction de ce mémoire : **dans quelles mesures l'utilisation et la manipulation des artefacts favorisent-elles l'abstraction de la notion du calcul littéral en classe de 4° et 3° ?**

Nous avons volontairement choisi de ne pas développer toutes les étapes de la conception du jeu sérieux « Le livreur » dans ce mémoire, situation adidactique utilisant les atouts du socioconstructivisme. Rappelons cependant qu'il s'agit d'un outil de médiation scientifique, dans la mesure où son objectif est de rendre plus accessible auprès des élèves un savoir mathématique soulevant souvent des difficultés de compréhension, étant à la fois un outil de médiation instrumentale qui fonctionne en autonomie, mais aussi de médiation humaine car le professeur apporte l'étayage nécessaire pour sa prise en main, de la compréhension des règles du jeu à son utilisation mathématique. Lors de sa création, chaque détail a été pensé de manière à répondre aux exigences pédagogiques d'un artefact ludique permettant aux élèves de s'approprier progressivement les notions exigées par le programme de 4° : révision des opérations avec les nombres relatifs, réinvestissement de la notion de réduction à travers les cubes, jetons et cercles multiplicateurs, puis découverte des notions de développement et factorisation. Ce mémoire n'a pas non plus vocation à évaluer notre outil, même si nous sommes conscients que l'efficacité de ce dispositif peut largement influencer la validité de nos résultats. Nous nous appuyons sur l'avis positif qu'a pu donner la professeure nous accueillant dans ses classes, titulaire du CAFFA (Certificat d'Aptitude aux Fonctions de Formateur Académique). Dans ce mémoire, nous avons préféré mesurer les effets de ce jeu sérieux sur les apprentissages des élèves et mener nos recherches dans ce sens.

Relativement au nombre peut-être trop restreint de captations filmées, notamment sur les séances qui ont suivi l'utilisation du jeu, nous avons néanmoins pu dégager un certain nombre d'éléments nous permettant de valider, dans une certaine mesure, nos deux hypothèses de départ, que nous rappelons ci-après :

Hypothèse 1 : La mise en forme des trois modes de représentation de Bruner (le mode « enactif », le mode « iconique » et le mode « symbolique ») dans une activité mathématique permet d'accompagner les élèves à l'abstraction sur la notion du calcul littéral en 4°.

Hypothèse 2 : L'utilisation d'un jeu sérieux motive les élèves à effectuer une activité et à s'approprier de manière plus intense les notions par rapport à une activité sans aspect ludique, en 4° et en 3°.

L'hypothèse 1 orientait nos recherches sur la plus-value apportée par la manipulation intelligente du matériel mis à disposition incluant les trois modes de la connaissance selon Bruner, l'hypothèse 2 se concentrait davantage sur l'apport ludique du dispositif.

En appui de la synthèse de nos résultats, éclairée par les résultats de la recherche, nous pouvons émettre comme éléments de réponse à l'hypothèse 1 que la manipulation d'objets, employés comme une métaphore de situations-problèmes, permettrait effectivement d'accompagner les élèves sur le chemin de l'abstraction, plus précisément en termes de sens qu'ils peuvent donner aux symboles mathématiques qu'ils devront ensuite manipuler à plus grande échelle lors de calculs à effectuer. Le sens métaphorique que nous leur offrons aurait l'avantage de permettre à un plus grand nombre d'entrer dans l'activité, d'oser essayer de répondre aux questions, en diminuant la peur de l'erreur : nous avons mesuré davantage de mises en actions de la part des élèves, des échanges plus étendus entre eux, et davantage de signes montrant l'abstraction empirique, c'est-à-dire l'intégration de notions nouvelles, avant de pouvoir être réemployées dans des situations similaires.

D'ailleurs, ce support semble avoir permis aux élèves d'éviter de commettre une erreur de sens courante dans le calcul littéral en lien avec la variable, qui est habituellement reprise dans le cours en corrigeant les problèmes techniques liés à cette erreur, par répétition d'exercices suivant un modèle correct. L'objectif n'était pas d'éviter l'erreur, qui a une place positive dans les apprentissages lorsqu'elle permet aux élèves d'analyser plus en profondeur un nouveau concept (l'erreur devenant un contre-exemple), mais plutôt de permettre à l'élève de saisir, dès le début de la séquence, le statut de la lettre représentant une variable comme étant un nombre, dont la valeur « mystère » chamboule parfois la compréhension des règles de calculs. En cela, l'utilisation de l'artefact permettrait au concept « réduire » (réutilisée dans les notions « développer » et « factoriser ») d'être renforcé par la compréhension de l'un des

attributs suivants, habituellement difficile à mettre en œuvre dans les calculs par certains élèves : « les priorités de calcul sont conservées même en présence d'une lettre représentant un nombre ».

Nous rajoutons une précision à la validité de l'hypothèse 1 : la représentation du mode « enactif » semble accentuer les apprentissages lorsque ce mode est pleinement employé par les élèves, c'est-à-dire lorsqu'ils manipulent des artefacts au moins sur une bonne partie de la séance, et pas seulement comme démonstration par la manipulation seule du professeur devant une classe entière. L'étape « iconique » semble être alors davantage efficace, elle deviendrait alors un outil permettant à l'élève de se créer plus facilement des images mentales (étape d'abstraction empirique) plus faciles à réutiliser pour de nouvelles questions (étape d'abstraction réfléchissante).

Nous atténuons la validité de l'hypothèse 1 lorsque nous analysons le passage au mode « symbolique ». Le fait d'avoir introduit un artefact dont il faut découvrir d'abord les règles qui lui sont propres, semble prolonger le déroulement de la séquence, mais aussi apporter une difficulté supplémentaire qui est celle de la traduction en langage mathématique. Ce passage n'a pas lieu lorsqu'on utilise seulement le format symbolique dès le début (format de cours sans artefact). Ce passage délicat est à double tranchant : soit l'élève fragile se perd puis décroche, l'artefact perd alors tout son intérêt, et le temps qui a été accordé à sa mise en place devient inutile ; soit l'élève prend confiance en lui car la marche a été franchie, et il est prêt à utiliser les images mentales qu'il s'est construites pour devenir ensuite performant dans la technicité des calculs symboliques, car il a saisi le sens profond des concepts étudiés. C'est cette étape-là que nous n'avons malheureusement pas pu évaluer et mesurer en détail lors de notre expérimentation. Ce sont à la fois les résultats de la recherche qui le mentionnent, mais aussi les bribes de conversations que nous avons pu entendre autour de l'expérimentation, malheureusement non enregistrés pour être intégrées dans le corpus.

L'hypothèse 2 explore deux idées sous-jacentes. En effet, d'une part, puisque l'artefact peut pleinement fonctionner sans « règles de jeu », nous avons voulu mesurer la plus-value de l'association « artefact/ludique » par rapport à l'artefact seul (étude comparative entre les 3°D et les 3°F, et l'étude comparative entre les 4°A et les 4°E). D'autre part, nous avons mesuré ce qu'un jeu sérieux pouvait apporter par rapport à une activité sans artefact et sans dimension ludique (étude comparative entre les 4°A et les 4°C). Finalement, il en ressort globalement les mêmes résultats : l'aspect ludique de la mise en œuvre d'un jeu sérieux augmenterait à la fois

les indices de motivation de la part des élèves, mais surtout la motivation extrinsèque, la motivation intrinsèque étant assez équivalente dans les deux cas. Elle aurait l'avantage de renforcer les mises en actions des élèves, de favoriser les échanges entre eux, et donc de valoriser les atouts du socioconstructivisme. D'autre part, les élèves montrent moins de signes d'ennui car les signes de perturbations sont à ce moment-là diminués. L'hypothèse 2 est donc confirmée, dans la mesure où l'apport ludique est intégré de manière à maintenir l'articulation didactique/ludique le plus longtemps possible pour maintenir l'envie de se saisir des apprentissages que recèle le jeu sérieux. L'utilisation d'un artefact semble être plus efficace si la dimension ludique y est intégrée, pour éviter peut-être une lassitude de son utilisation (nous l'avons brièvement perçu dans la classe des 3^oD lors de la séance qui a suivi celle où ils utilisaient seulement l'artefact sans le format jeu qui lui est associé, séance non analysée). Néanmoins, cette utilisation demande aussi plus de temps car les règles du jeu peuvent parfois être difficile à comprendre.

Ce bilan, plutôt positif dans le fait d'avoir partiellement validé les deux hypothèses de recherche, ouvre néanmoins plusieurs questionnements latents.

Notre artefact, élaboré dans le but d'offrir aux élèves une entrée alternative aux notions du calcul littéral en 4^o et 3^o, et renforcé par un aspect ludique pour faire de lui un jeu sérieux, est-il concrètement réutilisable par d'autres professeurs ? Un début de réponse a pu nous être apporté lors de l'engouement manifesté par les professeurs qui ont pu l'essayer lors de l'événement Ludovia en février 2023 à Punaauia (Tahiti, Polynésie française). Mais sa mise en œuvre dans une classe demande de l'énergie, tant dans la préparation, que dans le réinvestissement dans les séances suivantes de sa dimension métaphorique pour manipuler le langage mathématique. Sa plus-value en vaut-elle vraiment la peine ?

Par ailleurs, comment multiplier la création de nouveaux artefacts, comportant ou non une dimension ludique, afin de proposer aux professeurs désireux de répondre à la 5^o mesure pour l'enseignement des mathématiques de faire manipuler, expérimenter, verbaliser et abstraire les élèves ? Quelle place complémentaire peut-on donner aux usages numériques ? Lors du stage du semestre 10, nous avons pu explorer cette piste sur plusieurs niveaux et dans plusieurs thèmes du programme, mais les critères de validité et d'efficacité de tels outils pédagogiques restent à définir, l'état de la recherche ne fournissant pas suffisamment d'éléments guidant les professeurs de collège dans cette démarche.

Pour finir, le travail de recherche et la mise en œuvre de son expérimentation que j'ai pu entreprendre pour la rédaction de ce mémoire ont grandement enrichi mes attentes professionnelles en termes d'exploration de nouvelles pratiques pédagogiques, et par ce biais m'ont permis de réfléchir avec des connaissances renouvelées aux questions liées à la didactique des mathématiques. Ils m'ont permis de découvrir en quoi consistait la recherche en sciences de l'éducation, d'affiner mes connaissances sur les étapes d'apprentissage des élèves, leurs besoins et leurs limites. Il serait intéressant de mesurer l'efficacité de l'utilisation d'artefacts à manipuler de manière régulière par les élèves en cours de mathématiques au niveau collège à une plus grande échelle, et de pouvoir apporter des éléments de réponses aux questionnements évoqués ci-dessus. Ce pourrait être le champ d'étude d'une thèse, avec pour objectif final de convaincre et d'accompagner un certain nombre d'enseignants voulant tenter l'utilisation régulière d'artefacts, et permettre aux élèves qui en bénéficient de prendre plaisir à pratiquer les mathématiques, chacun à leur niveau, en progressant dans ce domaine.

Références bibliographiques

- Ailincal, R. (30 août 2022). La Médiation scientifique, Approche épistémologique, théorique et conceptuelle de la médiation scientifique et culturelle [Power Point]. https://espadon.upf.pf/pluginfile.php/320779/mod_resource/content/1/A%20LA%20MEDIATION%20SCIENTIFIQUE%20-%20approche%20globale.pdf
- Ailincal, R. (2005). *Un dispositif d'éducation parentale, sensibilisation des parents à leur rôle d'accompagnateur de leur enfant dans le cadre d'un musée à caractère scientifique et technique*. [Thèse de doctorat, Université René Descartes- Paris V]. Education. HAL <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00548199>
- Amalric M, Dehaene, S. (2016). *Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians*. Proc Natl Acad Sci U S A. 2016 May 3;113(18):4909-17. doi: 10.1073/pnas.1603205113. Epub 2016 Apr 11. PMID: 27071124; PMCID: PMC4983814.
- Assude, T. (2017). Relations entre systèmes sémiotiques, milieux et techniques mathématiques : malentendus, hybridité, inventivité [Conférence]. 44e Colloque international sur la formation en mathématiques des professeurs des écoles, Jun 2017, Epinal, France. <https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-01797893>
- Assude, T., Feuilladiou, S. & Dunand, C. (2015). Conditions d'évolution du rapport au savoir mathématique de jeunes « décrocheurs ». *Carrefours de l'éducation*, 40, 167-182. <https://doi.org/10.3917/cdle.040.0167>
- Audrin, C. (2020). L'innovation dans la formation enseignante. Dans *Formations et Pratiques d'enseignements en question, Revue des HEP et institutions assimilées de Suisse romande et du Tessin. Hors série N°4 / 2020 / pp. 7-11*
- Balancier, P. (2012). Introduction. Dans Y. Kasbi, *Les serious game, une révolution* (pp. 11 - 20). Edipro.
- Barsalou, L. (2002). Being there conceptually: Simulating categories in preparation for situated action. In N.L. Stein, P.J. Bauer, & M. Rabinowitz (Eds.); *Representation, memory, and development: Essay in honor of Jean Madler* (p. 1-16). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Barth, B.-M. (1985). *Jérôme Bruner et l'innovation pédagogique*. *Communication et langages*(66), 46-58. doi:10.3406/colan.1985.3656
- Barth, B.-M. (1987 /2001). *L'apprentissage de l'abstraction*. Retz.
- Bartolini Bussi, M.-G. (1998). *Verbal interaction in mathematics classroom: A Vygotskian analysis*. Dans H.Steinbring, M. G. Bartolini Bussi, & A. Sierpiska, *Language and communication in mathematics* (pp. 65-84). Reston: VA: NCTM.

- Bartolini Bussi, M.-G., & Mariotti, M.-A. (2008). Semiotic Mediation in the Mathematics Classroom: artefacts and Signs after a Vygotskian Perspective. Dans L. English, et al. (2008). *Handbook of International Research in Mathematics Education*. Second revised edition (pp. 746-783). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Balslev, K. (2006). Microgènes didactiques dans une situation de révision textuelle en milieu adulte. Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation. Université de Genève. <http://archive-ouverte.unige.ch/unige:712>
- Balslev, K. (2009). Stratégies d'apprenants adultes pour comprendre et se faire comprendre lors de la révision d'un texte. In B. Daunay, I. Delcambre & Y. Reuter (Ed.), *Didactique du français, le socioculturel en question* (pp. 191-204). Presses Universitaires de Septentrion.
- Balslev, K. (2010). L'intercompréhension et apprentissages dans un cours de français écrit pour adultes. *Travail et formation en éducation* (TFE). 5/2010 ; <http://tfe.revues.org./index1139.html>
- Berlanger, I. et Gilbert, T. (2017). *Du matériel et des activités de manipulation pour soutenir un apprentissage constructif des fractions et des opérations sur les fractions de 10 à 14 ans*. Actes du 44ème colloque COPIRELEM. Epinal 2017. p. 97-116. <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO18009/IWO18009.pdf>
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Odile Jacob.
- Berthoz, A. (2019). Au début était l'action. Dans O. Houdé et G. Borst, *Le Cerveau et les Apprentissages*. Lea.fr Nathan.
- Berthier (2016). *Sciences et construction de la pensée mathématique* [conférence]. CIJM, 17° salon culture et jeux mathématiques, Paris, 2016. <https://www.cijm.org/videos-et-conferences/sciences-cognitives-et-construction-de-la-pensee-mathematique/>
- Boucher, A-C. (2023). *Les théories de l'apprentissage* [Image]. <https://www.pinterest.ca/pin/les-thories-de-lapprentissage--477100154273717928/> consulté le 06/02/2023
- Briand, J. (2019). Manipuler en mathématiques... Oui mais. Dans *Au fil des maths, Bulletin de l'APMEP n° 530* (janvier, février, mars 2019). <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/AAB/AAB19020/AAB19020.pdf>
- Brougère, G. (2005). *Jouer/Apprendre*. Economica. 978-2-7178-5119-4.
- Brousseau, G. (1997). *La théorie des situations didactiques*. Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal, A paraître dans « Interactions didactiques » (Genève).

- Brousseau, G. (1997). *La théorie des situations didactiques*. Cours donné lors de l'attribution à Guy Brousseau du titre de Docteur Honoris Causa de l'Université de Montréal, A paraître dans « Interactions didactiques » (Genève).
- Bruner, J.-S. (1973). *The Relevance of Education*. W. W. Norton.
- Bruner, J.-S. (1983). *Le Développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. PUF
- Carpenter, T. et Moser, J. (1979). *The development of addition and subtraction concepts in young children*. Dans Proceedings of the Third Conference of PME, Tall, D. (éd.), Warwick, Great Britain.
- Chekour, M., Laafou, M., Janati-Idrisi, R.. (2015). L'évolution des théories de l'apprentissage à l'ère du numérique. *Association Epi*. <https://www.epi.asso.fr/revue/articles/a1502b.htm> consulté le 06/02/2023
- Clement, J. (1982). Algebra word problem solutions: thought processes underlying a common misconception. *Journal for Research in Mathematics Education*, (vol. 13, no 1, 1982, p. 16-30).
- Corriveau, C. et Jeannotte, D. (23 au 25 mai 2018). *Idées véhiculées à propos du matériel de manipulation dans la littérature professionnelle en enseignement des mathématiques au primaire* [Conférence]. Communication orale lors du Colloque du Groupe de didactique des mathématiques du Québec 2018 (GDM) <https://www.dropbox.com/s/gkuhhq414w47s3a/2018%20Actes%20GDM.pdf?dl=0>
- Corriveau, C. et Jeannotte, D. (2015). L'utilisation du matériel en classe de mathématiques au primaire : quelques réflexions sur les apports possibles. *Bulletin AMQ, LV (3), 32-49*.
- Courtier, P. (2019). *L'impact de la pédagogie Montessori sur le développement cognitif, social et académique des enfants en maternelle*. Psychologie et comportements. [Thèse de doctorat, Université de Lyon]. HAL <https://theses.hal.science/tel-02454499>
- CRAP Cahiers Pédagogiques (2017). *Manipuler en maths ? OUI ou NON ? Vous en dites quoi ? avec Pierre Eysseric*. [Youtube] <https://youtu.be/VM5s6R-vwOc>
- Crisci, R. (2018). *La manipulation d'objets mathématiques dans l'environnement Scratch*. COPIRELEM 2018, Jun 2018, Blois, France.
- Dehaene, S. (2017). *A quoi ressemble le cerveau d'un mathématicien ?* [Conférence]. CIJM, Mathématiques et langages, 18^e salon et jeux mathématiques 2017. <https://www.cijm.org/videos-et-conferences/a-quoi-ressemble-le-cerveau-dun-mathematicien/>
- Doise W. & Mugny G. (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Interéditions.
- Douady, R., (1986). Jeux de cadres et dialectique outil/objet. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2), p. 5-32.

- Duval, R. (1995). Quel cognitif retenir en didactique des mathématiques ? *Recherches en didactique des mathématiques*, vol 16(3), p. 349-382, Éditions La pensée sauvage.
- Eastes, R-E. & Pellaud, F. (2004). *La médiation scientifique aujourd'hui* [image].
- Elster, C. (1994). Patterns within preschoolers' emergent readings. *Reading Research Quarterly* (4), 403-418.
- Flanagan, R. (2013). Effects of learning from interaction with physical or mediated devices. *Cognitive Processing*, 14, 213-15.
- Gardner, H. (2008). *Les Intelligences Multiples*. Retz.
- Ginsburg, H. (1977). *Children's Arithmetic*. Van Nostrand.
- Herscovics, N. & Bergeron, J. C. (1982). Des modèles de la compréhension. *Revue des sciences de l'éducation*, 8(3), 576–596. <https://doi.org/10.7202/900392ar>
- Herscovics, N. (1979). The understanding of some algebraic concepts at the secondary level. Dans *Proceedings of the Third Conference of PME*, Tall, D. (éd.) Warwick.
- Houdé, O. & Borst, G. (2019). *Le Cerveau et les Apprentissages*. Lea.fr Nathan.
- Huizinga, J. (1951). « *Homo ludens* », *essai sur la fonction sociale du jeu (1938)*. Tel Gallimard.
- Inserm Salle de Presse (20 avril 2016, 15h07). *Comparaison des régions du cerveau activées par une activité mathématique et par une activité langagière chez les mathématiciens et les non-mathématiciens* [Image]. <https://presse.inserm.fr/identification-dun-reseau-daires-cerebrales-implique-dans-les-mathematiques/23637/>
- Kerbrat-Orecchioni, C. (1998). *Les interactions verbales*, tome1. Armand Coli
- Kerzil, J. (2009). *Constructivisme*. Jean-Pierre Boutinet éd., *L'ABC de la VAE*. Érès, 2009, pp. 112-113.
- Kritter, C. (2019). *Présentation de la méthode de Singapour CM2*. La Librairie des écoles.
- Kubicki, S., Pasco, D. et Arnaud, I. (2014). Utilisation en classe d'un jeu sérieux sur table interactive avec objets tangibles pour favoriser l'activité des élèves : une évaluation comparative en cours préparatoire. In : *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, volume 21, 2014. *Évaluation dans les Jeux Sérieux / Les EPA : entre description et conceptualisation*. pp. 431-460. DOI : <https://doi.org/10.3406/stice.2014.1107>
- Kuzniak, A. (2005). *La Théorie des Situations Didactiques de Brousseau*. <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/ST/IST04030/IST04030.pdf> consulté le 03/02/2023
- Jeu sérieux (2022, 28 septembre). Dans *Wikipédia*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Jeu_s%C3%A9rieux

- Ladage, C. & Ravestein, J. (2015). *Conditions et contraintes de l'usage de jeux sérieux en classe. Enquête sur le déploiement d'une plateforme dans 30 collèges français*. Enjeux et usages des technologies de l'information et de la communication (EUTIC), Serge Agostinelli, Nov 2015, Fort de France, France. HAL Id: hal-01276196 <https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-01276196v2>
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to Western Thought*. Basi Books.
- Larousse (s.d.). Abstraction. Dans le *dictionnaire Larousse en ligne*. Consulté le 15/01/2023 sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/abstraction/298>
- Larousse (s.d.). Cognition. Dans le *dictionnaire Larousse en ligne*. Consulté le 15/01/2023 sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/cognition/17005>
- Larousse (s.d.). Concept. Dans le *dictionnaire Larousse en ligne*. Consulté le 15/01/2023 sur <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/concept/17875>
- Lescouarch, L. (2010). Spécificité actuelle d'une approche alternative : la pédagogie Freinet. In : *Spirale. Revue de recherches en éducation, n°45, 2010. Pédagogies alternatives. Quelles définitions, quels enjeux, quelles réalités ? sous la direction de Rémi Casanova et Cécile Carra. pp. 81-101.*
- Lieury, A. & Fenouillet, F.(2019). *Motivation et réussite scolaire*. Dunod, 4^e édition.
- Maillet Ponge, M. (2020). *L'apport d'une situation de jeu pour la construction du raisonnement* [mémoire de master, Université de Nantes]. Education. HAL Id: dumas-03033943 <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03033943>
- Mariotti, M. A., & Maffia, A. (2018). From using artefacts to mathematical meanings: the teacher's role in the semiotic mediation process. *DdM Didactica della matematica (3)*, p.50-63.
- Mariotti, M. A., & Maracci, M. (2010). Un artefact comme outils de médiation sémiotique : une ressource pour l'enseignant. Dans G. Gueudet & L.Trouche. *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en Mathématiques (pp. 91-107)*. Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Medici, D., Ricci, F. et Gabriella Rinaldi, M. (2017). Travailler avec du matériel, gain ou perte de temps ? *APMEP (N°477, p 543)*. [AAA08067.pdf \(univ-irem.fr\)](#)
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports (2020). *Programme scolaire du cycle 4, en vigueur à la rentrée 2020, p.129*, Éduscol, <https://eduscol.education.fr/document/621/download> consulté le 13/02/2023
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports (2021). La résolution de problèmes mathématiques au collège. *Les guides fondamentaux pour enseigner*. <https://eduscol.education.fr/document/13132/download?attachment> consulté le 12/05/2023

- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. (2018). *PISA 2018 : culture mathématique, culture scientifique et vie de l'élève*. <https://www.education.gouv.fr/pisa-2018-culture-mathematique-culture-scientifique-et-vie-de-l-eleve-6209>
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. (2015). *TIMSS 2015 mathématiques et sciences, évaluation internationales des élèves de CM1*. <https://www.education.gouv.fr/timss-2015-mathematiques-et-sciences-evaluation-internationale-des-eleves-de-cm1-4226>
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des Sports. (2023). *Utiliser le calcul littéral*, Éduscol, <https://eduscol.education.fr/document/17263/download> consulté le 13/02/2023
- Montagero, J. & Maurice-Naville, D. (2019). *Piaget ou l'intelligence en marche*. Mardaga-supérieur.
- Montessori, M. (1967à/1995). *The absorbent mind* (C. A. Claremont, Trans.). Henry Holt. En français : *L'Esprit absorbant de l'enfant*, Desclée de Brouwer, 2003.
- Mounier, E. et Grapin, N. (2019). Que disent les recherches sur les manuels “ Méthode de Singapour ”. *Au fil des maths, APMEP* (n°532). HAL Id: hal-02307166 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02307166>
- Moussu, M.-J., Accardi, J. et Bonnaud, F. (2005). Un dispositif d'enseignement/apprentissage motivant construit en LVE à l'école , *Cahiers de l'APLIUT* [En ligne], Vol. XXIV N° 2 | 2005, mis en ligne le 03 septembre 2002, consulté le 17 mai 2023. URL : <http://journals.openedition.org/apliut/2922> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/apliut.2922>
- Musial, M. & Tricot, A (2020). *Précis d'ingénierie pédagogique*. De Boek supérieur.
- Pelay, N. (2011). Jeu et apprentissages mathématiques : élaboration du concept de contrat didactique et ludique en contexte d'animation scientifique. [Thèse de doctorat]. Education. Université Claude Bernard - Lyon I, 2011. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00665076>
- Pellaud, F., Giordan A. et Eastes, R.-E. (2004). Des modèles pour comprendre l'apprendre : de l'empirisme au modèle allostérique. *Dans Gymnasium Helveticum, mai 2004*.
- Piaget, J. (1972). *Épistémologie génétique*. P.U.F.
- Piaget, J. (1974). *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence : sélection organique et phénotypie*. Hermann.
- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives*. PUF.
- Piaget et le constructivisme (2020, 8 novembre). Dans *Edutechwiki*. https://edutechwiki.unige.ch/fr/Piaget_et_le_constructivisme#Comment_le_constructivisme_produit_un_effet_sur_l'apprentissage

- Prado, J. (2018). Du sens des quantités au raisonnement mathématiques. Dans Houdé, O. et Borst, G. *Le cerveau et les apprentissages*. Lea.fr, Nathan.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.
- Radford, L., Demers, S et Miranda, I. (2009). Processus d'abstraction en mathématiques. *Centre franco-ontarien de ressources pédagogiques*. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.
- Reisch, G. (1503). *Margarita philosophica, Chalchographatum primiciali hac pressura Friburgi p[er] Joannē Schottū Argeñ*.
- Rézeau, J. (2002). *Médiation, médiatisation et instruments d'enseignement : du triangle au « carré pédagogique »*. ASP.
- Le Robert (s.d.). Incarner. Dans *Le Robert dico en ligne*. Consulté le 15/01/2023
<https://dictionnaire.lerobert.com/definition/incarner>
- Robo, E. (2021). *Étude comparée des interactions à visée d'apprentissage lors de séances de géométrie au cycle 3 de l'école primaire : le cas de la Polynésie française et de la Guyane française* [Thèse de doctorat, Université des Antilles]. Education. HAL Id: tel-03504854 <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03504854>
- Rosenwald, F. (2017, novembre). Cedre 2014, mathématiques en fin d'école. *Les dossiers de la DEPP, n° 208*. Ministère de l'Éducation Nationale. http://cache.media.education.gouv.fr/file/208/89/6/depp-dossier-2017-208-cedre-2014-mathematiques-fin-ecole_847896.pdf ;
- Saada- Robert, M. & Balslev, K. (2006). Les microgenèses situées. Études sur la transformation des connaissances. *Revue suisse des sciences de l'éducation, 28 (3) 2006*. Academic Press Fribourg.
- Sabena, C. (2018). *Explorer l'apport des gestes dans le processus d'argumentation mathématique dans une perspective sémiotique* [Conférence]. Conférence 3, 44° colloque COPIRELEM, 2018. [Actes en ligne milieu \(univ-irem.fr\)](#)
- Savage-Rumbaugh, E. S., et al. (1980). *Reference: The Linguistic Essential*. Science, 210(4472), p. 922-925
- Schème (2023, 11 janvier). Dans *Wikipédia*.
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%A8me_\(psychologie\)#cite_note-1](https://fr.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%A8me_(psychologie)#cite_note-1)
- Shapiro, L. A. (2011). *Embodied cognition*. Routledge.
- Siegler, R. S. (1987). The perils of averaging data over strategies: an example from children's addition. *Journal of Experimental Psychology, 116*, 250-264.

- Siegler, R. S. (1989). Hazards of mental chronometry: an example from children's subtraction. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 497-506.
- Siegler, R. S. (1995). How does change occur: a microgenetic study of number conservation. *Cognitive Psychology*, 28, 225-273.
- Simon, H. (1979). Information processing models of cognition, dans *Annual Review of Psychology*, vol. 30, 1979, p. 363-396.
- Stigler, J. W. (1984). "Mental abacus": The effect of abacus training on Chinese children's mental calculation. *Cognitive Psychology*, 16(2), 145-76.
- Stoll Lillard, A. (2018). *Montessori une révolution pédagogique, Chapitre 2 : Impact du mouvement sur l'apprentissage et la cognition*. P 75 – 142. Desclée de Brouwer.
- Tominska Conte, E. (2011). *Microgénèses didactiques en situation de lecture interactive dans une classe bilingue pour jeunes sourds* [Thèse de doctorat, Université de Genève].
- Trouche, L. (2017). *Des artefacts aux instruments, une approche pour guider et intégrer les usages des outils de calcul dans l'enseignement des mathématiques*. HAL Id: hal-01559831 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01559831>
- Universalis (s.d.). socioconstructivisme. Dans le dictionnaire *Universalis en ligne*. <https://www.universalis.fr/dictionnaire/socioconstructivisme/> consulté en février 2023
- Vergnaud, G., Cortès, A. et Favre-Artigues, P. (1988). Introduction de l'algèbre auprès de débutants faibles. Problèmes épistémologiques et didactiques. In Hulin, M. et al. (dir.), *Didactique et acquisition des connaissances scientifiques*. Actes du colloque de Sèvres, p. 259-288. Éditions La pensée sauvage.
- Villani, C. & Torossian, C. (2018). *21 mesures pour les mathématiques*. Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des sports. <https://www.education.gouv.fr/media/11072/download>
- Vygotski, L. S. (1934/1985). *Pensée et Langage*. (F. Sève, trad.). Éditions Sociales.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society : The development of higher psychological processes*. University Press.
- Wagon, S. (2018). *Les pédagogies alternatives en France aujourd'hui : essai de cartographie et de définition*. Tréma. DOI: <https://doi.org/10.4000/trema.4174>
- Young M.F., Slota, S., Yukhymenko, M., Cutter, A. B., Jalette, G., Mullin, G., Lai, B., Simenoi, Z et Tran, M. (2012). Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, Vol. 82(1), p. 61-89

Zone Proximale de Développement (2020, 8 octobre). Dans *Wikipédia*.

https://fr.wikipedia.org/wiki/Zone_proximale_de_d%C3%A9veloppement

Sitographie

Recherche avancée : matériel de manipulation et type=article de périodique ou revue (univ-irem.fr) consulté le 05/03/2023

Recherche avancée : matériel de manipulation et type=actes de colloques, de congrès, de séminaire (univ-irem.fr) le 05/03/2023

Tables des tableaux

Tableau 1	70
Tableau 2	71
Tableau 4	72
Tableau 5	74
Tableau 6	75
Tableau 7	76
Tableau 8	77
Tableau 9	78
Tableau 10	79
Tableau 11	85
Tableau 12	86
Tableau 13	89
Tableau 14	94
Tableau 15	109
Tableau 16	120
Tableau 17	127
Tableau 18	131

Tables des figures

Figure 1	20
Figure 2	21
Figure 3	30
Figure 4	31
Figure 5	32
Figure 6	36
Figure 7	40
Figure 8	41
Figure 9	42
Figure 10	43
Figure 11	45
Figure 12	50
Figure 13	52
Figure 14	52
Figure 15	53
Figure 16	53
Figure 17	53
Figure 18	56
Figure 19	58
Figure 20	70
Figure 21	70
Figure 22	70
Figure 23	70
Figure 24	71
Figure 25	71
Figure 26	72
Figure 27	72
Figure 28	72
Figure 29	72
Figure 30	74

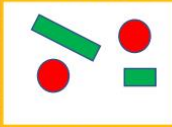
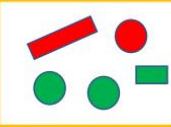
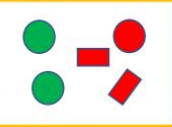
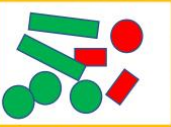
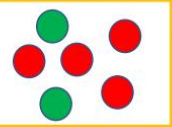





Figure 31	74
Figure 32	75
Figure 33	75
Figure 34	76
Figure 35	76
Figure 36	77
Figure 37	77
Figure 38	79
Figure 39	79
Figure 40	80
Figure 41	80
Figure 42	80
Figure 43	85
Figure 44	88
Figure 45	88
Figure 46	90
Figure 47:	91
Figure 49	95
Figure 48	95
Figure 50	96
Figure 51	97
Figure 52	99
Figure 53	100
Figure 54	100
Figure 55	101
Figure 56	102
Figure 57	102
Figure 58	103
Figure 59	104
Figure 60	106
Figure 61	107
Figure 62	107
Figure 63	108






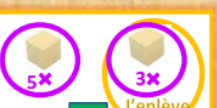



Figure 65	110
Figure 64	110
Figure 66	111
Figure 67	112
Figure 68	113
Figure 70	114
Figure 69	114
Figure 72	115
Figure 71	115
Figure 73	116
Figure 74	117
Figure 75	117
Figure 76	118
Figure 77	119
Figure 78	121
Figure 79	122
Figure 80	123
Figure 81	124
Figure 82	125
Figure 83	126
Figure 84	128
Figure 85	128
Figure 86	128
Figure 87	129
Figure 88	130
Figure 89	132
Figure 90	132
Figure 91	133
Figure 92	134
Figure 93	134
Figure 95	135
Figure 94	135

Annexes

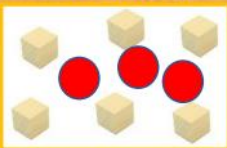



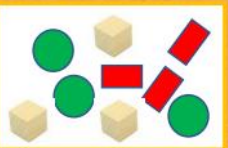

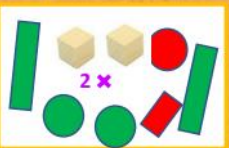

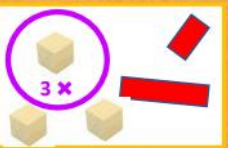

1 PRESENTATION DU JEU DU LIVREUR

1.1 ANNEXE A : CARTES « MISSIONS »

<p>N°1</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur.</p>	<p>N°8</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur.</p>	<p>N°15</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur.</p>	<p>N°22</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur.</p>	<p>N°29</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur.</p>
<p>N°2</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.</p>	<p>N°9</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.</p>	<p>N°16</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.</p>	<p>N°23</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.</p>	<p>N°30</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.</p>

<p>N°3</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur. Pour t'aider à trouver, rajoute deux jetons de même forme mais de couleurs différentes, puis enlève.</p>	<p>N°10</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur.</p>	<p>N°17</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur. Pour t'aider à trouver, rajoute deux jetons de même forme mais de couleurs différentes, puis enlève.</p>	<p>N°24</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur. Pour t'aider à trouver, rajoute deux jetons de même forme mais de couleurs différentes, puis enlève.</p>	<p>N°31</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur. Pour t'aider à trouver, rajoute deux jetons de même forme mais de couleurs différentes, puis enlève.</p>
<p>N°4</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>	<p>N°11</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>	<p>N°18</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>	<p>N°25</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Réduis au max ta marchandise en une seule couleur. Pour t'aider à trouver, rajoute deux jetons de même forme mais de couleurs différentes, puis enlève.</p>	<p>N°32</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>

<p>N°5</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule pour enlever le cercle multiplicateur et pose le bon nombre de  et de jetons (le moins de jetons)</p>	<p>N°12</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les  dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>	<p>N°19</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les  dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>	<p>N°26</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les  dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>	<p>N°33</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule puis regroupe les  dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons</p>
<p>N°6</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule pour enlever les cercles multiplicateurs et pose le bon nombre de  et de jetons. Si tu n'as pas assez de  tu peux utiliser un nouveau cercle multiplicateur.</p>	<p>N°13</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule pour enlever les cercles multiplicateurs et pose le bon nombre de  et de jetons. Si tu n'as pas assez de  tu peux utiliser un nouveau cercle multiplicateur.</p>	<p>N°20</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule pour enlever les cercles multiplicateurs et pose le bon nombre de  et de jetons. Si tu n'as pas assez de  tu peux utiliser un nouveau cercle multiplicateur.</p>	<p>N°27</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule pour enlever le cercle multiplicateur et pose le bon nombre de  et de jetons (le moins de jetons)</p>	<p>N°34</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule pour enlever les cercles multiplicateurs et pose le bon nombre de  et de jetons. Si tu n'as pas assez de  tu peux utiliser un nouveau cercle multiplicateur.</p>

<p>N°7</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Choisis un cercle multiplicateur et remplis-le de  et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle).</p>	<p>N°14</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Choisis un cercle multiplicateur et remplis-le de  et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle).</p>	<p>N°21</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Choisis un cercle multiplicateur et remplis-le de  et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle).</p>	<p>N°28</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Choisis un cercle multiplicateur et remplis-le de  et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle).</p>	<p>N°35</p> <p>Ta marchandise de DEPART :</p>  <p>Ta MISSION :</p> <p>Calcule, puis choisis un cercle nouveau multiplicateur et remplis-le de  et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle).</p>
---	--	--	--	--

J'enlève

6 ×

7 ×

1.2 ANNEXE B : « PLAQUES DES VALISES » ET « PLATEAU DES ILES »

The diagram illustrates the transition from starting goods to mission completion. It features two suitcases on a light blue background, separated by a red double-line equals sign. The left suitcase is labeled "Marchandises de départ :" and the right one is labeled "Mission accomplie :". Both suitcases have a dashed rectangular box at the bottom containing the text "Double ta mise" and a pen icon. Below the suitcases is a "Plateau des Iles" (Islands Board) with a red border. It contains four islands: Tahiti, Moorea, Raïatea, and Bora Bora. Each island is represented by a yellow semi-circle with a star, a palm tree, and a box of coins. Tahiti has one coin, Moorea has two coins, Raïatea has three coins, and Bora Bora has four coins.

1.3 ANNEXE C : TRADUCTION EN LANGAGE MATHÉMATIQUE

Double ta mise ! ✍

Traduction en langage mathématiques

$$\text{● (vert)} = +1$$


$$\text{● (rouge)} = -1$$

$$\text{■ (vert)} = +5$$

$$\text{■ (rouge)} = -5$$

$$\text{■ (vert épais)} = +10 \quad \text{■ (rouge épais)} = -10$$

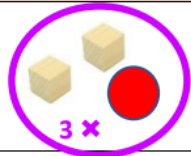
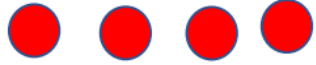
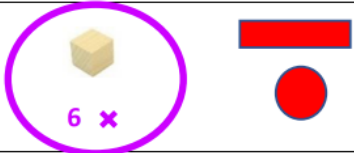


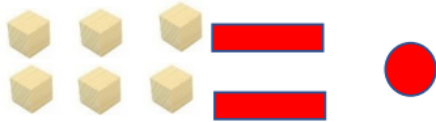
- On additionne ensemble les jetons mis dans la valise


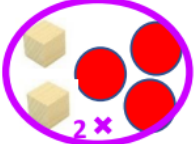



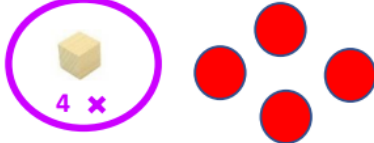
-  On multiplie en rajoutant des parenthèses si besoin

-  On soustrait en rajoutant des parenthèses si besoin

- Nombre mystère :  = x

1.4 ANNEXE D : EXTRAIT DU « LIVRET DES MISSIONS ACCOMPLIES »

Carte N°	Mission accomplie !
7	
8	
9	
10	
11	
12	

Carte N°	Mission accomplie !
13	
14	
15	
16	
17	
18	



Carte N°	Mission accomplie !
1	$(+15) + (-2) = 13$
2	$2x + 3x + (+2) + (-5)$ $= 5x + (-3)$ (ou $= 5x - 3$)
3	$(-11) - (+5)$ $= -16$
4	$4x + (-11) - 2x$ $= 2x + (-11)$ (ou $= 2x - 11$)
5	$5 \times (x + 6)$ $= 5x + 30$
6	$4 \times (x + 5) + 2 \times (2x - 10)$ $4x + 20 + 4x - 20$ $= 8x$

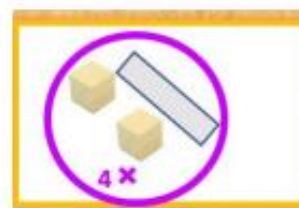
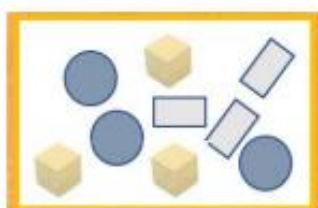
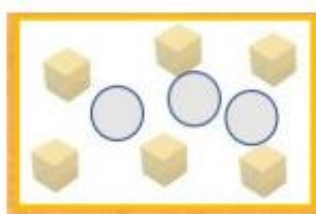
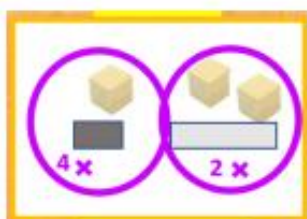
Carte N°	Mission accomplie !
7	$6x - 3$ $= 3 \times (2x - 1)$
8	$(-11) + (+7) = -4$
9	$4x + 2x + (-16) + (+5)$ $= 6x + (-11)$ (ou $= 6x - 11$)
10	$(+15) - (+1)$ $= +14$
11	$5x + 10 - 3x$ $= 2x + 10$
12	$3 \times (2x - 7)$ $= 6x - 21$

2 FICHE DE COURS DONNÉS EN CLASSE

2.1 ANNEXE E : ACTIVITE 4°A 21 NOVEMBRE (DECOUPES EN PETITS MORCEAUX)

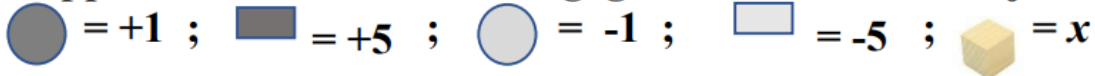
$5 \times (x + 6)$ =	$4 \times (2x + (-10))$ =	$4 \times (5 + x) + 2 \times (-10 + 2x)$ =
$3x + (-12)$ =	$4x + 10$ =	$6x + 3$ =

DEVELOPPER une expression littérale :	FACTORISER une expression littérale :
Définition : c'est « distribuer » un nombre qui multiplie une parenthèse, en multipliant chaque terme de la parenthèse.	Définition : c'est « rassembler » dans une parenthèse, les facteurs multipliés par un même nombre, appelé le <i>facteur commun</i> .
Avec les jetons :  Cela revient à compter le nombre de cubes et de jetons en « appliquant le cercle multiplicateur ».	Avec les jetons :  Cela revient à trouver le bon cercle multiplicateur pour regrouper les cubes et jetons à l'intérieur.


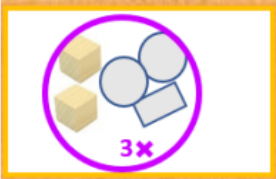



2.2 ANNEXE F : FICHE LEÇON 4°A 21 NOVEMBRE (INSTITUTIONNALISATION DES NOTIONS REDUIRE, DEVELOPPER ET FACTORISER)

Le Calcul littéral - Utilisation du jeu Le Livreur

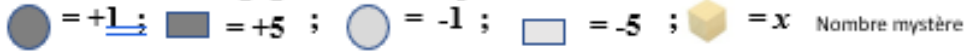







Rappel de la traduction en langage mathématiques du jeu :

 = +1 ; = +5 ; = -1 ; = -5 ; = x *Nombre mystère*

Dans le jeu *Le livreur* nous avons vu trois types de questions :

 <p>Traduction :</p>	 <p>Traduction :</p>	 <p>Traduction :</p>
<p>Définition de : réduire une expression littérale, c'est l'écrire sous la forme la plus simple possible, en rassemblant les termes de même nature.</p>	<p>Définition de : c'est « distribuer » un nombre qui multiplie une parenthèse, en multipliant chaque terme de la parenthèse.</p>	<p>Définition de : c'est « rassembler » dans une parenthèse, les facteurs multipliés par un même nombre, appelé le facteur commun.</p>

2.3 ANNEXE G : FICHE ACTIVITE/LEÇON 4^{°E} 10 NOVEMBRE

Le calcul littéral 4^{°E} Prénom :

<p>Traduction en langage mathématiques : </p>		
<p>Définition Réduire : réduire une expression littérale, c'est l'écrire sous la forme la plus simple possible, en rassemblant les termes de même nature.</p>		
<p>Regroupe les  dans un cercle multiplicateur, et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur</p> 	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Réduis :</u></p>
	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Réduis :</u></p>
<p><u>Réduis :</u> $3x - 6 + 4x + 10 =$</p>		
<p>Définition Développer : développer une expression littérale, c'est « distribuer » un nombre qui multiplie une parenthèse, en multipliant chaque terme de la parenthèse :</p>		
<p>Calcule pour enlever le cercle multiplicateur :</p> 	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Développe :</u></p>
<p><u>Dessine :</u></p>	<p>$2 \times (3x + 4)$</p>	<p><u>Développe :</u></p>
<p><u>Développe :</u> $5 \times (7 - 2x) =$</p>	<p><u>Développe :</u> $2 \times (x + 3) + 3 \times (-4 + 2x) =$</p>	
<p>Définition Factoriser : factoriser une expression littérale, c'est « rassembler » dans une parenthèse, les facteurs multipliés par un même nombre :</p>		
<p>Choisis un cercle multiplicateur et remplis-le de  et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle)</p> 	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Factorise :</u></p>
	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Factorise :</u></p>

2.4 ANNEXE H : INSTITUTIONNALISATION 4[°]E 22 NOVEMBRE

Exercice : Sous chaque dessin représentant des jetons et des cubes, traduire en langage mathématiques, en choisissant dans la liste d'expressions littérales, puis entourer la consigne que l'on pourrait vous poser entre développer ou factoriser :

$$5 \times (x + 6)$$

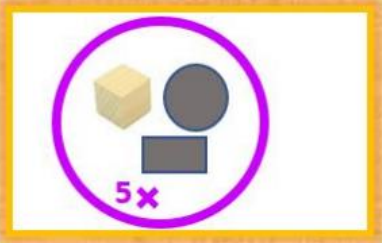
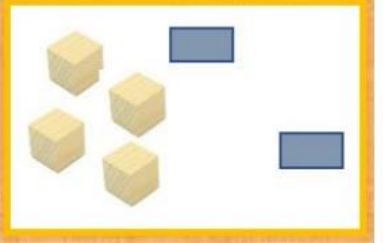
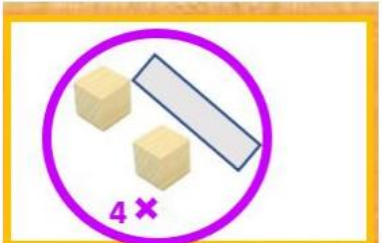
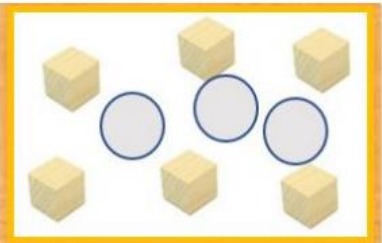

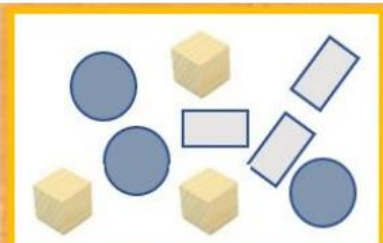
$$4 \times (2x + (-10))$$

$$3x + (-12)$$

$$6x + 3$$




$$4x + 10$$

$$4 \times (5 + x) + 2 \times (-10 + 2x)$$

		
<p>.....</p> <p>Développer ou Factoriser ?</p>	<p>.....</p> <p>Développer ou Factoriser ?</p>	<p>.....</p> <p>Développer ou Factoriser ?</p>
		
<p>.....</p> <p>Développer ou Factoriser ?</p>	<p>.....</p> <p>Développer ou Factoriser ?</p>	<p>.....</p> <p>Développer ou Factoriser ?</p>

2.5 ANNEXE I : COURS DES 3°D 10 NOVEMBRE ET COURS DES 3°F 9 NOVEMBRE

Le calcul littéral 3°D

<p>Traduction en langage mathématiques : Nombre mystère</p> <p> = <u>+1</u> ; = +5 ; = -1 ; = -5 ; = x ; = x² </p>		
<p>Définition Réduire : réduire une expression littérale, c'est l'écrire sous la forme la plus simple possible, en rassemblant les termes de même nature.</p>		
<p>Regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.</p> 	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Réduis :</u></p>
	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Réduis :</u></p>
<p><u>Réduis :</u> $6 \times 7x - 1 - 10x + 3 =$</p>	<p><u>Réduis :</u> $3x - (-2x + 4) =$</p>	<p><u>Réduis :</u> $4 \times (-5) \times x + 3x^2 - 2 + x^2 =$</p>
<p>Définition Développer : développer une expression littérale, c'est « distribuer » un nombre qui multiplie une parenthèse, en multipliant chaque terme de la parenthèse :</p>		
<p>Reproduis, puis calcule pour enlever le cercle multiplicateur :</p> 	<p><u>Traduis les données de départ :</u></p>	<p><u>Développe :</u></p>
<p><u>Dessine :</u></p>	<p>$2 \times (3x + 4)$</p>	<p><u>Développe :</u></p>
<p><u>Développe :</u> $5x(7 - 2x) =$ $-4x(x + 3) =$</p>	<p style="text-align: center;"> $2 \times \begin{array}{ c } \hline 4x + 1 \\ \hline \end{array}$ </p> <p><u>Calcule l'aire du rectangle et développe.</u> <u>Que vaut l'aire du rectangle lorsque x=5 ?</u></p>	

2.6 ANNEXE J : QUESTIONNAIRE

Classe de 4^oA Nom : Prénom :

Voici un petit questionnaire sur votre ressenti lors des cours que je vous ai donnés. Il suffit de cocher la bonne case :

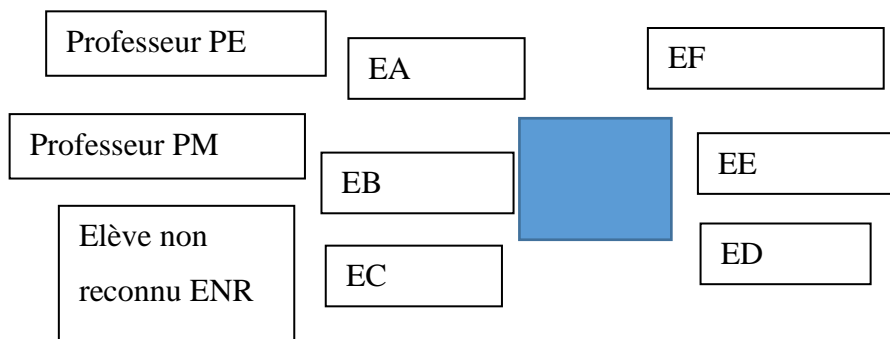
- 1) En cours de mathématiques, j'aime bien que l'on utilise un **JEU pour apprendre** :
 Pas du tout ; Un peu ; Moyennement ; Beaucoup
 - 2) Le fait **d'utiliser et toucher DES CUBES ET JETONS** m'ont aidé à répondre aux questions posées :
 Pas du tout ; Un peu ; Moyennement ; Beaucoup
 - 3) Les **DESSINS** de jetons et cubes m'ont aidé à comprendre ou faire les exercices sur le calcul littéral :
 Pas du tout ; Un peu ; Moyennement ; Beaucoup
 - 4) Je trouve que l'on devrait utiliser plus souvent du **MATERIEL A MANIPULER** pour comprendre les mathématiques :
 Non pas besoin ; peut-être un peu de temps en temps ; Oui régulièrement ;
 Pour chaque chapitre
 - 5) J'aurais pu comprendre ce chapitre sur le calcul littéral **SANS JETONS ET SANS DESSINS** :
 Non je n'aurais rien compris ; Un peu sans doute ; Je pense que j'aurais moyennement compris ; Oui je pense que j'aurais tout compris
-

3 CORPUS DES SEANCES FILMEES, TRANSCRITES ET CODEES

3.1 ANNEXE K : CODAGE DE 4A_DA_9NOV_F55

Codage de 4A_DA_9nov_f55 (Début d'activité ; 4°A ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 55)

Collège Taaoone – Pirae – Polynésie Française – 9 novembre 2022 – Elsa Birckel-Lespets anime le cours et transcrit la vidéo - Séance 4°A de 9h à 10h – durée 49min 50sec



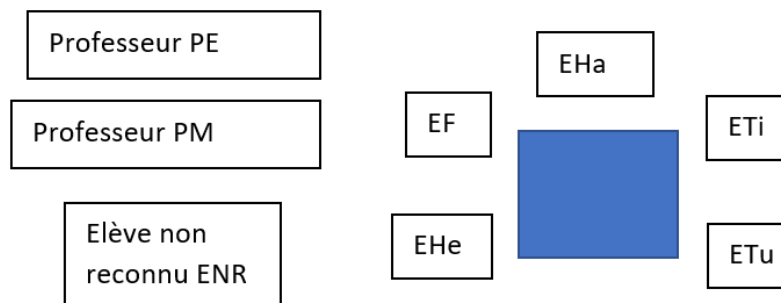
Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.DA.9n.f55.1	- 32 :55	EB	Réduis au max ta marchandise en une seule couleur	Tire une carte et la lit (carte n°29)	EcRe		MIn
		EB	Ça, ça et celui-là	Prend les jetons dans le bol pour refaire la carte			MoEn1 MoEn2 Molc1
		EC	Réduis au max ta marchandise en une seule couleur	Prend la carte mission et la relit			MIn ChCo

		EB	En une seule couleur	Prend des jetons du bol pour mettre dans la valise mission accomplie			MoEn1 MoEn2
4A.DA.9n.f55.2		ED		Vide la trousse de EC	Mono		Per
		EC	Attention ça colle, et ça ça colle pas				
4A.DA.9n.f55.3		EB		Regarde le livret des solutions puis le repose	EcEt		Mex
		EC	(inaudible)	replaces des jetons dans le bol en mettant des jetons de couleurs différentes mais de même forme ensemble		CaCo	MoEn1 MoEn2 Min Molc1 AbEm ChCo
				Recommence son geste pour montrer à EB			Min MoEn2 MoEn1 ChCo
		EC	Et voilà c'est bon, fastoche				Mex MIn
		EB	Et voilà, c'est fini !	Redéplace des jetons			MIn
4A.DA.9n.f55.4		EC		Prend le livret des solutions et le feuilleté	EcRe		Molc1 ChCo
		EA		Avance le pion d'une étoile			MEx
		EE	Numéro 29	Prend la carte mission			Molc1 MIn MEx
		EC	29 ... 29...	Trouve la ligne 29 du livret			Molc1
		EC	Et oui c'est juste ! c'est juuuste !	Avec le sourire, agite ses doigts pour montrer sa joie		CaCo	MEx MIn
4A.DA.9n.f55.5		EC	C'est à vous maintenant	Range ses pions dans le bol	EcTr		
		EC	C'est à vous , hé !				Per

		ED		Joue a se coller des papiers sur les doigts			Per
		EC	Tire une carte !		EcRe		
		EE		Tire une carte			MIn
		EC	Non ici	Montre le 1° paquet			
		EE		Prend une nouvelle carte			
4A.DA.9n.f55.6		PE	Vous avez compris comment ça marche ?	PE arrive	EcRe		
		EC	Oui on a fini				
		PE	Vous êtes déjà là ?	Montre le pion sur île de Moorea			
		PE	Non il faut avancer sur les étoiles	Déplace le pion			
			Vous avez fait une mission chacun ?				
		ENR	non				
			Vous vous avez gagné une pièce ?	Montre la carte des pièces			MEx
		EC	oui				
		PE	Oui ? très bien c'est parfait !				
4A.DA.9n.f55.7		EE		Reproduit les jetons de la carte n°22	EcEt		Molc1 MoEn1 Min
		PE		PE regarde EE puis s'en va			
		EE	Réduis au max ta marchandise d'une seule couleur	Lit la carte			ChCo
		EF	(inaudible)	Regarde la carte pour essayer de comprendre. Montre du doigt les jetons de la carte			Molc1 MoEn2 ChCo
		ED	(inaudible)	Rajoute un jeton manquant			MoEn1
		EE	(inaudible)	Montre du doigt les jetons pour vérifier			Molc1
		EE	Réduis au max ta marchandise d'une seule couleur	Essaye de comprendre			ChCo
	- 27 :55	EF	inaudible	Montre du doigt les jetons pour expliquer			MoEn1 ChCo

3.2 ANNEXE L : CODAGE DE 4A_DA_9NOV_F56

Codage de 4A_DA_9nov_f56 (Début d'activité ; 4^A ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 56)



Transcription de -33 :40 à -28 :40 : 5min

Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.DA.9n.f56.1	- 33 :40	PE	une équipe commence, les autres regardent, après c'est l'autre équipe. C'est vous qui commencez		Mono		
		EHe		pioche une carte et regarde, puis la montre à EF. Elle la repose et EHe en prend une autre (la carte n°23) .			MIn Molc1
		EF		choisit le bon cercle multiplicateur, prend les bon jetons.			MoEn1 MIn
		EHe	le grand...le petit carré... ça, ça... tu mets la marchandise là	s'adresse à EF	Mono		MoEn2 ChCo

				Elles vérifient si la marchandise correspond bien à la carte.			
		EF	fais voir le livret des solutions		Mono		Molc2 ChCo
4A.DA.9n.f56.2		EHe		déplace les cercles et pions sur la 2° valise, enlève les jetons			MoEn1
		EHe	Cercle multiplicateur... d'une seule couleur... le cercle multiplicateur il faut le changer en ça ...	lit la mission essaye de prendre le livret des solutions.	Mono		MoEn1 MIn ChCo
		ETi		retient EHe pour leur éviter de tricher en regardant le livret			MEx
4A.DA.9n.f56.3		PE	vous avez tiré votre première carte ? Attends ça c'est ... vous le regardez que quand t'as vraiment fini ta mission sinon ça sert à rien. C'est là votre truc ? elle est où la carte ? elle est là d'accord. Donc là du coup qu'est-ce que vous devez faire ?	arrive pour aider	EcRe		Molc3
		EF	là on fait ça	remet les jetons de départ, redéplace les jetons dans la 2° valise pour montrer à PE			ReCo
		PE	oui c'est bien. Ca veut dire que la valise ... ? ça doit être plus léger. Il faut que ça fasse le même dessin que là.	montre le livret	EcEt		Molc3
		EF	ça c'est la moitié				

		PE	donc ça c'est où ? Regardez ce que vous pouvez faire. Ça c'est combien ça ?	prend un jeton grand rectangle			MoEn3
		EHe	ça c'est deux comme ça	prend deux petits rectangles			MoEn2 MoEn1 ChCo
		PE	ça c'est deux comme ça				MoEn3 MIn
		EHe	on pourrait faire ça, et puis on enlève ça			ErCa	MoEn2 ChCo
		PE	non on ne peut enlever que quand c'est deux couleurs différentes. On vérifie sur le livret ? allez-y. C'est la carte combien ? Vous avez commencé par quel paquet ?	enlève deux petits rectangles de couleurs différentes.			MoEn3
4A.DA.9n.f56.4		EF	c'est faux c'est fois sept !	vérifie dans le livret	EcEt	ErCa	Molc1 ChCo
		PE	et oui regardez vous avez combien là ?	Montre les jetons			Molc3
		EF	ha oui				Molc1 MIn ChCo
		EHe	ha oui				Molc1 MIn ChCo
		PE	alors on va dire que c'est le début du jeu vous avez le droit à une erreur. Vous avancez d'un pion. Ça c'est le point de départ. Pour l'instant vous faites les cartes d'une pièce. Et vous remportez une pièce. Donc là vous êtes là.				
		EF		entoure une pièce sur la carte pièces			

4A.DA.9n.f56.5	- 30 :05	PE	à vous. Vous prenez une carte.	s'adresse à l'autre équipe	EcRe		
		ENR	n'importe quelle ?				MIn
		ETu		prend la même carte que les autres car elle l'avait reposé dessus.			
		PE	n'importe laquelle ça dépend où il est votre pion. Allez-y vous reproduisez ça là-dessus. C'est bon ?				
		ETu et ETi		reproduisent sur la valise de départ.			MoEn1 MIn
4A.DA.9n.f56.6		EF		prend leur carte et la repose sous le paquet car elle a vu que c'était la même. Puis il repose tout dans le bol.	EcRe		
		ENR	c'est vrai on est filmés ?			Per	
		EF	c'est la même ?	redonne une carte (carte n°16).			
		ETi	ouais mais on voit pas nos têtes.			Per	
		ETu		Recommence à prendre les jetons de la nouvelle carte.		MoEn1 Molc1 MIn	
4A.DA.9n.f56.7		ENR	C'est quoi ta mission ?		EcEt		MoEn2 MIn ChCo
		ETi	Mets le dedans. Pourquoi on a mis cinq ?			MoEn2 ChCo	
		EHe		Réexplique à ETi. Elle lui montre les cercles (les trucs)			Molc1 AbEm

	- 28 :15	EF	Montre-moi ta mission ? en fait tu as ...cinq ? tu dois... attends ... tu dois mettre un seul dans un seul Mais il va falloir...	EF explique à ETu en montrant la carte.			MoEn2 MIn ChCo AbEm
	- 28 :40	ETi		Reprend des jetons pour les mettre dans la valise de départ (8 en tout)			MoEn1 AbEm

3.3 ANNEXE M : CODAGE DE 4A_DE_9NOV_F55

Codage de 4A_De_9nov_f55 (Développements ; 4°A ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 5()) Transcription de -15 :11 à -12 :04 donc 3min7s

Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.De.9n.F55.1	- 15 :11	EB		Prend carte n°12	EcEt		Min
				Prend les jetons dessinés sur la carte			Min MoEn1
		EA	(inaudible)	Prend des cubes pour compléter			Min MoEn1 MoEn2
		EC	(inaudible)	Parle en montrant la carte			Molc1
	- 14 :41	EB	Calcule puis regroupe les cubes dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons	Lit la carte			
4A.De.9n.F55.2		EA	(inaudible)	Prend un cercle multiplicateur pour répondre à la mission	EcEt	DeCo	Min MoEn1 MoEn2

	EA	(inaudible)	Montre du doigt les jetons un à un pour compter quelque chose. Pose une question à EC		Min MoEn2 ChCo
	EA	Là y en a Un deux trois	Montre les cubes avec un doigt en comptant		MoEn2
	EC	Là y en a deux			MoEn2
- 14 :20	EA	Y en a six comme ça	Montre les cubes du doigt		MoEn2
	EC	Du coup c'est quatre cubes ?	Montre les cubes du doigt		ChCo MoEn2
	EA	Tu vois, ça y a fois deux en tout	Déplace les jetons rouges puis mime le cercle multiplicateur		MoEn1 MoEn2 ChCo
	EB		Montre du doigt chaque jetons		Min MoEn2
- 14 :01	EA	Deux quatre six, six comme ça et six comme ça	S'adresse à EC		MoEn2
	EA	Comme ça, comme ça, comma ça	Montre du doigt chaque jeton		MoEn2
	EA	Deux comme ça, du coup là ça fait six	Montre les cubes, puis prend un cercle multiplicateur		MoEn1 MoEn2 ChCo
	EB		Pose le cercle fois six		AbRe MoEn1
	EA		Pose le cube dans le cercle, puis jette le 2 ^E qui ne sert plus a rien	DeCo	MoEn1
	EA	(inaudible)	Réfléchis à voix haute		ChCo
	EB	(inaudible)	Pose une question		ChCo
	EB		Montre chaque jeton rouge		MoEn2

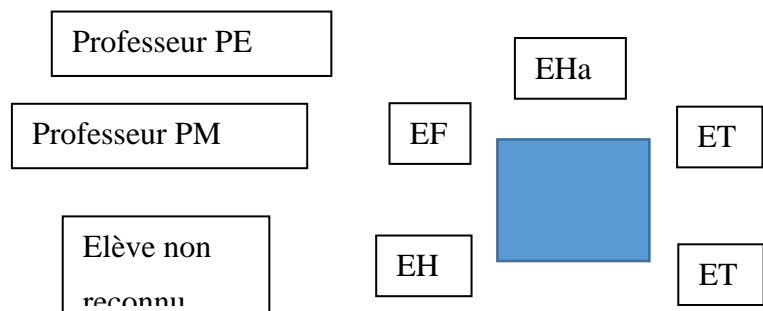
		EA		Acquiesce			
		EA	Bon dix				
4A.De.9n.F55.3	- 12 :58	EC	C'est quelle carte ?	Prend le livret des solutions	EcRe		Mex
		EC	Ha !	Cherche la solution. Montre la solution aux autres fais une grimace		DeCo ErCa	Molc1
		EA		Regarde le livret pour comprendre son erreur			Molc1 ChCo
		EA	Ça c'est bon pour ça mais ça je sais pas...	Montre les cubes corrects mais pas les jetons			MoEn2 ChCo
		EC		Cherche la prof dans la salle pour poser avoir une explication			MIn ChCo
		EB	(inaudible)	Prend des jetons rouges pour se corriger, cherche du regard la prof pour explication			Min MoEn1 MoEn2 ChCo
	- 12 :04	EC		Joue avec son voisin d'en face			Per

3.4 ANNEXE N : CODAGE DE 4A_DE_9NOV_F56

Codage de 4A_De_9nov_f56 (Développement 1 et 2 ; 4°A ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 56)

Collège Taaone – Pirae – Polynésie Française – 9 novembre 2022 – Elsa Birckel-Lespets anime le cours et transcrit la vidéo - Séance 4°A de 9H à 10h – durée 49min 50sec

Transcription de -6 :57 à -4 :36 ; durée : 2min21s



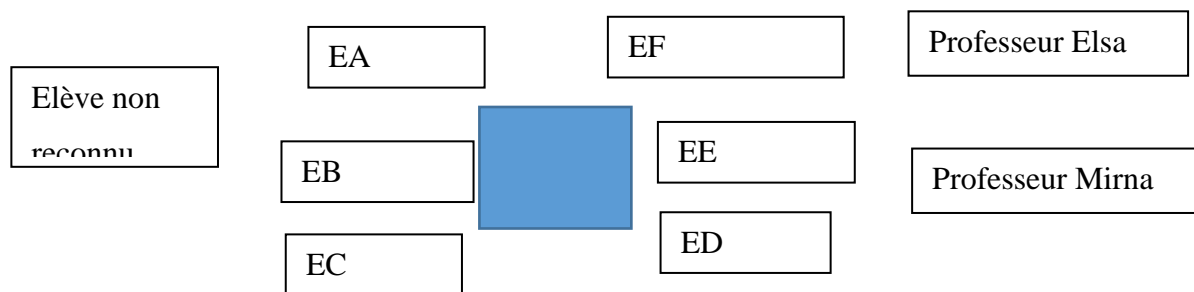
Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.De.9n.f56.1	-6 :57	EFe	on va faire trois points là	tire une nouvelle carte du paquet trois pièces (carte n°19), puis donne le livret de solutions à ETu sans le regarder	Mono		MEx
		EHe	je le connais... il est à la chapelle à Papeno, il habite sur le plateau de Papeno		EcTr		Per
		EFe		pose les jetons de la carte sur sa valise puis lis la mission	EcEt		MoEn1

4A.De.9n.f56.2		EFe	calcule pour enlever les cercles multiplicateurs	met deux ronds orange et enlève le petit rectangle			Molc1 MoEn2 MoEn1
		EHe	combien de cubes ?				MIn ChCo
		EFe		reprend deux rectangles oranges		CaCo	MoEn1 ChCo AbRe
		EHe	deux fois quatre, deux quatre six				MoEn2 ChCo
		EFe	huit, on met qu'un cercle				MoEn2 ChCo AbRe
		ETu	les oranges c'est fois deux				MoEn2
4A.De.9n.f56.3		ETu	c'est faux				
		ETu	tu doubles ta mise ? c'est juste			DeCo	Molc1 MEx
		EHe	allez ! on avance notre pion, ça fait trois points !				MEx
4A.De.9n.f56.4	-4 :36	ETu	c'est numéro cinq !	prend une nouvelle carte (n°5) donne le feutre à EHe et cherche le bon cercle	EcTr		MIn
		EHe	(inaudible)	lui parler d'autre chose	EcTr		
		EHa		joue à empiler les cubes			
		ETu		joue avec sa carte et écoute			

3.5 ANNEXE O : CODAGE DE 4A_FA_10NOV_F56

Codage de 4A_Fa_10nov_f56 (Factorisation (début d'activité) ; 4°A ; 10 novembre ; groupe filmé par farenati 56)

Il s'agit aussi du début d'activité de -44 :13 jusqu'à -34 :13 (10minutes) . Equipe 1: EA ; EB ; EC ; Equipe 2 : ED ; EE ; EF



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.Fa.10.f56.1	- 44 :13	EB		Prend carte n°35 (factoriser)			
		EB		Prend le livret de solutions			MEx
4A.Fa.10.f56.2		ED		Prend carte N°28 (factoriser)	EcEt		MIn
		ED		Prend vite les jetons			MIn
		EE		Dessine cercle, puis l'efface et prend carte cercle multiplicateur			Molc2 MoEn1
	- 43 :28	EE	Calcule, puis choisis un cercle nouveau multiplicateur et remplis-le de cubes et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle)	Lit la mission			ChCo
	- 43 :27	EF	Il faut doubler la mise là				MEx
		EE		Prend le feutre pour traduire			MoSy1

							AbEm ChCo	
	- 42 :02	EE		Montre du doigt les dessins de la carte			Molc1 ChCo	
4A.Fa.10.f56.3		EC	Calcule, puis choisis un cercle nouveau multiplicateur et remplis-le de cubes et de jetons d'une seule couleur (le moins possible, tout dans le cercle)	Lit la carte	EcTr		ChCo	
4A.Fa.10.f56.4		EE	Ça et ça 20, et ça 8		EcEt	ErCa CaCo	Molc1	
		EE		Traduit avec son feutre sur la valise de départ			MoSy1 ChCo AbRe	
		EE	Ça huit	Efface			ChCo	
		ED	Ça c'est dix, ça c'est dix, ça c'est cinq et ça c'est un	Montre les dessins,			Molc1 ChCo	
		EF		Efface bien avec une brosse				
4A.Fa.10.f56.5	- 41 :48	EC	Ça c'est , un deux trois	Prend un cercle, Place les jetons et les cubes dedans	EcEt	FaCo	MoEn1 MoEn2 ChCo AbRe	
		EC		Ouvre le livret des solutions			MEx ChCo	
		EB	Tcho ! t'as réussi !				FaPa	MIn
		EC		Danse de joie			MEx	
	- 41 :40	EC	Et maintenant faut doubler la mise !				MEx	
4A.Fa.10.f56.6		EE	Grand rectangle ça fait dix, et les petits c'est cinq	Mime les grands et petits rectangles	EcEt		MoEn2 ChCo	
		EC		Prend le livret pour voir la solution des autres		MEx		
	- 41 :25	EE	Non il faut pas regarder !					

		EE	Il faut mettre... (inaudible)	Reforme les jetons selon la carte			Molc1 Molc2 ChCo
		EE		Prend la carte de traduction			MoSy1 ChCo
4A.Fa.10.f56.7		EC	Et nous aussi il faut qu'on en fasse	Pioche une nouvelle carte mission	EcTr		Min MEx
4A.Fa.10.f56.8		EE	Ça et ça ça fait 20 et ça ça fait huit		EcRe	ErCa	MoEn2 ChCo
		ED	On va faire 20 et huit				MoEn2
4A.Fa.10.f56.9		EC		Regarde le livret solutions écrites, efface ce qui avait été écrit			MoSy1 ChCo
4A.Fa.10.f56.10		EE	(inaudible)	Prend le feutre pour traduire par écrit	EcTr		MoSy1 AbRe
4A.Fa.10.f56.11 Fin début activité	- 39 :50	EC	Ha non ça c'est le x... alors ça fait... trois fois x	Vole le feutre de EE	Mono		MoSy1 ChCo
		EC	Trois fois x plus x plus x plus 15 égal 5 fois (x + 3)	Ecrit ce qu'il dit		FaCo	MoSy2 AbRe ChCo
	- 39 :05	EC	Hou ! hou !	Regarde la solution dans le livret, danse de joie		FaPa ReCo	MEx ChCo
		EA	On a doublé la mise, ça fait six !		EcTr	MEx	
4A.Fa.10.f56.12		EC		Efface ce qu'il a écrit			
		EC		Range les jetons			
	- 38 :31	EA	Numéro 21	Tire une nouvelle carte 21 (factoriser)			MIn
4A.Fa.10.f56.13	- 38 :26	EE		Prend le livret	EcEt		
		EF	Ça ça fait deux !	Montre les cubes			MoEn2 MoEn1

		EE		Ecrit la traduction dans la valise de départ			MoSy1 AbEm
		ED	C'est pas un plus ? ça c'est plus	Montre l'écriture			ChCo
		EE		Efface, puis réécrit			MoSy1
4A.Fa.10.f56.14		EB		Sort les jetons pour refaire la carte			MoEn1 MIn
		EA		Aide à mettre les jetons			MoEn1 MIn
		EC	Mais ! t'arrête de regarder dedans !	Prend le livret des mains de ED			MEx
		EA	Hé madame ! on peut mettre tous les jetons dedans ?	En parlant du cercle et mettant les jetons et cubes dans le cercle	EcRe		MIn ChCo
		PM	Oui mais ça veut dire que tu en enlèves, tu enlèves des jetons				MoEn3
4A.Fa.10.f56.15	- 37 :21	EC		Prend le livret pour regarder les solutions pour comprendre et tricher	Mono		MEx
		EC	Attends... un deux trois quatre et un	Pose le livret et prend un cercle pour factoriser, puis reproduit la solution		FaCo FaPa	MEx MoEn1 MoEn2 ChCo
		EC		Reprend le livret pour vérifier et comprendre			MIn ChCo
4A.Fa.10.f56.16	- 36 :21	EB	Double la mise !	Ferme le livret que EC veut réouvrir	EcRe		MEx
		EC	Attends-tends-tends !	Prend le feutre et traduit, efface, recommence			MIn MoSy1 ChCo
4A.Fa.10.f56.17		PM		Montre les jetons à EE	EcRe		MoEn3
		EE		Enlève deux jetons même forme couleurs contraires		CaCo	MoEn1 AbEm

		PM	Tu peux pas...(inaudible) ?	Pose un petit rectangle sur un grand			MoEn3
4A.Fa.10.f56.18	- 37 :06	EA		Echange des jetons puis enlève		CaCo	MoEn1 AbRe
4A.Fa.10.f56.19		PM	Combien ça fait de jaunes ?		EcEt		MoEn3
		ED	Ça fait trois			ErCa	ChCo
		PM	non				
		ED	Dix, quinze seize			CaCo	ChCo
		PM	Les cubes y en a deux Ça fait combien de cubes là ?	Enlève le cercle			MoEn3
		EE ED	Ça fait quatre			ReCo	MoEn2 ChCo ChCo
		PM	On prend le cercle fois quatre, on met un cube, et on met combien de jetons ?				MoEn3
		ED	Deux !			ErFa	MoEn2 ChCo
		PM	Quatre fois deux ça fait huit				MoEn3
		- 36 :01	ED	Quatre !		Met les quatre jetons jaunes dans le cercle	FaCo
4A.Fa.10.f56.20		EE	Maintenant faut regarder dans ça	Prend le livret des solutions partie traduction	EcRe		MEx MIn ChCo
		EE	Ha du coup t'avais raison !				MEx
		ED		Regarde partie jetons, c'est juste elle range les jetons		FaCo FaPa	MIn
4A.Fa.10.f56.21	- 34 :26	EE		Prend une nouvelle carte			MIn
4A.Fa.10.f56.22	- 34 :23	PM	C'est juste ce que vous avez fait là !	A EC	EcRe		MoEn3
		EC	Non ça on a fait nous même				MEx

	- 34 :13	PM	Ça ça veut dire quoi ?	Prend le feutre, montre valise mission accomplie. Ecrit la solution			MoSy3
--	-------------	----	------------------------	---	--	--	-------

3.6 ANNEXE P : CODAGE DE 4A_DeFa_21NOV_f55

Activité différencier factoriser et développer selon la question 4A_DeFa_21nov_f55

Les groupes doivent répertorier en deux catégories plusieurs exemples de question correspondant à développer ou factoriser

Durée : 9min47s

Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.DeFa.21n.f55.1	- 32 :05	PE	Maintenant je vais vous distribuer des papiers pour voir ce que vous avez retenu, je vais vous distribuer des petits papiers, ok ? et vous allez faire des catégories		EcRe		
		PE	Alors écoutez, écoutez la consigne. Je vais vous distribuer des petites étiquettes. Ecoutez bien la consigne. Vous allez me faire deux catégories. D'un côté vous allez me faire une catégorie qui correspond à développer, et de l'autre une catégorie qui correspond à factoriser.				MoEn3

		PE	Je redis il faut faire deux paquets. Le premier paquet c'est ?				
		ENR	C'est réduire				
		PE	Non, réduire on s'en fiche. Développer ! développer d'un côté et ... ?				MoEn3
		ENR	Factoriser				
		PE	Et factoriser d'un autre côté. C'est bon pour vous ?				MoEn3
			PE	Allez je vous distribue les petits papiers			
4A.DeFa.21n.f55.2	- 30 :51	PE	Deux catégories !	Papiers distribués au groupe f55			
		EE		Etale les papiers pour tous les voir (soit des dessins, soit du calcul littéral, soient les mots factoriser et développer, soient les définitions correspondant à développer ou factoriser)	EcTr		MoEn3 MIn
		EC	(inaudible)	Prend des papiers vers lui pour les lire			MoEn1 MoEn2 MIn ChCo
		EE	(inaudible)	Prend des papiers dans ses mains			MoEn1 MIn ChCo
	EC		A fait deux colonnes avec d'un côté le titre factoriser, et de l'autre développer	EcRe			MoEn1 AbEm MIn
	EC	Et il est où réduire ?				ChCo	
	ED	Y a pas !					
	PE	Y a pas réduire, y a que développer et factoriser					

4A.DeFa.21n.f55.4		EC	(inaudible)	Trois papiers avec jetons dans chaque colonne, mais pas de calcul littéral encore	EcRe		Molc1 AbEm MIn
		EC	(inaudible)	Enlève une étiquette avec un dessin pour développer, la colonne factoriser est correcte			Molc1 AbEm MIn
	-29:15			La 2° colonne développer est correcte		DeCo DeCo DeCo	AbEm
4A.DeFa.21n.f55.5		EB		Essaye de placer une étiquette calcul littéral	EcEt		MoSy1 ChCo
		EC	(inaudible)	Prend des nouvelles étiquettes calcul littéral			MoSy1 MoEn1 MIn ChCo
		EE	Et ça, est-ce que ça va là ?	Pousse un papier			MoSy1 MoEn2 ChCo
	-28:33	EE		Pousse le papier dans la colonne factoriser		FaCo	MoEn1
4A.DeFa.21n.f55.6		ED	Du coup ! alors...	Regarde un papier de EC	EcEt		ChCo
		EC	Six x plus trois				MoSy2
		ED	Six x plus trois. Et ça ? quatre fois parenthèse deux x plus parenthèse moins dix parenthèse				MoSy1 AbRe ChCo MIn
		EC		Les papiers commencent à être regroupés entre dessins et écriture, trois paires en tout		FaCo FaCo FaCo	AbEm AbEm AbEm

4A.DeFa.21n.f55.7	- 27 :23	EC	Bon allez on montre tout ça		EcRe		MEx
		ED	Ça ça doit être ça alors ?				ChCo
	- 26 :44	EC	Ça y est on a fini !				MEx
		ED	Madame on a fini				MEx
4A.DeFa.21n.f55.8		PE	Vous avez fini ? ça c'est développer ? là vous pensez qu'on va vous demander de développer c'est ça ?		EcRe		MoEn3
		ED	Ouais				MIn
		PE	Là vous les avez mis ensemble c'est ça ? oui c'est bien vous avez déjà fait la deuxième étape c'est bien ! on va voir si c'est juste				MoEn3
4A.DeFa.21n.f55.9		PE	Ça c'est ... ?		EcEt		
		EC		Echange deux définitions entre développer et factoriser		ErDe	MoEn1 AbEm
		PE	Euh...				
		EC		Redéplace à nouveau les papiers		ErFa	MoEn1
		PE	Ah oui là c'est mieux, là je suis plus d'accord. Et avec les jetons ?				Molc3
		EC	Là c'est juste !				Molc1 MIn
4A.DeFa.21n.f55.10		PE	Développer, cela revient à trouver le bon cercle multiplicateur pour regrouper les cubes et jetons à l'intérieur ? non ! cela à revient à compter le nombre de cubes et de jetons ?			ErDe	Molc3
		EC	ouais	Echange les papiers			MoEn1
4A.DeFa.21n.f55.11		PE	Ah oui là je suis plus d'accord, ok		EcTr		
		PE	Alors, celui-là avec celui-là, développer , celui-là avec celui-là, développer, celui-là avec celui-là, développer			DeCo DeCo DeCo	MoEn3

		PE	Celui-là avec celui-là factoriser, Celui-là avec celui-là factoriser, Celui-là avec celui-là factoriser, c'est bien ! bravo !			FaCo FaCo FaCo	MoEn3
		EC	Bravo !				MEx
4A.DeFa.21n.f55.12		PE	Alors dites-moi, c'est qui le cerveau de l'équipe ?		EcRe		
		EE et EF	C'est lui !	Montrent du doigt EC			
		ED	On a fait ensemble				MEx
		PE	Tu travailles toi d'habitude !				
		ED	Oui on a fait ensemble				MIn
4A.DeFa.21n.f55.13	- 22 :18	PE	Alors écoutez-moi, je vais vous distribuer des petites feuilles, et ça vous allez le déplacer au milieu sans changer l'ordre		EcTr		

3.7 ANNEXE Q : CODAGE DE 4A_DE_21NOV_F55

Codage de 4A_De_21nov_f55 (Développement ; 4°A ; 21 novembre ; groupe filmé par farenati 55)

Il s'agit du début de cours sur le développement, notamment la traduction des dessins en langage mathématiques et vocabulaire (sera suivi de l'activité de différenciation avec les papiers, puis de la résolution des questions sur le cahier) . Equipe 1: EA ; EB ; EC ; Equipe 2 : ED ; EE ; EF

Durée : 3 minutes



EC

ED

Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.De.21n.f55.1	- 38 :44	PE	Le deuxième type de questions ! attention on se concentre sur le deuxième dessin ?	2° dessin de la feuille leçon projetée au tableau	EcRe		
		EC	Ha madame c'est moi qui fais !				MEx MIn
4A.De.21n.f55.2		PE	Deuxième dessin, deuxième question on avait cette fois-ci, on avait cette fois-ci un cercle? comment il s'appelle ce deuxième cercle ? ...		EcEt		Molc3
		ENR	(inaudible)				Molc1 MIn
		PE	Oui cercle multiplicateur, c'est-à-dire que tout ce qui est à l'intérieur ... ?				
		PE	On le multiplie, on le multiplie ici par ?				Molc3
		ENR	trois				ChCo MIn
		PE	Trois. D'accord ? donc on vous demandait combien, de compter combien il y avait de ...				Molc3
		EC	De cubes !				MIn Molc1 AbEm
		PE	De cubes ! et combien il y avait de ... ?				Molc3
		EC	De ronds et de rectangles !				Molc1 MIn ChCo AbEm MEx

4A.De.21n.f55.3		PE	De jetons ! d'abord on va traduire avant de compter. Combien ça fait ça ?		EcEt		MoSy3	
		EC	deux fois x !				MoSy1	
		PE	Trois				MoSy3	
		EC	Trois fois x				MoSy1 MIn	
4A.De.21n.f55.4	- 38 :00	PE	Que représente le cercle en langage mathématique ?					MoSy3
		ENR	Parenthèse					MoSy1
		PE	Parenthèse ! et combien on met de cubes ?	Montre les cubes				Molc3
		EC	Trois ! deux deux deux					Molc1
		PE	Et là ça ça fait combien ça ?	Montre les jetons				Molc3
		EC	Moins un moins un ! moins trois !				ErCa	MoSy1
		PE	Ça c'est moins cinq, ça c'est...				MoSy3	
		EC	Moins sept !			CaCo	MoSy1 AbEm MIn	
		PE	Oui ! moins sept !				MoSy3	
	EC	Houou !	Manifeste de la joie			MEx		
4A.De.21n.f55.5	- 37 :26	PE	Egal. Maintenant on va compter combien ça fait de cubes				Molc3	
		EC	Ça fait trois				Molc1	
		ENR	Six !				Molc1 AbEm MIn	
		EC	Mais non ! ... six !				Molc1	
		PE	Combien j'ai de cubes ?				Molc3	
		EC	Six ! six !				Molc1	
4A.De.21n.f55.6		PE	Ça fait six ! on maintenant on compte combien on a de jetons		EcEt	ReCo	Molc3	
		EC	Vingt et un ! vingt et un !			ErCa	Molc1 MIn	

		PE	Alors attention il y a du gris foncé, et si c'est en gris foncé, c'est... ?				Molc3
		EC	Trois fois sept				MoSy2
		PE	Si c'est dans les gris foncé c'est ... ?				Molc3
		ENR	Négatif				Molc1
		PE	Négatif !				
		EC	Ha oui, trois fois moins sept !			CaCo	Molc1 MIn
		PE	Vous imaginez je multiplie par trois ... ?				MoSy3
		ENR	Moins vingt et un !			DeCo	MoSy1 AbEm
4A.De.21n.f55.7		EC	Et j'ai dit !			EcRe	MEx
		ED		Compte sur ses doigt pour comprendre moins vingt et un			MoEn1
	- 36 :47	PE	Haaa ! t'avais dit moins vingt et un je l'avais pas entendu				
			Moins vingt et un, moins vingt et un				MIn AbEm
4A.De.21n.f55.8	- 36 :35	PE	Maintenant écoutez bien, écoutez bien ! chuuut Ce qu'on vient de faire là ça porte un nom, écoutez bien... il faut retenir ce nom !			EcEt	
		EC	Réduction !				ChCo
		PE	Ça commence par un d, ça s'appelle ...				
		ENR	Déduction !				
		EC	Développement			DeCo	MIn AbEm
		ENR	Hahaha !	rires			MIn
		PE	Dé-ve-lo-per, C'était ça mais le verbe				
		PE	On redit ça s'appelle ?				
		EC	Développer				AbEm

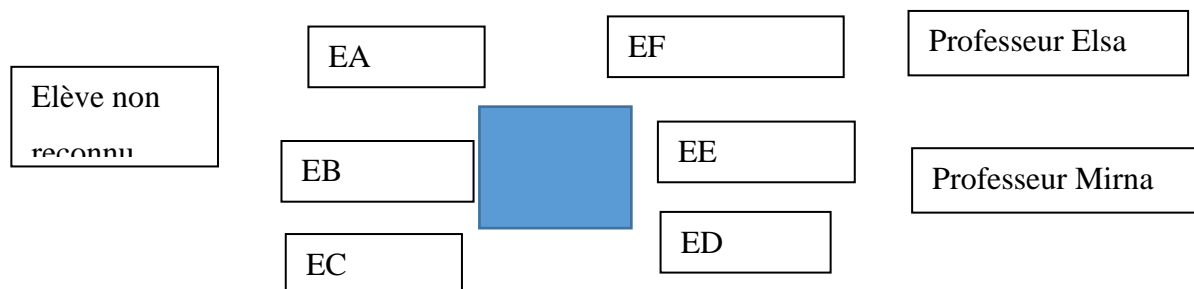
	- 36 :00	PE	Dé-ve-lo-pper, ok c'est bon pour vous ?	Ecrit au tableau le mot			
4A.De.21n.f55.9		PE	C'est quoi développer ?		EcEt		
		EA	Augmenter				ChCo
		ENR	Mais non ! hahaha !				
		EC	Ça développe				
		PE	Ça distribue, la multiplication distribue les nombres. C'est bon pour vous développer ?				
	- 35 :44	EC	Développer ça développe ! hahaha !	Se moque de lui-même			

3.8 ANNEXE R : CODAGE DE 4A_FA_21NOV_F55

Codage de 4A_Fa_21nov_f55 (Factorisation ; 4^A ; 21 novembre ; groupe filmé par farenati 55)

Il s'agit aussi du début de cours sur la factorisation après le développement, notamment la traduction des dessins en langage mathématiques et vocabulaire (suivi de l'activité avec les papiers, puis de la résolution des questions en langage mathématique)

Transcription de -35 :42 à -32 :08 ; durée : 3 min 34 s



Equipe 1: EA ; EB ; EC ; Equipe 2 : ED ; EE ; EF

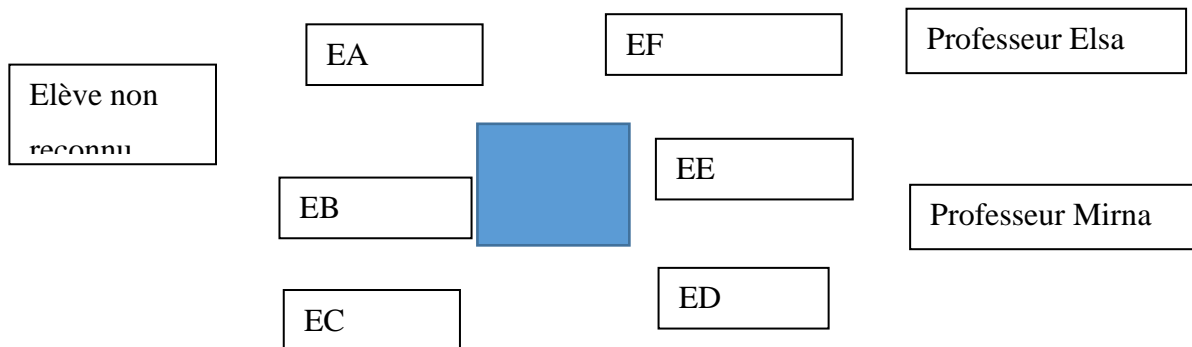
Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.Fa.21n.f55.1	- 35 :42	PE	Attention troisième type de question, vous êtes prêts ? là y avait pas de cercle. Vous voyez le dernier, il y a des choses qui se répètent.		EcRe		Molc3
		ENR	On peut mettre dans le rond là			FaPa	MIn
		PE	Oui ! on va mettre dans un cercle, vous allez choisir un cercle multiplicateur pour qu'il y ait moins de cubes et de jetons				Molc3
4A.Fa.21n.f55.2		PE	S'il vous plait je vais vous faire faire des choses juste après, vous inquiétez pas vous allez travailler, mais d'abord on travaille à l'oral, ok ? je compte sur vous	Frappe des mains pour avoir le silence	EcTr		

4A.Fa.21n.f55.3		PE	Dites-moi, avant de rassembler dans un cercle, dites-moi comment je traduis ce qu'il y a là ? comment je traduis ? il y a combien de cubes mystères ?		EcEt		Molc3
		ENR	quatre				ChCo Molc1
		PE	Comment je l'écris ?				MoSy3
		EC	Quatre plus x !			ErRe	MoSy1
		EE	Quatre fois x, quatre fois x !			ReCo	MEx MoSy1
4A.Fa.21n.f55.4		PE	Très bien ! et pour les jetons ?				Molc3
		EC	Dix ! moins dix !				MEx MoSy1
		PE	Et avec ça ?				Molc3
		EC	Douze !				MEx MoSy1
		PE	Plus ou moins ?				MoSy3
		EC	Moins douze !		CaCo	MIn MoSy2	
4A.Fa.21n.f55.5	- 34 :17	PE	Et là écoutez bien car c'est un peu compliqué. Y a une élève qui a déjà trouvé. Tu le dis pas d'accord ? Il faut trouver le bon cercle multiplicateur, s'il te plaît ! il faut trouver le bon cercle multiplicateur pour montrer les petits paquets que l'on peut faire, pour rassembler tout ça.		EcEt		Molc3
		PE	Qu'est-ce qui se répète ? toi au fond				Molc3
		ENR	Fois deux			FaCo	ChCo MIn Molc2
		PE	Fois deux très bien. Et si je prends fois deux, qu'est-ce que j'écris dedans ? on met quoi comme jetons ?				Molc3
		EC	Deux cubes, un triangle et un rond			ChCo	

							Molc2
		ENR	C'est pas un triangle c'est un rectangle				
		EC	C'est pareil. Deux cubes, un rond, un rectangle			FaPa	AbRe Molc2
		PE	Vas-y, deux cubes ? un rectangle ? et un rond	Vers un ENR			Molc3
4A.Fa.21n.f55.6	- 33 :12	PE	Ça fait comment quand on traduit ça, ça fait ?		EcEt		MoSy3
		EC	Ça fait onze, ça fait six !			MoSy1	
		PE	Et comment je représente le cercle ? Comment je représente le cercle, avec des... ?			MoSy3	
		ENR	Parenthèses			MIn ChCo MoSy2	
		PE	Parenthèses. Et qu'est-ce que je mets dans la parenthèse ? je mets...			MoSy3	
		EC	Quatre fois x			ErFa	MoSy1
		PE	Et non justement, dans la parenthèse ? deux x, Deux x plus ... ?			MoSy3	
		EC	Deux x plus moins six !			FaPa	MIn MoSy2
	- 32 :25	PE	Deux x plus moins six, bien ! alors attention silence total, silence total ! chut			MoSy3	
4A.Fa.21n.f55.7		EC	Silence total		EcRe		
		PE	Ce qu'on vient de faire, ça s'appelle, c'est-à-dire trouver le bon cercle multiplicateur pour remplir dedans, ça s'appelle ?				
		ENR	Factoriser			AbEm	
		PE	Factoriser, c'est bien ! ça s'appelle fac-to-ri-ser.	Ecrit au tableau			
	- 32 :08	PE	Alors on redit les trois mots de vocabulaire qu'on a vu				
	EC	Développer ! et factoriser ! Développer ! et factoriser !		AbEm MIn			

3.9 ANNEXE S : CODAGE DE 4A_FaDeRes_21NOV_f55

Codage de 4A_FaDeRes_21nov_f55 (Factorisation et Développement résolution des questions ; 4°A ; 21 novembre ; groupe filmé par farenati 55) . **Durée : 5min30s**



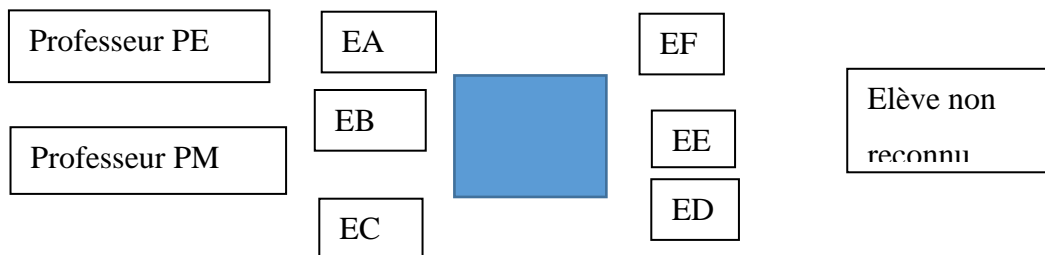
Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.FaDeRes.21n.f55.1	-13 :10	PE	Sur votre cahier vous allez reprendre les questions de l'exercice où vous aviez les petites cartes à déplacer et là où vous avez mis dans la catégorie développer vous allez le développer, et là où vous mis dans la catégorie factoriser vous allez factoriser		EcEt		
	-10 :20	ED	Qu'est-ce qu'il faut faire au fait ? madame ?				ChCo
		PE	Alors on doit faire quoi ?				
		EC	Développer !				MIn AbEm

		PE	Ça veut dire quoi développer ?				
		EC	Ça veut dire distribuer				
		PE	Oui c'est ça, il faut compter combien il y en a. Vous pouvez vous aider des dessins, ça vous aide ou pas les dessins ?				
		EC et ED	Ouais				MoIc1
4A.FaDeRes.21n.f55.2	-9 :11	PE	Ok alors je les laisse à côté. Allez-y vous développer celui-là. Après vous en prenez un autre et vous le faites. Allez, allez-y, t'as compris comment on faisait ou pas ?		EcRe		MoIc3
		EC	Bon c'est moi qui fait alors ?				MIn
		ED	Oui c'est toi qui a dit qui ferai				
4A.FaDeRes.21n.f55.3	- 7 :51	EC	Alors...	Ecrit mais invisible	EcRe		MoSy1
		PE	Fini ? ici c'est le moins... quatre fois deux	4*(2x – 10), s'aide de la fiche avec dessins et avec chiffres			MoSy3 MoIc3
		ED	huit				
	-7 :40	EC		N'a rien écrit. Fin du cours.			

3.10 ANNEXE T : CODAGE DE 4A_FaDe_21NOV_F56

Codage de 4A_FaDe_21nov_f56 (Factorisation et développement ; 4°A ; 21 novembre ; groupe filmé par farenati 56)

Les groupes doivent répertorier en deux catégories plusieurs exemples de question correspondant à développer ou factoriser. Durée : 11minutes ; Différenciation de la factorisation et du développement avec les papiers, et la traduction des dessins en langage mathématiques et vocabulaire



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.FaDe.21n.f56.1	-30 :31	PE	Voici les papiers, vous les tournez tous, vous faites deux paquets, d'un côté tout ce qui correspond à factoriser, d'un côté tout ce qui correspond à développer. D'accord ? sachant que vous allez essayer de deviner la consigne qu'on va vous donner sur les questions.	Mélange les papiers	Mono		
			Par exemple, ça c'est développer ou factoriser ? dans ce cas vous le mettez dans le paquet développer ou factoriser. Ça marche pour vous ?	Prend un papier avec un calcul à résoudre, s'en va sans attendre de réponse	EcTr		MoSy3

4A.FaDe.21n.f56.2		EB		Prend et lit les papiers pour commencer à classer.			ChCo MoEn1
		EC		Aide EB à classer			ChCo MoEn1
	-29 :32	EC		Lit une définition	Mono		MIn AbEm
		EA		A son sac devant elle, elle ne peut pas voir les papiers, discute avec les autres			Per
		EF		Discute avec EA et EE en souriant mais ne regarde pas les papiers			Per
		ED		Déballe une sucette, ne regarde pas les papiers			Per
4A.FaDe.21n.f56.3		EB		Tape la main de EC pour prendre un papier et le changer de place, montre un emplacement			
		EE		Déplace une définition			AbEm
		EE		Donne deux papiers à EF qui ne travaille pas			MEx
		EC		Donne un coup de coude à EB			Per
		EB	Travaille là !	Se défend, montre du doigt les papiers	EcTr		MEx
4A.FaDe.21n.f56.4	-28 :32	ED	Hé madame !		EcRe		
		PM	oui				
		ED	(inaudible)	Parle à PM			
4A.FaDe.21n.f56.5		EC		Caresse le bras de EB avec un papier			Per

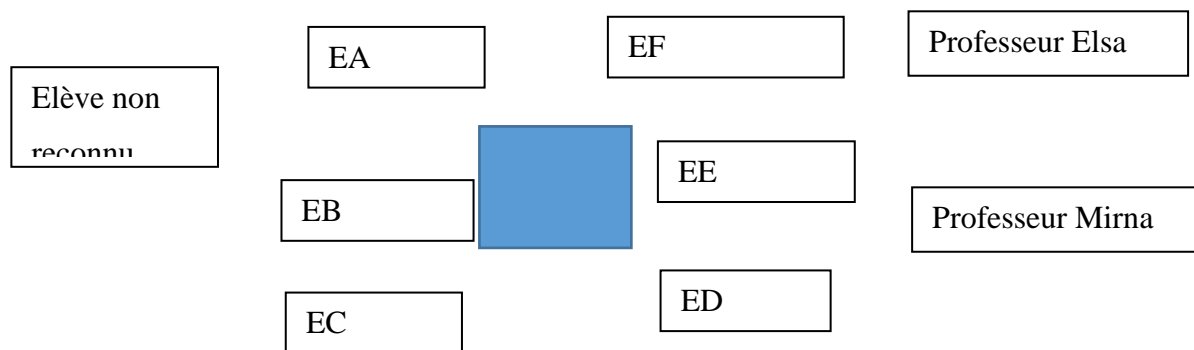
		EB		Tente de récupérer le papier de EC qui le garde dans sa main (pendant 30 sec)			Per	
		EF		Joue avec une barrette à cheveux			Per	
4A.FaDe.21n.f56.6	-27 :57	EF		Prend les deux papiers qu'on lui a donné			ChCo	
		EC	Pousse-toi là !	D'adresse à EB. Essaie de relire pour voir les classements			ChCo MIn AbEm	
4A.FaDe.21n.f56.7	-27 :33	PE	Alors vous arrivez à faire les deux catégories ?	Arrive pour vérifier le travail	EcEt			
		EC	Ouais					
		PE	Là, développer c'est rassembler ?	Montre du doigt un papier			ErDe	
		EC		Echange deux papiers			DeCo	AbEm
		PE	Ensuite, vos papiers là ?					
		EC		Prend les papiers à gauche pour les déplacer sous une définition				
4A.FaDe.21n.f56.8		PE	Est-ce qu'on vous demande plutôt de factoriser ou de développer ? qu'est-ce qu'on va vous demander de faire ?	Prend un papier avec chiffres				
		EC	Factoriser			FaCo	ChCo AbEm	
		PE	Les autres est-ce que vous êtes d'accord ? pourquoi ?	Montre le papier à tout le groupe				
		EC	Parce qu'il n'y a pas les parenthèses					
		PE	Parce qu'il n'y a pas les parenthèses, et quand justement quand on veut factoriser...					
		EC	Y a pas					

		PE	Y a pas, et on veut ... ?				
		EC	(inaudible)				
		PE	On cherche à en rajouter	Se tourne vers le tableau pour montrer une image projetée		FaPa	AbEm
		PE	Vas-y place-le	Donne le papier à EC			
		EC		Le place dans la colonne factoriser			
		PE	Oui voilà c'est ça.				
4A.FaDe.21n.f56.9	-26 :44	PE	On va voir si vous avez compris...	Prend un nouveau papier			
		EC		Choisit un autre papier et le place dans la colonne développer		DeCo	MIn
		PE	Alors celui là c'est là, y a les parenthèses				
		EC	(inaudible)	Montre du doigt le papier			ChCo
		PE	Ouais et du coup ?				
		EC	(inaudible)				
	-26 :31	PE	A développer ouais c'est ça	Elle s'en va		DeCo	AbEm
4A.FaDe.21n.f56.10		EC		Prend tous les autres papiers pour les répartir dans les deux catégories			MIn
		EB		Prend tous les autres papiers pour les répartir dans les deux catégories			MIn
	-25 :31	EC	Madame !	Vient de finir (1 minute pour finir le classement)			MEx
		EA – ED – EE - EF		N'ont pas du tout participé, on joué et discuté, EF a cassé sa barrette ils ont ramassé			Per Per Per Per

				les petits bouts, ont rit ensemble			
4A.FaDe.21n.f56.11	-22 :23	PE	Alors à vous, vous avez fini ?				
		EC	Oui				
		PE	C'est développer ça ?			ErFa	
		EC	non	Déplace le papier dans la colonne factoriser		FaCo	AbEm
4A.FaDe.21n.f56.12		PE	Je vais vous demander une dernière chose, chaque dessin a son langage mathématique, alors vous allez me les faire correspondre en les posant dessus	Montre un exemple avec deux papiers			MoSy3
		PE	D'accord ? vous avez compris ? alors, parlez ensemble, dites si vous êtes d'accord ou pas	Regarde les autres, montre du doigt les uns et les autres			
		ED	D'accord ?	Prend deux papiers, s'adresse à EC	EcTr		MEx
		EA		Se parfume			Per
4A.FaDe.21n.f56.13		EC		Déplace les papiers sans parler		FaCo DeCo FaCo DeCo	AbEm AbEm AbEm AbEm
		PM		Distribue les feuilles de la leçon comportant les définitions			
	-21 :11	EC		Continue de réfléchir			ChCo MIn

3.11 ANNEXE U : CODAGE DE 4A_FADERES_21NOV_F56

Codage de 4A_FaDeRes_21nov_f56 (Factorisation et Développement résolution des questions ; 4°A ; 21 novembre ; groupe filmé par farenati 56) . **Durée : 9min45sec**



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4A.FDR.21n.f56.1	-13 :13	PE	Sur votre cahier vous allez reprendre les questions de l'exercice où vous aviez les petites cartes à déplacer et là où vous avez mis dans la catégorie développer vous allez le développer, et là où vous mis dans la catégorie factoriser vous allez factoriser		Mono		
4A.FDR.21n.f56.2		PE	C'est bon pour vous ? ça veut dire que vous allez écrire une question, vous allez les prendre les unes après les autres, dans l'ordre que vous	PE arrive vers le groupe, prend un papier pour donner un exemple	EcTr		

			voulez, vous en prenez une, là on vous demande de développer. Vous écrivez développer, vous écrivez ça, et vous développer. D'accord ? ici sur votre cahier, sous la feuille qu'on vient de coller.				
		PE	C'est bon ? vous en prenez un, vous le développer. C'est bon vous avez compris ce qu'il faut faire ?	Mime le geste de pendre un papier au hasard. S'adresse à chaque élève du groupe.	EcTr		MoSy3
4A.FDR.21n.f56.3		PE	Si vous voulez commencez par celui-là. C'est bon ? allez, vous l'écrivez sur votre cahier, et celui-là, allez on vous demande de développer	donne un papier, le pose au centre de la table, puis prend celui avec le dessin et le pose à côté	EcTr		MoEn3
		EA	(inaudible)	Pose une question à PE	EcTr		ChCo
		PE	Pour développer vous dessinez des flèches, aussi sur votre cahier, allez je reviens dans deux minutes vous voir	Dessine des flèches sur le papier pour développer. PE s'en va	Mono		MoSy3
4A.FDR.21n.f56.4	-11 :37	EC		Ecrit sur son cahier sous la feuille collée : développer, puis recopie le papier			MIn AbRe
		EA		Joue avec son stylo et discute avec EF			Per
		EE		Colle sa feuille			
		ED		Parle avec EE			Per
		EF		Discute et joue avec son stylo			Per
4A.FDR.21n.f56.5	-10 :57	EA		Prend le papier de la question pour le lire			MIn ChCo
		EC		Echange son stylo contre un crayon papier pour		DeCo	MEx

				pouvoir effacer s'il se trompe			
		EA		Joue avec le papier mais n'écrit pas			Per
		EB		N'a pas de cahier donc n'écrit pas			
4A.FDR.21n.f56.6	-10 :05	EB		Prend le papier de EA pour le donner à EC			MIn
		EC		Prend la feuille de leçon de EB, la retourne pour que EB puisse écrire dessus, lui pose le papier de la question devant pour qu'elle écrive			MIn
4A.FDR.21n.f56.7	-9 :40	EC		Donne un nouveau papier à EB			Min
	-9 :11	EB		range le premier papier car la question est faite		ErCa	ChCo
		ED		Colle sa feuille			
	-8 :47	EC		Reprend son stylo pour écrire			MEx
4A.FDR.21n.f56.8		EC		Donne le papier numéro 1 à EA pour qu'elle travaille			MIn
		EA		Prend le papier			MIn ChCo
4A.FDR.21n.f56.9		PE	Alors vous en êtes où ? vous avez fait le premier ? on a dit que c'était celui-ci	Arrive pour aider	EcRe		
		PE	Est-ce que ça vous aide si il y a le dessin avec ?	Montre le papier avec le dessin à côté du papier avec la question			MoIc3
		EC	Oui	Répond immédiatement			MoIc1

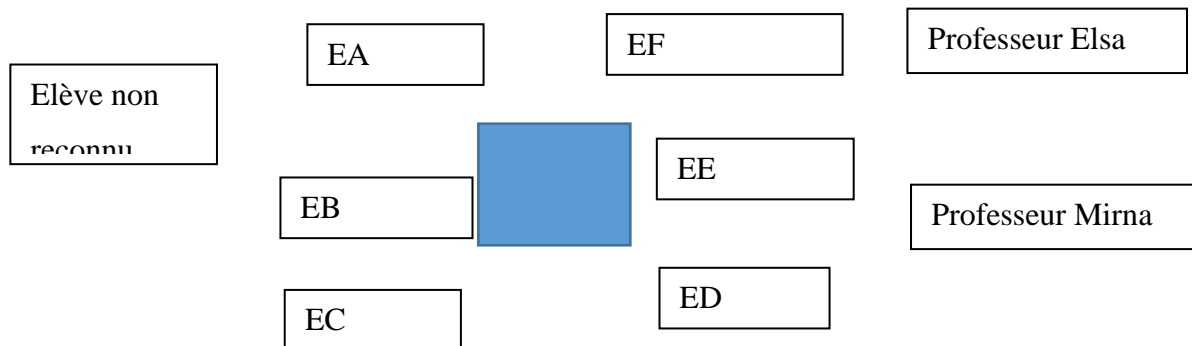
		PE	Toi ça t'aide ?	S'adresse à EC			MoIc3
		PE	Et toi ça t'aide ?	S'adresse à EB			MoIc3
		EB		Fait oui avec sa tête			MoIc1
		EA		Fait oui avec sa tête (moins franc)			MoIc1
		PE	Alors je les laisse à côté				
4A.FDR.21n.f56.10		EA	Je peux avoir le calcul ?		EcRe		MIn ChCo
		PE	Ouais tu veux le calcul, tu vois pas d'ici ?				
		EA	oui	Hoche la tête			
4A.FDR.21n.f56.11		PE	Ha t'as pas fini d'écrire ? là y a plus... moins six... sinon t'as compris comment on fait ?	S'adresse à ED	EcRe		
		ED		Fait non de la tête			
		PE	Tu distribue un nombre, celui-là... t'as compris ?	Dessine des flèches sur l'exemple de la fiche leçon			MoSy3
		ED		Fait oui de la tête			ChCo
		PE	tu fais pareil sur celui-là. Du coup tu comptes, combien ça fait de x, combien ça fait de nombres	Montre le papier de la question			
4A.FDR.21n.f56.12		EC	C'est juste ça ?	Montre son cahier	EcEt		MEx ChCo
	-6 :35	PE	Alors... quatre fois deux x plus quatre fois moins dix, c'est bien. Maintenant tu vas compter combien ça fait	Regarde le cahier de EC (30 sec)		DeCo	AbRe
		EC	C'est réduire ?				ChCo MIn
		PE	Ça s'appelle simplifier en fait. Réduire c'est rassembler (inaudible)				
		EC		Fait oui de la tête		CaCo	AbRe
		PE	(inaudible). C'est juste, t'as bien compris				

4A.FDR.21n.f56.13	-6 :01	PE	Là y a un plus. Je vais te montrer avec le dessin. (inaudible)	Va aider EB. Prend le papier avec le dessin (1 :30)	EcEt		MoSy3 MoIc3
4A.FDR.21n.f56.14	-5 :48	EA		Montre le mot développer sur la fiche leçon à ED	EcTr		MIn
		ED – EE – EF - EA		Lisent la feuille leçon pour comprendre			ChCo
		ED		Ecrit sur son cahier			MIn ChCo
		EE		Ecrit sur son cahier			MIn ChCo
		EC		Ecrit au crayon. Pose son crayon puis prend son stylo pour écrire.		DeCo	MEx MEx AbRe
4A.FDR.21n.f56.15	-4 :33	PE		Quitte EB			
	-4 :28	PE		Va aider EA			
		ED	C'est 55 ?	Ferme son cahier	EcTr		Per
		EA		Ecrit sur son cahier			ChCo MIn
	-3 :34	PE	Ha ça a sonné ?	PE quitte EA (1 minute)	EcRe		

3.12 ANNEXE V : VISIONNAGE 4A_9NOV_f55

Visionnage : pas de transcription, seulement analyse des questions effectuées par observation des gestes

V4A_9nov_f56 : suite de la transcription de début d'activités



Rappel : début activités :

EABC : carte n°29 (CaCo) ; EDEF : carte n°22 (non finie)

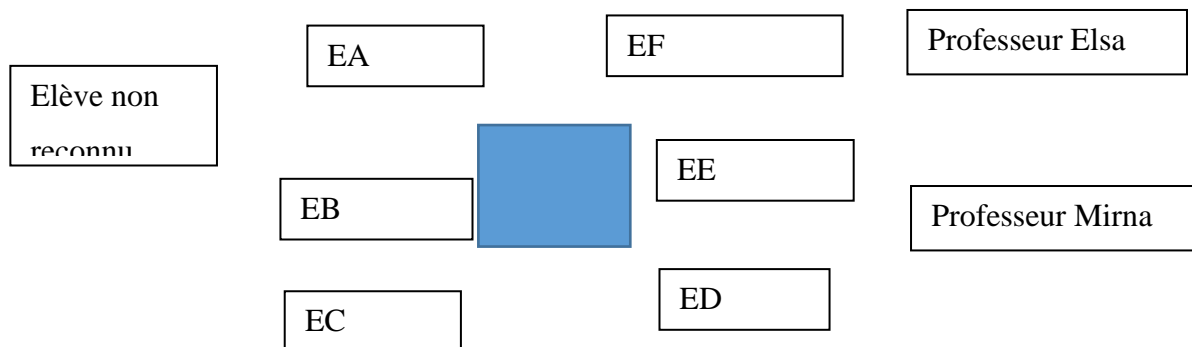
Timing	Equipe EABC ou EDEF	Gestes significatifs	Erreurs	Réussites
-27 :22	ED	Lit le carte 22		
-26 :15	EABC	Carte 23 :	ErCa ErRe	
-22 :26	EDEF	Tire carte 30. Cherche aide professeur		
-21 :52	EABC	Tire carte 16		
-20 :27	EDEF	Ouvre livret des solutions pour carte 30	ErRe ErCa	
-19 :59	EABC	Ouvre livret des solutions pour carte 16	ErCa	ReCo
-19 :33	EDEF	Ouvre livret des solutions pour carte 30		CaRe
-19 :08	EABC	Tire carte n°9		
-18 :41	EDEF	Coche 1 pièce		
-18 :30	EDEF	Tire carte n°...		
-18 :20	PM	Aide EABC		
-18 :07	EABC	Ouvre livret des solutions pour carte 9		CaCo ReCo
-17 :50	EABC	Tire carte : non pas de carte car PE explique		
-17 :28	EDEF	Ouvre livret des solutions pour carte ...		ReCo CaCo
-17 :47	PE	Break pour expliquer des expliquer des nouvelles règles		

-15 :11	EDEF	Prend carte n°1		
-15 :11	EABC	Prend carte n°12 : développer		
-15 :07	PE	Distribue les fiches de traduction		
-12 :58	EABC	Ouvre livret des solutions pour carte ... ?		
-12 :28	EC	Cherche PE pour explications		
-12 :08	EDEF	Ouvre livret des solutions pour carte 1		CaCo
-11 :44	EABC	Rangent car non compris		
-11 :36	EDEF	Prend carte n°15		
-11 :39	EABC	Prend carte n°5 (développer)		
-11 :02	EABC	EA essaye de résoudre		
-9 :42	EABC	Ouvre livret des solutions pour EDEF carte 15	ErCa	
-9 :18	EDEF	Prend la carte n°2		
-8 :48	EABC	Ouvre livret des solutions pour carte 5	ErRe ErDe	CaCo
-8 :29	EABC	Tire carte n°4		
-7 :17	EABC	Prend la fiche de traduction en langage mathématique		
-6 :53	EDEF	Ouvre livret des solutions pour carte 2	ErRe ErCa	
-5 :05	EDEF	Tire carte n° ...		
-5 :11	PE	Arrive pour compter les points		
-1 :57	EDEF	Ouvre livret des solutions pour carte ...	ErCa	

3.13 ANNEXE W : VISIONNAGE 4A_10NOV_F56

Visionnage : pas de transcription, seulement analyse des questions effectuées par observation des gestes

V4A_10nov_f55 : (groupe de f5(du 10nov)



Equipe 1: EA ; EB ; EC ; Equipe 2 : ED ; EE ; EF

Rappel début d'activité : équipe 1 : carte n°35 (factoriser) ; équipe 2 : carte n°28 : (factoriser)

Timing	Equipe EABC ou EDEF	Gestes significatifs	Erreurs	Réussites
-44 :13	Equipe 1	Carte N°35 (factoriser)		FaPa FaCo FaPa ReCo
	Equipe 2	Carte n°28 (factoriser)	ErCa ErCa ErCa ErFa	CaCo CaCo CaCo ReCo FaCo FaPa FaPa
	Equipe 1	Carte n°21 (factoriser)		FaCo FaPa CaCo
	Equipe 2	Carte n°14 (factoriser)	ErFa ErFa	CaCo TrCo (aide)
	Equipe 1	Carte n°6 (développer)	ErTr	CaCo ReCo DeCo

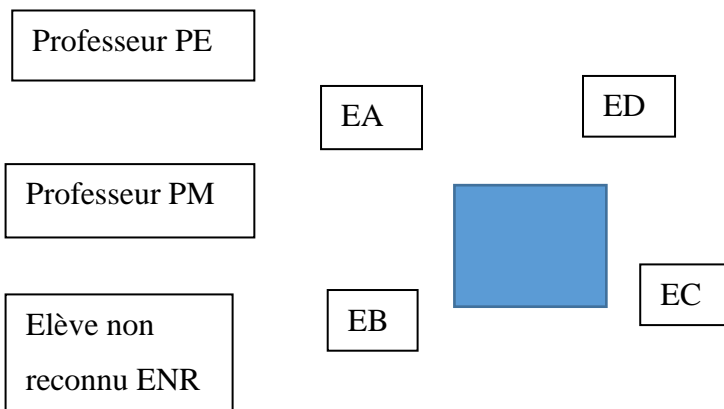
				TrCo (aide)
	Equipe 1	Carte n°5 (développer)		CaCo DeCo TrCo
	Equipe 1	Carte n°27 (développer)		(aide) DeCo CaCo TrCo
	Equipe 2	Carte n°13 (développer)		DeCo CaCo TrCo
	Equipe 2	Carte n°7 (factoriser)		FaCo FaPa

3.14 ANNEXE X : CODAGE DE 4E_DA_10NOV_F56

Codage de 4E_DA_10nov_f56 (Début d'activité - Réduire ; 4^eE ; 10 novembre ; groupe filmé par farenati 56) : mode iconique et mode symbolique

Le cours débute par les explications de PE de -51 :03 à -51 :29

Cette transcription/codage est le début d'activité de -51 :29 jusqu'à -46 :29 (durée : 5minutes)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4E.DA.10n.f56.1	-51 :29	PE	On fait le début ensemble si vous voulez ? c'est quoi ça ?	Montre le petit rectangle gris au tableau	EcEt		MoIc3
		ENR	Plus cinq			MoSy2 MoIc1 AbEm	
		PE	Plus cinq. C'est quoi ça ?			MoIc3	
		EC	X			MoIc1 MoSy2 AbEm	

		PE	Alors comme ils sont ensemble, on veut savoir combien ça fait en tout, on va utiliser une opération, quelle opération ?	Montre l'ensemble au tableau			MoSy3
		ENR	La multiplication			ErCa	MoSy1
		PE	Non				
		ENR	Plus			CaCo	MoSy2
		PE	Oui, ça veut dire qu'on additionne tout ce qu'il y a pour savoir combien ça fait. Alors on va pas savoir combien ça fait exactement mais on les additionne.				AbEm
4E.DA.10n.f56.2		PE	Le prochain c'est quoi ?	Montre un cube au tableau	EcRe		MoIc3
		EA	X				MoIc1 MoSy2
		PE	X, et le prochain, et cetera, je vous laisse réfléchir, allez-y, vous continuez la traduction de ça sur votre feuille. Pour l'instant on fait que la traduction, et après on va faire un calcul				MoSy3
4E.DA.10n.f56.3		EB	Ici on fait quoi ? ici on fait quoi ?		EcTr		ChCo MIn
		EB		Prend son crayon et essaye			ChCo
	-50 :30	ED		Prend son crayon et essaye			ChCo
	-50 :14	EB	Madame tu peux venir, je peux te poser une question ?		EcRe		MIn MEx
		PE	Oui j'arrive				
4E.DA.10n.f56.4	-50 :00	EA - EC		N'ont pas sorti de stylo pour essayer (1 min30)			Per
4E.DA.10n.f56.3		PE	Alors non parce que x au carré c'est x fois x, et non on multiplie pas les x entre eux ici	Arrive et regarde la feuille de EC	EcTr	ErRe	MoSy1 MoSy3

4E.DA.10n.f56.5		PE	C'est bon ? on continue ?		EcEt		
	-49 :51	PE	Alors qu'est-ce que vous avez trouvé là ? qui veut répondre ? vas-y !				MoIc3
		ENR	Euh... moins un				MoSy2 AbEm
		PE	Plus moins un	Ecrit à la suite de plus cinq et plus x		CaCo	MoSy3
		ENR	(inaudible)				MoSy1
		PE	Plus comme ça ? un x ?				MoSy3
		ENR	Non (inaudible)				
4E.DA.10n.f56.6				Un élève entre dans la salle	EcTr		
		ENR	Alors ??	S'adresse à cet élève			Per
		PE		Installe l'élève, lui donne une feuille			
4E.DA.10n.f56.7	-49 :02	PE	Ok alors on continue ? alors on avait plus cinq plus x plus moins un plus x, qu'est-ce que c'est la suite ?		EcRe		MoSy3 MoIc3
		ENR	Trois fois x			ReCo	MoSy2 AbRe
		PE	Ouais on peut faire trois fois x , trois fois x	Ecrit au tableau			MoSy3
4E.DA.10n.f56.8	-48 :47	PE	Maintenant je vous demande de réduire. Réduire comme vous avez appris ? ok alors vous allez réduire sur votre feuille, allez-y		EcTr		
	-48 :34	EB		Reprend son crayon pour essayer, écrit des réponses (pendant 30 sec)			ChCo MIn
	-48 :24	PE	Maintenant je veux réduire				
4E.DA.10n.f56.9	-47 :51	EB	Regardez !	Joue avec son stylo et sa main	EcTr		Per
	-47 :10	EA – EC - ED		N'ont pas pris une seule fois leur stylo (1 :30)			Per Per Per

4E.DA.10n.f56.1 0	-47 :10	PE	Alors vous en êtes où ? vous avez réussi à le réduire ? t'as pas écrit ?	PE arrive à la table. Parle à ED	EcRe		
		ED	Heu... non mais c'est qu'on parle en fait	Prend son stylo et écrit			
		PE	Et avec ta bouche ou sa bouche ?	S'adresse à EC			
		EC	Heu...Avec sa bouche				
		PE	Alors écris !				
	-46 :57	EC		Cherche un stylo			
4E.DA.10n.f56.1 1		EB	Et là je peux faire x au carré ?		EcEt	ErRe	ChCo MIn
		PE	Non toujours pas, x au carré ça veut dire que t'as x fois x				
		EB	Ha oui là c'est plus !			ReCo	MIn AbEm
		PE	Voilà				
		EB	Madame je me suis trompée !				MEx
	PE	C'est pas grave...					
4E.DA.10n.f56.1 2	-46 :29	EC		Pose son stylo (a écrit pendant 30 sec)			Per
		EB	Et ouais !	Grimace devant la tablette			Per
			PAUSE de transcription				
	-36 :19	PE	A partir de maintenant vous avez la possibilité de dessiner sur la feuille blanche que je vous ai mise à disposition, y en a une ou deux par table d'accord ? vous avez le choix de l'utiliser ou non				MoSy3
	-36 :09	EA		Prend la feuille pour lire ce qu'il y a écrit dessus : « tu peux dessiner ici avec les cubes et les jetons »			

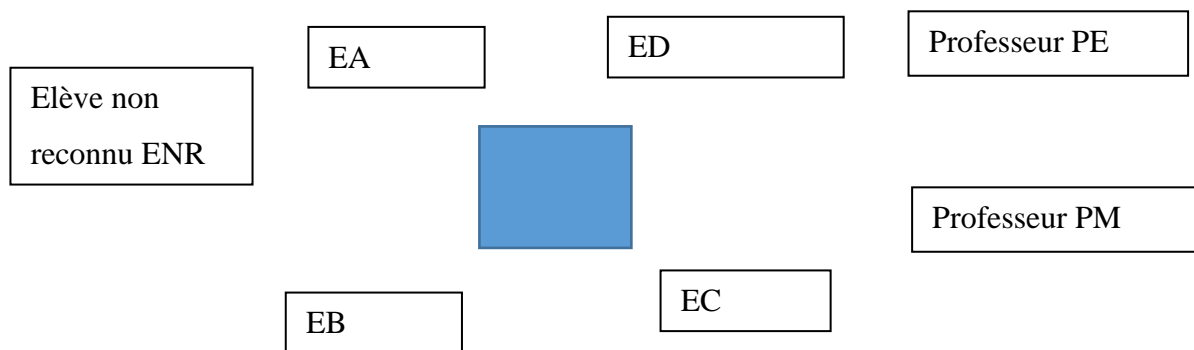
		PE	Dix secondes pour réduire ça, c'est parti !	Réduire $3x - 6 + 4x + 10$			
		EA – EB – EC – ED	(inaudible)	Discutent d'un autre sujet, n'écrivent pas, n'essayent pas			Per Per Per Per
	-34 :51	PE	Allez on corrige !				
	-34 :17	ENR	Sept x plus quatre			ReCo CaCo	
		PE	Sept x plus quatre, c'est juste				

3.15 ANNEXE Y : CODAGE DE 4E_DE_10NOV_F56

Codage de 4E_De_10nov_f56 (Développement ; 4°E ; 10 novembre ; groupe filmé par farenati 56) : mode iconique et mode symbolique

Activité de développement sur fiche d'exercice, suite de réduire ; Cette transcription/codage est le début d'activité de -33 :42 jusqu'à -5 :32

(durée : 28minutes10s)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4E.De.10n.f56.1	-33 :42	PE	Question suivante, on arrive un petit peu... la feuille en dessous. Vous voyez ça ? qu'est-ce que j'ai dans la main ?	Montre un cercle multiplicateur fois trois dans sa main, les élèves ne le touchent pas	EcRe		MoEn3
		ENR	Un rond !			MoEn2 MIn ChCo	

		PE	Un rond. Moi j'appelle ça un cercle multiplicateur. Tout ce que je mets à l'intérieur...	Montre des vrais jetons qu'on place à l'intérieur			
		ENR	Ça se multiplie par trois			DeCo	MoEn2 MIn ChCo
		PE	Ça se multiplie par trois, ça marche ? alors vous avez ici ce schéma-là, on nous demande d'abord de traduire, et ensuite vous allez me calculer combien il y en a, et vous allez l'écrire ici. Je redis : vous avez un dessin. Vous devez d'abord le traduire en langage mathématique. Ensuite vous devez faire ce qu'il y a écrit, c'est-à-dire calculer ce que ça fait si on enlève le cercle, combien ça fait d'objets. Et vous allez l'écrire ici, mais vous allez l'écrire de façon réduite à la fin. Vous allez calculer combien ça fait en tout et après vous allez le réduire.	Montre le schéma de développer au tableau (fiche leçon)	EcTr		MoSy3
		PE	C'est bon pour vous ? vous avez la possibilité de dessiner si vous voulez.				
4E.De.10n.f56.2	-32 :15	EB	Développe.	Lit la consigne	Mono		MIn ChCo
		ED		Lit en silence			ChCo
		EC		Se couche sur sa table			Per
4E.De.10n.f56.3	-32 :45	PE	Ha ! excusez-moi ! à votre avis pour traduire... comment on traduit ça en langage mathématique ? comment on peut traduire ça, trois fois, un rond ? en langage mathématique ?	Montre le cercle multiplicateur	EcEt		MoSy3 MoEn3
		ENR	Fois R !	R pour rond			MoSy1 MIn ChCo
		PE	Non, quelque chose que vous connaissez déjà depuis longtemps. Comment je pourrais				MoIc3

			représenter un cercle en langage mathématique ?				
		ENR	X au cube				MoSy1 MIn ChCo
		PE	Non. Tout ce qu'il y a à l'intérieur ça va être multiplié par trois. Des paquets quoi. Alors il va y avoir le fois qui va apparaître, le trois, mais le rond comment je vais le traduire à votre avis ?				MoSy3 MoIc3
		ENR	(inaudible)				MoSy1 MIn ChCo
		PE	Vous trouvez pas ? alors je vais vous aider, avec... ?	Mime des parenthèses avec ses mains			MoEn3
		ENR	Des parenthèses !				MoSy2 MIn
	-30 :58	PE	Oui c'est ça ! donc vous allez utiliser le symbole parenthèses pour me traduire ça.				MoSy3
4E.De.10n.f56.4		PE	Mais le trois fois, il dans la parenthèse ou en dehors de la parenthèse ?		EcRe		MoIc3
		ENR	(inaudible))				MoSy1
		PE	Il est en dehors, il est devant. D'accord ? allez-y, vous me le traduisez et vous me calculez combien ça fait !				MoSy3
4E.De.10n.f56.5	-30 :33	ED		Prend son stylo et écrit	EcTr		MoSy1 ChCo
		PM	Heu, M. ! t'es en 4° là ? parce que t'a pas activé la vitesse là !	Arrive vers ED			Per
	-30 :15	EB		Prend son stylo et écrit			MoSy1
		EA - EC		Ne font rien depuis le début			Per Per
4E.De.10n.f56.6		PM	Et les x ? t'en en trois pour moins quatre ça fait combien ?	Par le à EA	EcRe		MoIc3

		EA	(inaudible)				MoSy1
		PM	Pour moins quatre... t'es sûre ? Faut changer les verres de tes lunettes...	S'en va			
		EA		Raye ce qu'il a écrit			
4E.De.10n.f56.7		EB	Madame !	A PM	EcRe		MEx MIn ChCo
		PM	Ce paquet avec ce paquet (inaudible)	arrive vers EA, prend son crayon et écrit			MoSy3
	-29 :22	EC		Prend son stylo et écrit			MoSy1 ChCo
		PM	On est dans la famille des jetons, y a combien dans la famille des jetons ?	Montre les jetons avec son crayon			MoIc3
		EB	Ça c'est cinq				MoSy1
		PM	J'ai trois fois moins cinq.	Ecrit			MoSy3
4E.De.10n.f56.8		PM	Et là j'ai combien ?	cache les jetons avec son doigt	EcRe		MoIc3
		EB	Deux x				MoSy2
		PM	J'ai deux x. et comme c'est dedans, trois fois tout ça	Ecrit la parenthèse			MoSy3
4E.De.10n.f56.9		PM	Là tu dois dessiner un cercle. Et il multiplie par combien ?	Question suivante. Dessine un cercle multiplicateur.	EcRe		MoIc2
		EB	(inaudible)				MoSy2
		PM	Oui par deux. Et maintenant tu dois dessiner ce qu'il y a dedans.	Puis s'en va (aide 1 min)			MoSy3
	-28 :21	EB	Merci madame				MEx
4E.De.10n.f56.10		PM	Par contre ici, si t'as trois paquets comme ça, au final t'as combien ?	Revient voir EB, pour expliquer question précédente. Mime avec des geste	EcRe		

		PM	(inaudible)	Montre avec le crayon fois trois, puis les x, fois trois puis les jetons, écrit tout			
		EB	(inaudible)				ChCo
4E.De.10n.f56.11	-28 :05	PE	On va corriger, le début qu'est-ce que ça va être ? c'est quoi le cube ?		EcEt		
		ENR	C'est le x				MoSy2 MoSy2 MIn
		PE	C'est le x, d'accord ? j'en ai combien là ?				
		ENR	deux				
		PE	J'en ai deux, qu'est-ce que j'écris du coup dans ma parenthèse ?	Crit au tableau			MoSy3
		ENR	Deux x !				MIn ChCo
	-27 :41	PE	Oui deux x				MoSy2
4E.De.10n.f56.12		EB		Reprend son stylo pour écrire			
4E.De.10n.f56.13		PE	Et là qu'est-ce que j'ai, c'est quoi le rond clair ?		EcEt		
		ENR	Mois un.				MIn ChCo
		PE	Mois un. Et là ?				
		ENR	Moins deux				ChCo
		PE	Ça fait moins deux et là ?				MoSy3
		ENR	Moins cinq				MoSy2 ChCo
		PE	Ça fait moins cinq. Ça fait combien ?				
		ENR	Moins cinq moins deux				MIn
		PE	Ça fait combien ?				
		ENR	Moins sept				CaCo ChCo
		PE	Ça fait moins sept, ouais ! ok vous êtes prêts ?				
	-27 :12	ENR	Oui				

4E.De.10n.f56.14		EB	T'as dedans, du coup madame elle a (inaudible)	Pointe avec son crayon cercle et son intérieur, parle à EA	EcRe		MIn
		EA	(inaudible) ?				
		EB	Là là là	Montre avec son crayon, puis gomme ses traits			MoIc1 ChCo
4E.De.10n.f56.15	-27 :02	PE	Combien ça fait au total de petits cubes ?	Montre les petits cubes au tableau	EcEt		MoIc3
		ENR	Six				MoSy3
		PE	Ça fait six petits cubes. J'écris comment ?				
		ENR	Six x			ReCo	MoSy2 MIn ChCo
		PE	Six x.				
4E.De.10n.f56.16		PE	ça fait combien de jetons ?	Montre jetons			MoIc3
		ENR	dix-huit				
		EB	Ça fait vingt et un				MoSy1 ChCo
		PE	Ça fait vingt et un ? Ça fait vingt et un de quelle couleur ?	Montre jeton couleur			MoIc3
		ENR	Négatif				ChCo
		PE	Négatif, donc je vais écrire quoi ?				
		ENR	Moins dix.... Moins vingt et un				MoSy1 MEx
	-26 :25	PE	Trois fois x plus moins vingt et un. Ok ?			DeCo	MoSy3
4E.De.10n.f56.17		PE	Ecoutez bien ce que je vais vous dire maintenant. Là on a traduit le dessin, là on a calculé combien ça fait. S'il vous plait, s'il vous plait ! je vais vous expliquer quelque chose de nouveau dans le cours, on écoute bien bien bien.		EcEt		
		PE	Quand on a un nombre qui multiplie une parenthèse avec plein de choses dedans, et qu'on veut savoir combien ça fait au total, ça s'appelle				

			développer. On dit aussi la distributivité car on ... ?				
		ENR	Distribue				AbEm
		PE	Distribue. Alors vous regardez vous allez tous faire la même chose que moi : le trois je l'ai donné au...	Montre le développement du 1° dessin de la fiche			MoIc3
		ENR	Deux x				AbRe MoSy2
		PE	Deux x et le trois je l'ai donné au...				
		ENR	Moins sept			DeCo	AbRe MoSy2
	-25 :29	PE	Moins sept. Ça donne ça. D'accord vous avez compris ?	Montre le développement avec les flèches au tableau			
4E.De.10n.f56.18		EB		Dessine autre chose sans regarder	EcRe		Per
		EC et ED		Sont tournés vers le tableau			ChCo
		PE	Allez-y on recopie. Comment ça s'appelle faire ça ?				
		ENR	Développer				AbEm
		PE	Développer. Allez-y vous écrivez bien ce que j'ai fait				
		EB EC ED		N'écrivent pas			Per
4E.De.10n.f56.19	-24 :39	PE	Allez, on passe à la question suivante. Cette fois-ci on fait le contraire. C'est-à-dire que là vous avez le langage mathématique et là vous allez me le dessiner.	Montre la question $2*(3x + 4)$	EcRe		MoSy3
		ENR	On va faire un schéma ?				ChCo
		PE	Oui vous allez faire un schéma, avec le cube les jetons et le cercle				MoIc3
		ENR	On doit dessiner les formes là pour le calcul ?				MoIc2

							ChCo MIn
		PE	Exactement				
		ENR	Le calcul qui est là-bas ?				ChCo
		PE	Ce calcul là				
4E.De.10n.f56.20		EB		Reçoit un petit papier roulé avec un mot , elle le lit			Per
	-24 :05	EB		Répond au mot reçu par écrit			Per
		ED		Penché sur sa feuille avec son stylo			ChCo
		EB		Donne le mot à EC			Per
4E.De.10n.f56.21		EB		A fait son dessin de cercle demandé avec PM plus haut à -28 :21		MoIc2 AbRe	
4E.De.10n.f56.22	-22 :54	PM		Aide EA à dessiner son cercle, dessine à sa place en expliquant		MoIc3 ChCo	
4E.De.10n.f56.23		ED		Effectue le développement mais sans faire le dessin		MoSy2 AbRe	
4E.De.10n.f56.24		PE	Je corrige. Dans le cercle il y a deux fois, trois cubes et quatre ronds gris foncé		Mono		MoIc3
		PE	Et maintenant vous allez développer.				
4E.De.10n.f56.25		PM	T'as vu hein ? plus cinq	Aide EB à développer, montre les dessins du haut de la feuille	EcRe		MoIc3
		EB	(inaudible)	Montre du doigt les dessins des jetons			MoIc1 ChCo MIn
		PM	Ça doit être gris foncé				MoIc3
		EB	Oui je sais, j'ai oublié de colorier				MoIc2

4E.De.10n.f56.26		PM	C'est pas mal ce que vous avez fait ! Lui il a choisi de prendre des ronds foncés. Et lui aussi c'est bien	Montre le dessin de ED et EC	Mono	DeCo	MoIc2 MoIc2 MIn MIn AbRe AbRe
		ED		Fait la question suivante $5 \times (7 - 2x)$		MIn AbRe	
4E.De.10n.f56.27	-19 :19	EB	Madame regarde		EcRe		MEx
		PE	Six x plus huit. Très bien ! tu es la seule à avoir trouvé !			DeCo	MoSy3 MoSy2
4E.De.10n.f56.28		PE	Attention, écoutez bien ! combien ça fait ? j'ai combien de jetons ?		EcTr		MoIc3
			brouhaha			Per Per Per	
4E.De.10n.f56.29	-18 :45	PE	Si je devais dessiner des flèches, je les dessinerais comment ? je pars du deux vers le trois x puis du deux vers le plus quatre. Qui a trouvé six x plus quinze levez la main ?	Compte quinze élèves	EcRe		MoSy3
		EA EC ED		Ont levé la main		DeCo DeCo DeCo	MoSy2 MoSy2 MoSy2 AbRe AbRe AbRe
		EB	Ha si si si madame moi !			MEx AbRe	
		ED		Continue d'écrire		ChCo MIn	
4E.De.10n.f56.30	-17 :39	PE	Attention on fait le suivant ? s'il vous plait on fait le suivant ? alors écoutez bien		Mono		
		PE	Pour le suivant qui est ici, qui est ici. Je vous demande de me le développer. Soit vous le faites avec les flèches, soit vous dessinez.	Montre au tableau le calcul $5 \times (7 - 2x)$		MoIc3 MoSy3	

4E.De.10n.f56.31	-16 :50	EB	Ha ha ha	Discute et rit	EcTr		Per
		EB	Son machin ? son machin hahaha				Per
	-16 :10	EB	Ha ha ha				Per
		EA	(inaudible)	discute			Per
	-15 :35	EB	(inaudible)	discute			Per
	EA EB EC		N'ont pas essayé de résoudre la question		Per Per Per		
4E.De.10n.f56.32	-15 :31	PM	Heu, vous avez réussi à développer ?	regarde la fiche de ED	EcTr		
		PM	Toi t'as tout fait direct ! efficace !			DeCo	MEx
		PM	Et toi t'as réussi ? tu vois ça c'est comme ça, ça devient ça , tu développes, c'est cinq fois le sept	A EA, montre sur sa fiche			MoSy3
		EA	(inaudible) ?				ChCo MIn
4E.De.10n.f56.33		PE	Ça y est vous avez réussi à développer ?	Au tableau	EcEt		
		EB EC		Prendent leur stylo pour écrire le calcul			MIn
		PE	Alors là combien ça fait ?				
		EB		Lève la main			MEx
		EB	J'ai juste écrit le résultat				
		PE	Ha, alors vas-y				
		EB	J'ai deux fois cinq x moins sept, j'ai écrit ça			ErDe	MoSy1 MIn
		PE	Deux fois ?				MoSy3
		EB	deux fois cinq x moins sept			ErVa	MoSy1
		PE	Alors c'est pas cinq x. deux fois sept c'est les jetons, deux c'est les cubes				MoSy3
	-14 :07	EB	Faut pas inverser ?				ChCo
		PE	Tu comprends ? tu peux pas mélanger des jetons et des cubes				MoIc3
		EB	Et pourquoi ?				ChCo MIn

		PE	Tu sais pas combien il fait le cube, tu peux pas l'utiliser avec un jeton				
		EB	Ha parce qu'on a dit que c'est mystère !				MoIc1 ChCo MIn
		PE	C'est mystère, exactement				
		EB	Haa c'est faux... j'ai pas compris encore	Gomme ce qu'elle a fait			ChCo
4E.De.10n.f56.34		EC		Joue avec son stylo			Per
4E.De.10n.f56.35	-13 :19	EA		Prend la feuille de ED pour comprendre ce qu'il a fait			ChCo MIn
4E.De.10n.f56.36		ENR	Cinq fois sept moins cinq fois deux x		EcRe	DeCo	MoSy3 AbRe
		PE	Ouais c'est juste				
4E.De.10n.f56.37	-12 :37	PE	Le suivant, celui-là	$2 \times (x + 3) + 3 \times (-4 + 2x)$	EcTr		ChCo
		PE	Qui n'a pas compris comment on développe ? toi ? je viens te voir après				
4E.De.10n.f56.38	-11 :57	PE	Je vous demande de me dessiner celui-là		EcRe		MoIc3
		ENR	Dessiner ?				ChCo
		PE	Oui dessiner comme celui-là. Petite indication j'ai combien de cercle à dessiner ?				MoIc3
		ENR	Heu deux !				MoIc2 MEx
		PE	J'en ai deux, un là et un là. Allez-y on y va, on dessine ça on dessine ça	Montre les parenthèses			MoIc3
		PE	Vous le dessinez au dos de la feuille il y aura plus de place				MoIc3
		EA EB EC ED		Ne dessinent pas, discutent d'autre chose jusqu'à -8 :39, pendant 3min18s			Per Per Per Per

4E.De.10n.f56.39	-8 :39	PE	Allez on corrige celui-là. Vous allez compter combien il y a de cubes dans l'un et combien de cubes dans l'autre et compter combien ça fait au total, hein ? combien il y a de cubes dans l'un et combien de cubes dans l'autre et compter combien ça fait au total		Mono		MoIc3
		EC ED		Jouent avec une trousse			Per Per
4E.De.10n.f56.40		PE	Je fais les flèches : comme ça, comme ça et comme ça comme ça		EcRe		MoSy3
		ENR	(inaudible)			DeCo	MIn AbRe MoSy2
		PE	Fois trois, plus x... c'est très bien	A ENR			
		PE	Allez maintenant on calcule combien on a de jetons				MoIc3
4E.De.10n.f56.41	-7 :27	EA EB EC ED		N'ont pas pris la correction, discutent	EcRe		Per Per Per Per
		PM	(inaudible)	Arrive pour aider			
		EA	J'ai pas trop compris				ChCo
		PM	Comment tu peux comprendre si tu n'écoutes pas ?				
		EA	Non c'est pas pour ça que j'ai pas compris (...). Là ça fait quatre au carré...				MoSy1
		PM	Y a pas de carré, c'est que des fois				ErVa
		EB	Là ça fait quatre x, là ça fait moins dix.... Moins douze	$2 \times (x + 3) + 3 \times (-4 + 2x)$			MoSy2 AbRe
4E.De.10n.f56.42	-6 :53	PE	Alors on va corriger le dernier s'il vous plait ! alors le premier cercle c'est-à-dire la première parenthèse ça nous donne combien de jetons ? Combien de cubes ?	Sur les dessins	EcEt		

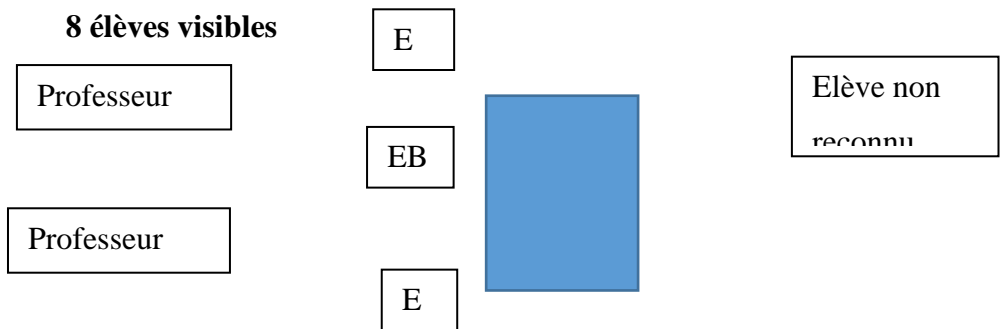
		ENR	Deux cubes					MoIc2
		PE	Deux cubes. Combien de jetons ?					MoIc3
		ENR	Trois, six !					MoIc2
		ENR	Six !					MoIc2 MEx
		PE	Six.				DeCo	
4E.De.10n.f56.43		PE	Ensuite on fait le 2° cercle					
		ENR	Moins douze !					MoIc2 MEx
	-6 :32	ENR	Moins douze !					MoIc2 MEx
		PE	Moins douze		<i>Ecrit</i>			MoIc3
		ENR	Plus six x					MoSy2
		PE	Plus six x , très bien !				DeCo	MoSy3
4E.De.10n.f56.44	-6 :01	EA EB EC ED		Ne dessinent pas, ne corrigent pas				Per Per Per Per
		PE	Et maintenant on va réduire, on fait les paquets, alors					
		ENR	Huit x				ReCo	MoSy2 AbRe
		PE	Huit x					
		ENR	Moins six					MoSy2 AbRe
		ENR	Moins six				ReCo	MoSy2 AbRe
		PE	Moins six. Qui a trouvé ça ?					MoSy3
	ENR	Nous !					MEx	
4E.De.10n.f56.45	-5 :32	PE	Je récupère vos feuilles		<i>Ramasse les feuilles</i>			

3.16 ANNEXE Z : CODAGE DE 4E_FA_24NOV_F55

Codage de 4E_Fa_24nov_f56 (Factorisation ; 4°E ; 24 novembre ; groupe filmé par farenati 56) : mode iconique et mode symbolique

Activité de développement sur fiche d'exercice, suite de réduire, développer vus la séance d'avant

Cette transcription/codage est le début d'activité de -38 :41 jusqu'à -28 :59 (durée : 9min50s)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4E.Fa.24.f56.1	-38 :41	PE	Alors regardez, y a quoi ?	Montre le tableau, bas fiche leçon/activité sur la factorisation	Mono		MoIc3
		ENR	Quatre cubes mystères, plus deux rectangles gris clair plus deux ronds.			MoIc1	
		PE	Alors qu'est-ce qu'on nous demande : choisis le bon cercle multiplicateur, alors choisis ça veut dire qu'on faut prendre le bon ... la bonne multiplication. Choisis le bon cercle	Montre le dessin du tableau.			

			multiplicateur et remplis-le de cubes et de jetons, pour que ça fasse la même chose que ça.			
		PE	On vous dit, en gros, quel cercle multiplicateur on pourrait prendre pour mettre des cubes dedans pour que ça fasse la même chose que ça			MoIc3
		ENR	Heu...			ChCo
4E.Fa.24.f56.2		PE	Quel cercle multiplicateur on pourrait prendre pour mettre des cubes dedans pour que ça fasse la même chose que ça. Qui n'a pas compris la question levez la main ?		EcRe	MoIc3
		ENR		Quelques mains se lèvent, peu		
4E.Fa.24.f56.2		PE	Alors je vais réexpliquer. La dernière fois on avait des cercles multiplicateurs et il fallait qu'on compte dedans combien ça faisait. Là ce qu'on fait, c'est qu'on fait la question à l'envers. Là on va faire le contraire de l'autre jour, il fallait compter combien ça faisait le cercle multiplicateur, combien ça faisait de cubes, combien ça faisait de jetons. Là c'est le contraire, y a pas de cercle multiplicateur et on va essayer d'en prendre un pour que finalement il y ait moins de cubes et moins de jetons.		EcEt	MoIc3
	-36 :46	PE	Quel cercle multiplicateur on pourrait choisir et qu'est-ce qu'on met à l'intérieur. Alors qui pense avoir une idée ?			MoIc3
		ENR	Fois deux			FaCo MoIc1 ChCo
		PE	Oui, pourquoi fois deux ? qu'est-ce que tu vas mettre à l'intérieur pour que ça fasse la même chose que ça ?			MoIc3
		ENR	Un cube, deux cubes, un rectangle et un rond			FaPa MoIc2

		PE	Un cube, deux cubes, un rectangle et un rond	(cela correspond à la réponse $2*(2x - 6)$ en langage mathématique)			MIn MoIc3
4E.Fa.24.f56.3		PE	Qui pense que ça est égal à ça ? levez la main ceux qui pensent que c'est égal ?	Une main dans visible dans l'écran sur les 8 visibles	EcEt		
		PE	Levez la main ceux qui savent pas ?	3 mains se lèvent			ChCo
		PE	Alors on va compter, si j'ai deux fois deux cubes ça va faire combien ?				MoIc3
		ENR	Ça va faire quatre	Plusieurs voix répondent			MoIc1 MIn ChCo
		PE	Si j'ai deux fois le rond ça veut dire que ... ?				MoIc3
		ENR	J'en ai deux	Plusieurs voix répondent		FaCo	MoIc2 MIn ChCo
		PE	Est-ce que c'est égal ? oui c'est égal	Plusieurs voix répondent			
4E.Fa.24.f56.4	-35 :18	PE	Ce qu'on vient de faire là, ça porte un nom, ça s'appelle comment ?		EcRe		
		ENR	Multiplicateur				ChCo MIn
		PE	C'est un petit peu ça mais c'est pas ça. Alors, regardez bien le tableau	Le nom est sur la fiche de cours			
		EA	Factoriser ?	Lève la main			AbEm ChCo MIn
		PE	Yes !				
		ENR	Factoriser !				AbEm MEx MIn ChCo
4E.Fa.24.f56.5		PE	Ça vient de quel mot factoriser ?		EcEt		
		EA	Facteur				AbEm

		EB	Facteur				AbEm
		PE	De facteur. C'est quoi facteur dans les mathématiques ?				
		EB	Qui multiplie				
4E.Fa.24.f56.6		PE	Dans trois fois quatre égal douze c'est quoi un facteur ?				
		EB	Celui qui... je comprends mais je sais pas le dire... par exemple c'est trois ou quatre	Mime le geste des deux facteurs			AbEm ChCo MEx
		PE	Oui très bien				
		EB	Le multiplicateur c'est le facteur				MIn
		PE	Oui très bien, le trois c'est un facteur, le quatre c'est un facteur.				
4E.Fa.24.f56.7		PE	Et du coup ici c'est quoi le facteur ?	Montre le cercle multiplicateur			
		ENR	Deux			FaCo	AbEm MIn
		PE	C'est le deux il est là le facteur !				
4E.Fa.24.f56.8		PE	et comme on a trouvé un facteur, le verbe ça s'appelle ?		EcRE		
	-33 :41	ENR	Factoriser				ChCo
4E.Fa.24.f56.9		PE	Maintenant je vous laisse recopier le dessin				MoIc2
		EA EB EC		Dessinent les cercles et jetons			
4E.Fa.24.f56.10		EA	Tu remontes comme ça	Parle à EB et EC	EcRe		MoIc2
		EC	(inaudible)				
		EB	Voilà !				MoIc2
		EC		Prend le stylo de EB et dessine un cube sur sa feuille			MoIc2
4E.Fa.24.f56.11	-32 :26	PE	Etape suivante, vous êtes prêts pour l'étape suivante ? s'il vous plait ! on va maintenant		EcEt		MoSy3 MoIc3

			traduire en langage mathématique. Vous vous souvenez comment on traduit ? alors un cube c'est quoi ? un nombre mystère				
		PE	Et ça ça fait combien, plus un ou moins un ?	Montre un rond gris clair			MoSy3 MoIc3
		ENR	Moins un				MoSy2
		PE	Allez-y ça ça fait combien ça, traduisez-moi ça				MoSy3 MoIc3
		ENR	Ça fait x x x x				MoSy2
		PE	Alors x x x x, x+x+x+x ça fait combien				
		ENR	Quatre fois x				
		PE	Ça fait quatre fois x. comment on l'écrit ?	4x - 12			
		ENR	Quatre fois x				
		PE	Quatre fois x. est-ce qu'on peut pas l'écrire d'une façon plus simple ?				
		EA	Quatre x	Lève la main			
		PE	Oui quatre x.				
4E.Fa.24.f56.12		PE	Ça fait quatre fois x. comment on l'écrit ?	4x - 12			
		ENR	Quatre fois x				
		PE	Quatre fois x. est-ce qu'on peut pas l'écrire d'une façon plus simple ?				
		EA	Quatre x	Lève la main			
		PE	Oui quatre x.				
4E.Fa.24.f56.13	-30 :55	PE	Et ça ça fait combien en tout ? deux rectangles et deux ronds ?			EcEt	MoSy3 MoIc3
		EA		Murmure sa réflexion			ChCo
		ENR	Douze				CaCo MoSy2
		PE	Douze c'est bien.				
4E.Fa.24.f56.14		PE	Maintenant on factorise c'est-à-dire qu'on va traduire ça, ça fait quoi ?	Montre le dessin avec le cercle, fait avant au tableau			MoSy3 MoIc3
		ENR	Deux fois. Deux fois quatre x				FaCo MoSy1
		PE	Attention du dois vraiment traduire ça	Montre le nouveau dessin			MoSy3 MoIc3
		ENR	Deux fois deux				MoSy2
		PE	Comment on traduit ça ?	Montre un cube			MoSy3 MoIc3
		ENR	Deux fois deux x.				MoSy2 AbRe

		PE	Deux fois deux x.				MoSy2
4E.Fa.24.f56.15		PE	et ça comment on le traduit		EcEt		MoSy3 MoIc3
	-29 :44	ENR	Deux fois moins douze			MoSy1	
		PE	Deux fois moins douze ? juste ça				
		ENR	Moins six			FaPa MoSy2 AbRe	
4E.Fa.24.f56.16		PE	Bien. Sauf que je veux montrer que le deux il multiplie le paquet ! comment je représente le paquet ?			MoSy3 MoIc3	
		ENR	Parenthèse			MoSy2 ChCo MIn	
		PE	Yes ! vous allez me dire stop pour la parenthèse	Bouge son feutre au tableau			
		EA	Stop			MoSy2 ChCo	
		PE	Oui, et pour l'autre.... Là ?				
	-28 :59	ENR	Non après le moins six.	$2*(2x - 6)$			
		PE	Voilà c'est ça. Ça ça s'appelle factoriser !				
4E.Fa.24.f56.17	-28 :39	PE	Attention maintenant je vais vous laisser faire tout seul. Il faut faire celui-là, il faut trouver le cercle multiplicateur et le remplir. C'est parti !	Montre le dessin du bas de la page : $5x + 15$	Mono		MoIc3
	-28 :31	EA EB EC		Réfléchissent en silence en pointant les dessins avec leur stylos			ChCo ChCo ChCo MIn MIn MIn
		ED		Joue avec des ciseaux			Per
4E.Fa.24.f56.18	-28 :06	PE	Je redonne la consigne : ce qu'on a fait là ici	Montre au tableau	Mono		MoIc3
4E.Fa.24.f56.19	-27 :20	PM		Arrive pour aider	EcEt		
		EA	Comment on écrit ça ?			MIn ChCo	

		PE	Regarde là ça fait deux deux deux deux	Montre la question précédente			MoIc3
		EA	(inaudible)				
		PE	Compte combien ça fait. Ça c'est quelle valeur ?	Montre le petit rectangle			MoIc3
		EA	Plus cinq				MoIc1
		PE	C'est plus cinq. et là t'as combien de cubes ?				MoIc3
		EA	cinq				MoIc1
		PE	Tu vas pouvoir faire quelque chose...				
4E.Fa.24.f56.20	-26 :45	EA		Dessine un cercle	EcEt	FaCo	MoIc2
		EB		Regarde ce qu'elle fait, lui pose une question			ChCo
		EA EB EC	(inaudible)	Discutent du choix du cercle. Ont réfléchi pendant 2min 22s			ChCo ChCo ChCo
4E.Fa.24.f56.21		PE	Alors ici, c'est un petit peu plus difficile. Je vais vous donner une astuce : avant de trouver le cercle multiplicateur, vous allez le traduire en langage mathématique. Combien de cubes et combien de jetons ?		Mono		MoSy3 MoIc3
4E.Fa.24.f56.21	-26 :09	PM	(inaudible)	Arrive pour aider	EcEt		
		EA	C'est combien les rectangles ?	A PM			MoIc1
		PM	(inaudible)	Montre le haut de la fiche			MoIc3
	-23 :33	EA PM EB EC	(inaudible)	Discutent ensemble pour comprendre pendant 2min36s			ChCo ChCo ChCo Min Min Min
4E.Fa.24.f56.21		PE	On corrige. Alors on va d'abord le traduire		EcEt		
		ENR	J'ai cinq x				MoSy2
		PE	Oui cinq x et ici				MoSy3
		ENR	Plus quinze				MoSy2

		PE	Oui plus quinze, pourquoi plus quinze ?				MoSy3
		ENR	Parce qu'il y a trois rectangle gris foncé				MoIc1
		PE	Oui trois rectangle gris foncé.				MoIc3
4E.Fa.24.f56.22	-22 :41	PE	Et maintenant quel cercle multiplicateur je peux choisir avec les nombres qui sont là ? à votre avis qu'est-ce qui se répète là-dedans ?		EcEt		MoIc3
		ENR	Cinq			FaCo	MoIc2 AbRe
		PE	Y a le cinq ! est-ce que je pourrais pas utiliser un cercle multiplicateur fois cinq ?				
		ENR	Un cube et ...			FaPa	MoIc2
		PE	Combien de cubes ?				MoIc3
		ENR	Un				MoIc2 AbRe
		PE	Un seul cube. Et combien de jetons ?				MoIc3
		ENR	Trois			FaPa	MoIc2 AbRe
		PE	Trois ? je mets trois jetons ? il faut que ça fasse quinze. Est-ce que cinq fois quelque chose ça fait quinze ?				MoIc3
		ENR ENR ENR	Ouiiii troioiois !				MEx MEx MEx MoIc2 MoIc2 MoIc2 AbRe AbRe
		PE	Donc je dessine ?				
		ENR ENR ENR	Trois jetons				MoIc2
PE	Les petits rectangles ils valent combien ces jetons ?			MoIc3			

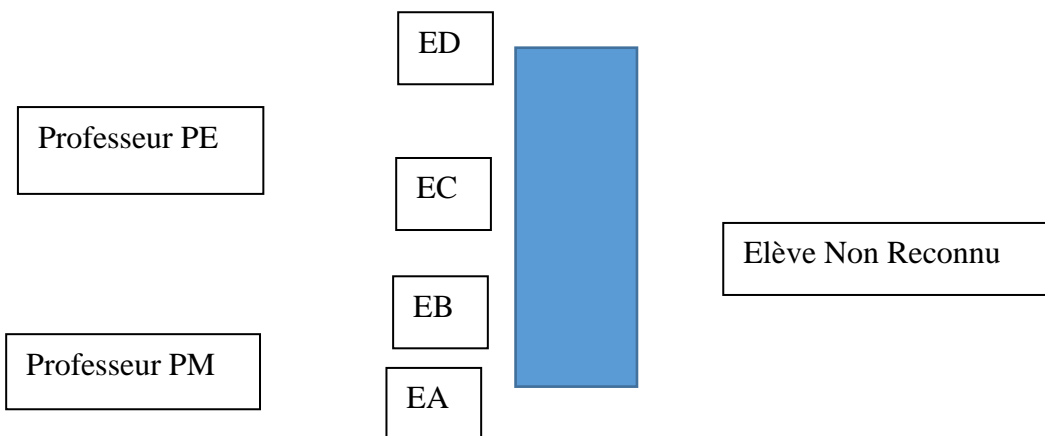
	PE	Ça ça vaut déjà cinq. ça fait combien ça ?	Montre un rond			
	ENR	Ça fait un !				MEx MoIc1
	PE	Je dois dessiner quoi là ?	Montre l'intérieur du cercle			MoIc3
	ENR	Trois ronds			FaPa	MoIc2 AbRe
	PE	Cinq fois quoi ça fait quinze ?				
	ENR	Fois trois				
	PE	Je dessine quoi ?				
	ENR	Des cercles				MoIc2
	PE	C'est ça je fais trois ronds foncés.				MoIc3
-20 :13	PE	On y va on factoriser ça donne quoi du coup ?				MoSy3
	ENR	Cinq fois				MoSy2 AbRe
	PE	Cinq fois ... parenthèse...			FaCo	MoSy3
	EA	X plus...				MoSy2
	ENR	X plus trois			FaPa	MoSy2 AbRe
-19 :52	PE	X plus trois	$5*(x+3)$			MoSy3

3.17 ANNEXE AA : CODAGE DE 4C_DA_8NOV_F49

Codage de 4C_DA_8nov_f49 (Début d'activité - ; 4°C ; 10 novembre ; groupe filmé par farenati 49 8h) : mode symbolique

Le cours débute par les explications de PE de -46 :19 à -39 :44

Cette transcription/codage est le début d'activité de -39 :44 à -34 :44 (durée : 5 minutes)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4C.DA.8n.f49.1	-39 :44	PE	Je vais vous faire de opérations avec les nombres relatifs. Vous êtes prêts ? je vous demande de me calculer plus quinze plus moins deux.		EcTr		MoSy3
		EA – EB- EC - ED		Prenne un stylo et écrivent			ChCo MIn ChCo MIn ChCo

								MIn ChCo MIn MoSy1 MoSy1 MoSy1 MoSy1
4C.DA.8n.f49.2		PE	Ça c'est un nombre qui est ?		EcRe			MoSy3
		EC ENR	Positif					
		PE	Ça c'est un nombre qui est ?					MoSy3
		EC ENR	Négatif					
4C.DA.8n.f49.3		PE	Et ça c'est ?		EcRe			MoSy3
		EA	Positif					MoSy1
		PE	C'est l'addition. Regardez, est-ce que c'est la même chose ou pas ? non y a pas de différence je les ai fait pareil. Mais ils ont pas le même sens. Ici c'est ?					
		ENR	L'addition					AbEm
		PE	Et non ici c'est positif, positif, ce sont les nombres au-dessus de zéro. Et ici ce signe il signifie ?	Montre l'addition				
		EB EC	L'addition					
		PE	L'addition					
4C.DA.8n.f49.4		PE	Quand vous faites une question vous la faites en bleu, quand je corrige vous la faite en vert. Je vais en mettre trois et après je vous laisse réfléchir, ok ? on corrige pas tout de suite je vais vous laisser réfléchir.		EcTr			
4C.DA.8n.f49.5	-38 :19	PE	Alors le deuxième c'est ... surtout vous répondez pas à voix haute pour que tout le monde puisse	<i>Ecrit au tableau</i> $(-2)+(-11) = -13$ $(+2) + (-4) = -2$	EcTr			

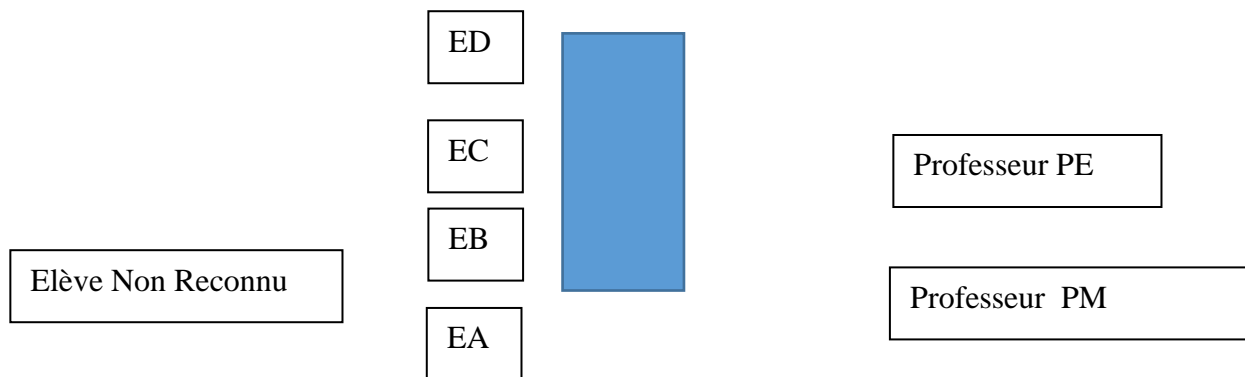
			réfléchir ; allez-y vous réfléchissez sans le dire à voix haute et on corrige dans une minute				
		EA EB EC ED		Ecrivent et cherchent			ChCo MIn ChCo MIn ChCo MIn MoSy1 MoSy1 MoSy1
4C.DA.8n.f49.6	-37 :39	EB	Fini ! Madame !	Résolution 20 sec. Lève la main	EcRe		MEx
	-37 :14	PE	C'est tout bon ? deux justes un faux	Arrive pour corriger. Regarde le cahier de EB		ErCa CaCo	MoSy1 MoSy2
4C.DA.8n.f49.7	-36 :54	PE	Allez, on corrige		EcTr		
4C.DA.8n.f49.8		EB	(inaudible)	Parle à EC sur l'exercice, montre son cahier	EcRe		ChCo MIn
4C.DA.8n.f49.9		PE	J'écris en vert. Si vous avez fait faux vous écrivez en vert, sinon vous laissez en bleu. Est-ce que vous êtes d'accord ?		EcTr		
4C.DA.8n.f49.10		EA	Je peux faire le deuxième ?	Lève vite la main	EcTr		MEx
		PE	Oui. Mais d'abord plus quinze plus moins deux ?	(+15)+(-2)			MoSy3
		ENR	Plus treize			CaCo	MoSy2
4C.DA.8n.f49.11		PE	OK. Le second maintenant.		EcRe		
		ED		Lève la main pour répondre			MEx
		PE	Y a quelqu'un qui voulait le faire...				
		EC	répond	Parle à EB			
		EB	Ça fait moins treize			CaCo	MEx MoSy2
		PE	Ça fait ?	N'a pas entendu			

		EB	Moins treize				
4C.DA.8n.f49.12	-36 :00	PE	Je vais écrire moins treize, vous allez me dire si c'est juste. Qui pense que c'est juste, levez la main ?	6 élèves sur 8 visibles sur la tablette lèvent la main	EcTr		
		EB EC ED		Lèvent la main			MEx MEx MEx
4C.DA.8n.f49.13		PE	Là les deux signes ils sont... ?		EcRe		MoSy3
		ENR EA	Pareils				
		PE	Et quand ils sont pareils on... ?				MoSy3
		ENR	On additionne !				MEx AbRe
	-35 :42	PE	C'est ça on additionne, c'est ça très bien.			CaCo	
4C.DA.8n.f49.14		PE	Le suivant ?		EcRe		
		EB		Lève la main rapidement			MEx
		ENR	Moins deux			CaCo	ME2 MoSy1
		PE	Moins deux. Plus deux plus moins quatre. Qui est d'accord ?	4 sur 8 élèves lèvent la main			MEx
4C.DA.8n.f49.15		PE	Ok c'est bien. Alors comment on a fait ? on a fait deux ...		EcEt		
		ED	On soustrait				
		ENR	On soustrait				AbRe
		ENR	On regarde le plus grand				MIn AbRe
		PE	Oui c'est bien on regarde le plus grand.				
4C.DA.8n.f49.16		PE	Ils ont vu la notion de distance à zéro ?	Parle à PM	EcRe		
		PM	Oui Ils ont vu la notion de distance à zéro				
4C.DA.8n.f49.17		PE	On prend la distance à zéro la plus grande, c'est laquelle la plus grande ?		EcRe		
		EB ED	C'est la quatre				ChCo MIn MEx

3.18 ANNEXE AB : CODAGE DE 4C_DE_8NOV_F49

Codage de 4C_De_8nov_f49 (Développer - ; 4°E ; 10 novembre ; groupe filmé par farenati 49 8h) : mode symbolique

Le cours débute par les explications de PE à -46 :19 ; Cette transcription/codage est le début d'activité de -9 :40 à -5 :50 (durée : 3 minutes 50s)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4C.De.8n.f49.1	-9 :40	PE	Vous allez me développer six fois x plus huit. Vous me dessinez les flèches	Ecrit $6*(x+8)$	EcTr		MoSy3
		EA EB EC ED		Ecrivent en silence et réfléchissent			ChCo ChCo ChCo ChCo MIn MIn MIn MIn MIn MoSy1 MoSy1 MoSy1 MoSy1

		EB et EC		Discutent de la solution		EcEt	ChCo ChCo MoSy1 MoSy1
		EB EC		Ont fini			
	-8 :45	EA		Ecrit encore			MoSy1
4C.De.8n.f49.2		ENR	Ça fait quarante huit		EcRe	CaCo	MIn
	-8 :30	EB	Faut pas dire le résultat du calcul				
		ENR	Madame j'ai fini		EcTr		MEx
		ENR	Madame j'ai fini		EcTr		MEx
	-7 :51	EA		Ecrivait toujours, sort sa calculatrice			ChCo MIn MoSy1
4C.De.8n.f49.3	-7 :34	PE	Attention, on corrige, en rouge		EcEt		
		ENR	J'ai fait six fois x			DeCo	MIn MoSy2
		PE	T'as fait six fois x ?				
		ENR	Six x				MoSy2
4C.De.8n.f49.4		PE	Et après t'as fait quoi ?				
		ENR	Six fois huit			DeCo	MoSy2
		PE	Six fois huit, et là t'as écrit ?	Montre sur le tableau après le 6x			
		ENR	Plus			DeCo	
		ENR	Pourquoi six fois huit ?				MoSy3
		ENR	T'as oublié le fois	Parle du fois entre 6 et x			
		PE	Qui a écrit les fois ? un deux trois ... quatorze	14 élèves, 5 lèvent vite la main	EcRe		MoSy1
4C.De.8n.f49.5		ENR	Moi j'ai pas écrit comme ça		EcTr		
	-6 :06	PE	Six fois x on l'écrit comment normalement ?		EcEt		MoSy3
		ENR	Six x.				MoSy2
		PE	Ha ! et six fois huit on l'écrit comment ?				MoSy3
		ENR	Quarante huit				CaCo

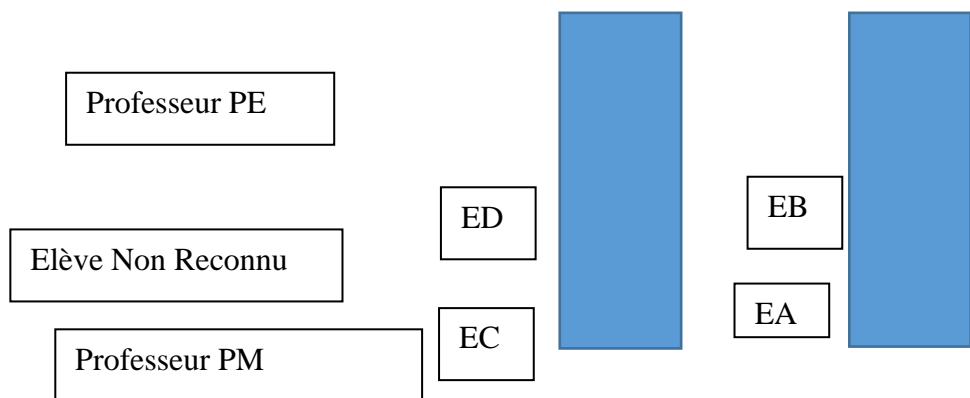
		ENR	Quarante huit			CaCo	MoSy2
4C.De.8n.f49.6	-5 :50	PE	Alors là on est allé au bout de ce qui était demandé c'est-à-dire on a développé mais on a aussi simplifié, d'accord ?		EcTr	DeCo	

3.19 ANNEXE AC : CODAGE DE 4C_FA_21NOV_F56

Codage de 4C_Fa_21nov_f56 (Factoriser - ; 4°C ; 21 novembre ; groupe filmé par farenati 56 14h) : mode symbolique

Le cours débute par les explications de PE à -34 :15

Cette transcription/codage est le début d'activité de -34 :15 à -22 :15 (durée : 12 min)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
4C.Fa.21n.f56.1	-34 :15	PE	Vous écrivez sur votre cahier : je cherche		EcTr		
		EA EB	(inaudible)	Jouent avec des stylos			Per Per

		PE	Attention qu'avec des nombres, vous allez me calculer : six fois quatre-vingt-dix-huit plus six fois deux, allez-y	Ecrit $6 \cdot 98 + 6 \cdot 2$			MoSy3
		EC ED		Ecrivent la question			
4C.Fa.21n.f56.2		PE	Le premier qui répond sans calculatrice... et il faudrait y arriver sans poser d'opération, que dans la tête		EcTr		
	-33 :00	EA		Jouent avec des stylos			Per
		PE	Vous pouvez tous le faire, que vous soyez bon en calcul mental ou pas				
4C.Fa.21n.f56.3		EB	Moi j'ai compris !	Lève la main Compte à voix basse	EcTr		MEx ChCo
		PE	Alors vous avez trouvé ?		EcEt		
		EB	Sept cents !	Lèvent vite les bras		ErCa	MEx MoSy1
		PE	Sept cents ? c'est pas ça				
		EB	Six cents !			CaCo FaPa FaCo	MoSy2 AbRe
		ENR	Six cent			CaCo	MoSy2 ChCo
		EB	Six cent cinquante			ErCa	MoSy1 ChCo
4C.Fa.21n.f56.4	-32 :31	PE	Pourquoi six cents ? oui vas-y tout au fond		EcEt		MoSy3

	-31 :22	ENR	quatre-vingt-dix-huit plus deux ça fait cent, et six fois cent ça fait ça ?			CaCo FaPa FaCo	MoSy2
		PE	Haa ! vous avez entendu ce qu'il a dit ? quatre-vingt-dix-huit plus deux ça fait cent, et six fois cent				MoSy3
		PE	Pourquoi t'as fait quatre-vingt-dix-huit avec deux ?				MoSy3
		ENR	Parce que c'est le même nombre six			FaCo	MoSy2 AbRe
		PE	parce que ça multiplie le même nombre ?				
4C.Fa.21n.f56.5	-31 :57	ENR	Madame madame madame normalement on doit faire la multiplication avant ?		EcRe		MEx MIn ChCo
		PE	Ha d'abord on doit faire la multiplication, je suis d'accord avec toi, alors pourquoi ? regardez ce qu'il a fait comme astuce : il a pris le quatre-vingt-dix-huit il ajoute avec deux , qu'est-ce que vous en pensez il a le droit de faire ça ou pas ?				MoSy3
		ENR	Non				
		ENR	Non				
4C.Fa.21n.f56.6		ENR	Ouais		EcEt		

	PE	On va essayer de comprendre la multiplication : six fois quatre-vingt-dix-huit ça veut dire quoi ? six plus six plus six plus ...				MoSy3
	ENR	quatre-vingt-dix-huit fois				MoSy1 ChCo
	PE	Combien il y est de fois le six ?				MoSy3
	ENR	Cent !			CaCo FaPa	MoSy2 AbEm ChCo
	ENR	quatre-vingt-dix-huit				MoSy2
	PE	il y est quatre-vingt-dix-huit. Et là il y est combien de fois ?				MoSy3
	ENR	Deux				MoSy2 ChCo
	PE	Deux fois. Donc en tout il y est combien de fois ? combien il y est de fois le plus six... plus six plus six ?				MoSy3
	ENR	quatre-vingt-dix-huit				ChCo
	PE	En tout !				
	ENR	Cent				MoSy2 ChCo
	PE	Il y est... ?				
	ENR	Cent				ChCo
	-30 :54	Il y est cent fois !				MoSy3
4C.Fa.21n.f56.7	PE	Là je l'ai quatre-vingt-dix-huit fois et là je l'ai deux fois			EcEt	MoSy3

		ENR	Haaa !				AbEm ChCo
		PE	Donc j'en ai combien en tout de six ?				MoSy3
		ENR	J'en ai cent				MoSy2
		PE	Ça plus ça c'est la même chose que ça	Montre au tableau			
		ENR	Ça fait six cent			FaCo	MoSy2 ChCo
		PE	Ça fait six cent. Et vous voyez on arrive à le calculer de tête				
		ENR	J'avais trouvé			CaCo	MEx
		PE	Et voilà t'as trouvé bravo !				
4C.Fa.21n.f56.8	-30 :20	ENR	Hé madame tu sais pourquoi il a trouvé ?		EcTr		
4C.Fa.21n.f56.9		ENR	deux fois six est égal à douze, quatre-vingt-dix fois six est égal à cent dix, cent dix fois six est égal à six cent cinquante c'est ça ?	Pose une question à PE	EcTr	ErCa	MoSy1
		PE	Et bien non c'est pas six cent cinquante c'est six cent				
4E.Fa.21n.f56.10	-29 :56	PE	alors on va prendre de la couleur est-ce qu'il y a du rouge ?		EcTr		
		PE	Alors est-ce que vous avez tous recopié le calcul ? vous avez écrit tous ces calculs ?		EcRe		
		EC	Oui c'est bon !	Lève la main			MEx

		EA EB		Dessinent, n'écrivent pas			
4C.Fa.21n.f56.11		PE	Alors, dans quelles situations ça marche ce j'ai fait là ? c'est-à-dire additionner ça et ça ensemble ? il faut qu'on ait quoi absolument ?		EcRe		MoSy3
		ENR	Quand il y a le même chiffre qui multiplie			FaCo	MoSy2 ChCo MIn
		PE	Quand il y a le même chiffre devant ! parce que sinon on peut pas compter le même nombre deux fois si c'est pas le même. Là ça marchait parce que c'était le même qu'on avait				MoSy3
4C.Fa.21n.f56.12	-29 :13	PE	Alors, regardez ce que je vais faire, maintenant je vais utiliser des lettres. Pourquoi des lettres ? pour pouvoir expliquer cette astuce que tu as trouvé, mais de manière plus générale. C'est-à-dire à quel moment on a le droit de faire ça. On peut faire le calcul quand on a le même là et là. Alors on va trouver une lettre. On va utiliser une lettre qu'on avait déjà un petit peu utiliser avant.		EcRe		MoS3
		ENR	X	Montre du doigt le tableau			
		ENR	X				
		PE	C'est pas cette lettre là.				
		ENR	A				MoSy2

4C.Fa.21n.f56.13		PE	Alors il y aura le a. le a ce sera le quatre-vingt-dix-huit, c'est-à-dire un nombre au hasard. Là le plus. Là un deuxième nombre. Quand c'est deux lettres différentes c'est que c'est deux nombres différents. Là il faut absolument que ce soit le même nombre donc il faut que ce soit la même lettre. Je vais utiliser une deuxième lettre qu'on vous avez déjà utilisé avant c'est le... ?		EcRe		
		ENR	K				MoSy2
		PE	Le k. ça vous rappelle quelque chose le k ?				
		ENR	Non Non Non				
		-28 :19	PE	C'est pas grave. Donc j'ai un calcul qui ressemble à ça : k fois a + k fois b. c'est bon ?	$K*a + k*b$ est écrit au tableau	EcTr	
4C.Fa.21n.f56.14		PE	Vous allez chercher. Vous faites comme des chercheurs en mathématique. Un jour les mathématiciens ont trouvé cette astuce, ils l'ont écrite et l'ont raconté à tout le monde.		Mono		
4C.Fa.21n.f56.15		PE	A votre avis quelle est l'astuce qu'ils vont dire à tout le monde ? qu'est-ce qu'il faut faire là ?		EcEt		MoSy3

		ENR	On a additionné a plus b			FaPa	MoSy2 ChCo MIn
		ENR	Faut faire...				MIn ChCo
		PE	On a additionné a plus b ! très bien !				MoSy3
		ENR	A plus b ça fait c			ErVa	MoSy1
		ENR	Ça fait ab			ErVa	MoSy1
		PE	On les a additionné ensemble. Ça fait ?				MoSy3
		ENR	Ça fait ab			ErVa	MoSy1 ChCo
		PE	Ça fait a+b. qu'est-ce qu'on a fait ensuite ?	Montre le six			MoSy3
4C.Fa.21n.f56.16		PE	ça c'est quoi ?		EcEt		
		ENR	$K*b$				MoSy1
		PE	C'est le k. et pour dire qu'on les additionné ensemble, on va rajouter un petit quelque chose ? on va rajouter un petit symbole mathématique qui dit : d'abord on fait l'addition				MoSy3
		ENR	On va mettre des parenthèses			FaPa	MoSy2 ChCo
4C.Fa.21n.f56.17	-26 :55	PE	S'il te plait, tu dois rester concentré	A un élève du fond	EcTr		Per
		EB		dessine			Per
4C.Fa.21n.f56.18		PE	Oui j'ai entendu le mot ?		EcEt		

		ENR	parenthèses				MoSy2
		PE	Oui on rajoute des parenthèses. On les met où les parenthèses ?				MoSy3
		ENR	Entre a et b				MoSy2
		PE	Une ici et l'autre	Montre avant a			MoSy2
		ENR	Après le b				MoSy2
		PE	Après le b.	Dessine au tableau			
4C.Fa.21n.f56.19		PE	Alors ça s'appelle comment ? ça commence par un f. je vais l'écrire ici		EcTr		
4C.Fa.21n.f56.20		EA		Déchire une feuille et la donne à EB			Per
		EB		Chiffonne la feuille			Per
4C.Fa.21n.f56.21		PE	Regardez bien : f... a... c... ?		EcEt		
		ENR	Facteur				
		ENR	Faction !				
		PE	Presque				
		ENR	Factor				
		ENR	Factor !				
		ENR	Factoriser !				AbEm
		PE	Voilà ça s'appelle factoriser				
4C.Fa.21n.f56.22	-25 :54	PE	Ok. Et bien c'est une règle mathématique, que des mathématiciens ont trouvé un jour et l'ont raconté à tout le monde de cette façon-là pour		Mono		

			que tout le monde puisse le faire.			
4C.Fa.21n.f56.23		EC		Ecrit le cours		MIn
		EA EB ED		Ne font rien		Per Per Per
		classe	(brouhaha)			Per
4C.Fa.21n.f56.24	-25 :08	PE	Alors, on va voir si vous arrivez à l'appliquer. Application au calcul littéral . allez on écrit ça : Application au calcul littéral	Ecrit au tableau	EcRe	
		ENR	C'est quoi application ?			ChCo
		PE	Application. C'est quoi application ?			
		PE	Vous allez utiliser cette astuce, non pas pour trouver un résultat, mais allez l'appliquer dans le calcul suivant.			
4C.Fa.21n.f56.25	-23 :30	PE		Ecrit un calcul au tableau		
		EA EB EC ED		Ecrivent la question		MIn MIn MIn MIn

4C.Fa.21n.f56.26		PE	Non non on reste concentrés, tu te tournes		EcTr		Per
4C.Fa.21n.f56.27	-23 :03	PE	Je vais vous demander de m'utiliser ça sur ça. Je vais vous demander de me factoriser ça. Factoriser ça veut dire quoi ? ça veut dire faire ça. Alors allez-y.	Montre la règle de calcul et le nouveau calcul	EcTr		MoSy3
		EA EB EC ED		réfléchissent			MIn MIn MIn MIn ChCo ChCo ChCo ChCo
4C.Fa.21n.f56.28		PE	Qu'est-ce qui se répète, qu'est-ce qui se regroupe ensemble ?		EcTr		MoSy3
		ENR	X c'est combien ?		EcEt		ChCo
		PE	Ah ! x c'est combien ?				
		ED	Un !			ErVa	ChCo MIn
		PE	Non c'est pas un				
		ENR	Un Un Un Dix-huit			ErVa ErVa ErVa ErVa 	ChCo MIn ChCo MIn ChCo MIn

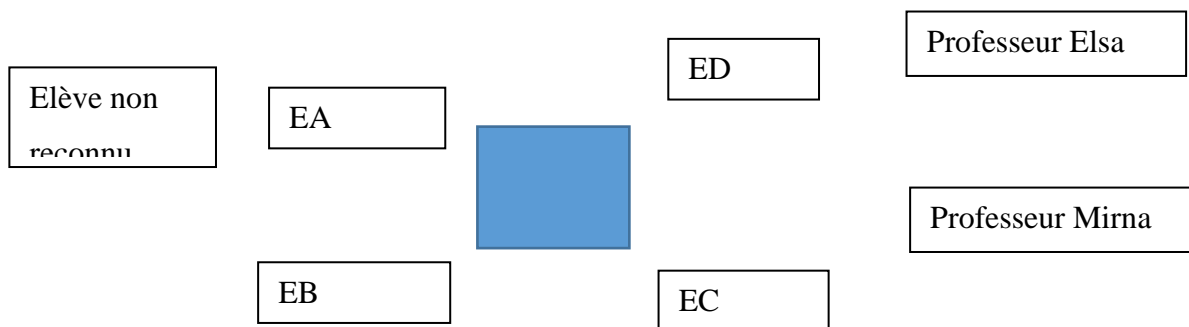
	-22 :30	PE	Qu'est-ce que c'est x ? c'est pas Un.				
		ENR	Une lettre				ChCo
		PE	C'est une lettre				
		ENR	Oui, mais c'est un ?			ErVa	ChCo MIn
	-22 :15	EC		Se tourne pour taper la tête de son camarade			Per
4C.Fa.21n.f56.29		ENR	C'est quoi la question madame ?		EcRe		ChCo MIn
		PE	C'est quoi la question. La question c'est...				
4C.Fa.21n.f56.30		PE	Stop ! non, stop !	A un élève chahuteur	EcTr		Per
		ENR	Ha ha ha !	Rigole			Per

3.20 ANNEXE AD : CODAGE DE 3D_DA_9NOV_f55

Codage de 3D_DA_9nov_f55 (Début d'activité - ; 3°D ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 55 10h) : mode ludique

Le cours débute par les explications de PE de

Cette transcription/codage est le début d'activité de -41 :38 à -30 :19 (durée : 10 minutes 41 sec) Equipe 1: EA ; EB ; Equipe 2 : EC ; ED



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
3D.DA.9n.f55.1	-41 :38	PE	C'est vous qui commencez. Ouais ?	Désigne l'équipe 1	EcTr		
		EA EB	Ha ha ha	Rigolent en guise de réponse		Per	
3D.DA.9n.f55.2		tous		Rangent les jetons	Mono		
		EB	Hahaha	Fait des grimaces devant la tablette		Per	
3D.DA.9n.f55.3	-41 :24	EA		Prend la carte n°2	EcTr		

		EB	(inaudible)	Parle à l'autre groupe			
	-41 :03	EA		Place les jetons de la carte n°2 En silence			ChCo MoEn1
3D.DA9n.f55.4		EB	Souris !	Parle à ED			Per
		EB		De lèvent pour voir si ça filme bien			Per
3D.DA.9n.f55.5	-40 :15	ED	Calcule puis regroupe les dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons	Lit la carte	EcTr		ChCo MIn
	-40 :04	EB		Prend le cube et le déplace dans un autre cercle			MIn MoEn1
3D.DA.9n.f55.6	-39 :47	ED	Ça on sait pas c'est combien ça ? Ça on sait pas c'est combien ça ?	Montre du doigt un cube	EcEt		ChCo MIn MoEn2
		EB	Ya que ça, ça et ça qu'on sait c'est dix	Prend chaque forme de jetons dans sa main			MoEn1 MoEn2
		ED EC	Dix, un, cinq	Désignent les jetons avec son stylo pour penser à leur valeur			ChCo MIn MoEn2
		EB	Dix, un, cinq	Désigne le grand rectangle, le rond et le petit rectangle			ChCo MIn MoEn2
3D.DA.9n.f55.7	-39 :25	EB	Donne le feutre !	Parle à ED	EcTr		
		EB		Ecrit au feutre sur la carte valise			Per
		EA EC ED	hahaha	Rigolent de la blague écrite par EB			Per
		EB	(...) regarde ! hahaha	Montre à un camarade son mot écrit			Per
	-38 :55	EB	(...) regarde ! hahaha	Montre à un camarade son mot écrit			Per

3D.DA.9n.f55.8		ED	Ceux là ont pas la même couleur, ils vont ensemble, faut enlever. T'as vu ? une seule couleur	Prend les jetons, les montre à EA	EcTr		ChCo MIn MoEn1 MoEn2	
	-38 :22	EA		Rajoute un grand rectangle			MoEn2	
		EB		Prend plein de jetons pour jouer			Per	
		ED	Tu enlèves ça... ça ça compte combien déjà ? cinq hein ?	Montre un jeton, parle à EA	EcTr		ChCo MIn MoEn2	
3D.DA.9n.f55.9	-36 :06	EC		Prend des jetons pour jouer			Per	
		EA		Reprend la plaque des valises pour refaire les jetons dessus			MIn MoEn1	
	-37 :43	ED		Prend des jetons pour jouer			Per	
3D.DA.9n.f55.10		EA		Déplace un cube dans un autre cercle	EcRe		ChCo MoEn1	
3D.DA.9n.f55.11		ED	Tu peux cocher des pièces	Prend le feutre pour cocher une pièce			MEx	
		EA	Non c'est que si c'est juste				MEx	
3D.DA.9n.f55.12	-37 :01	PE	Vous pouvez jouer les deux équipes en même temps		EcTr			
3D.DA.9n.f55.13		ED	On vous laisse réfléchir à vous, et nous on réfléchit à nous	Prend une nouvelle carte n°1	EcTr		MEx	
		ED	Donne moi un vert... et deux rouges	Parle à EB qui joue avec les jetons			ChCo MEx MoEn1 MoEn2	
		EB		Rend tous les jetons, dort sur la table				Per
	-36 :21	ED		Reproduit la carte avec les jetons				MoEn1

	-35 :56	EA		Prend le livret des solutions, lit puis ferme, semble ne pas avoir compris			ChCo
	-35 :33	ED	Madame ! Madame !				MEx
3D.DA.9n.f55.14		ED		Reproduit les jetons de la solution	EcTr		MoEn1
		EC	Ha il triche !				
	-34 :06	EA		Prend le livret des solutions elle aussi			
3D.DA.9n.f55.15		ED		Détruit la tour de EC puis range les jetons			Per
3D.DA.9n.f55.16		ED	Madame, viens voir !	Souris car il a triché	EcRe		MEx
3D.DA.9n.f55.17	-33 :13	PM		Arrive pour aider	EcRe		
		PM	Alors, c'est à qui cette mission ?	Montre la carte			
		EB	A nous				
		PM	Montrez-moi le livret des solutions	Complète le jeu de l'équipe 1			
		PM	Le but c'est de simplifier. Là vous avez les cercle multiplicateurs...				MoEn3
3D.DA.9n.f55.18		PM	Là y a combien de cubes ?		EcEt		MoEn3
		EA	Deux ?				ChCo MoEn2
		PM	Non, ils sont dans des cercles multiplicateurs				MoEn3
		ED	Fois deux fois trois				MoIc1
		PM	Combien ça fait là ?				
		ED	On sait pas c'est un nombre mystère				ChCo
	-32 :20	PM	Oui mais y a combien de mystère ?	Montre du doigt un cercle			MoEn3
		ED	Deux				MoEn2
		PM	Deux puisque c'est dans le cercle fois deux				MoEn3
3D.DA.9n.f55.19		PM	Et là ça fait combien en tout ?	A EA	EcEt		MoEn3

		EA	Cinq			ReCo	MoEn2
		PM	Comment on fait pour cinq mystères ?				
		ED	On rassemble un ?				
		PM	Mais non, utilisez les cercles !	Montre les cercles			MoEn3
		ED	Ha ok !	Donne un cercle fois cinq			MIn MoEn1
	-31 :47	PM	Voilà, ça fait cinq mystères	Place le cube dans le cercle			
		ED	Mais non ça fait deux !			ErRe	ChCo
		PM	Non fois deux et fois trois, ça fait fois cinq				MoIc3
3D.DA.9n.f55.20		PM	Et là ça fait quoi ?	Montre les jetons	EcRe		MoEn3
		ED	Oui mais c'est pas la même forme				ChCo MoEn2
	-31 :31	PM	Oui mais je vous rappelle que ça c'est cinq jetons	Prend un petit rectangle et remplace par cinq ronds			MoEn3
		EA		Enlève de suite deux jetons ronds verts et deux rouges		CaCo	MIn AbEm MoEn1
3D.DA.9n.f55.21		PM	Ça c'est la mission numéro 2 et moi je regarde dans le livret des solutions, regarde c'est bon ?		EcRe		
		EA	Oui				MoIc1
		PM	Donc ça veut dire que vous avez juste vous gagnez un point	Prend le feutre et coche une pièce			
		PM	C'est quoi votre couleur le bleu ou le rouge ?				
		EA	Le bleu				MEx
3D.DA.9n.f55.22	-30 :42	ED		Pioche une nouvelle carte et forme sa mission de jetons			MEx MoEn1
		EB		S'investit			MIn ChCo
3D.DA.9n.f55.23		ED		Reforme sa carte de départ	EcEt		MIn MoEn1
	-30 :52	ED	A nous Madame !				MEx
		PM	C'est quoi ta mission ?				

		ED	Réduis au max ta marchandise en une seule couleur				
		PM	D'une seule couleur				MoEn3
		ED	C'est pas la même forme ça et ça !				ChCo MIn MoEn1
		PM	On s'en fiche de la forme				MoEn3
		ED	C'est quoi ça ?	Montre un petit rectangle vert			MoEn2
		PM	Ça fait combien ça ?	Prend cinq jetons ronds verts dans le bol		CaCo	MoEn3
		ED	Ha ok ! je prends deux... hou !	Crit de joie. Fait l'échange			MEx AbEm MoEn1 MoEn2
		PM	C'est que du vert ? donc tu as gagné un point				
	-30 :19	ED	Ouais !	Sourit, Check avec son adversaire			MEx

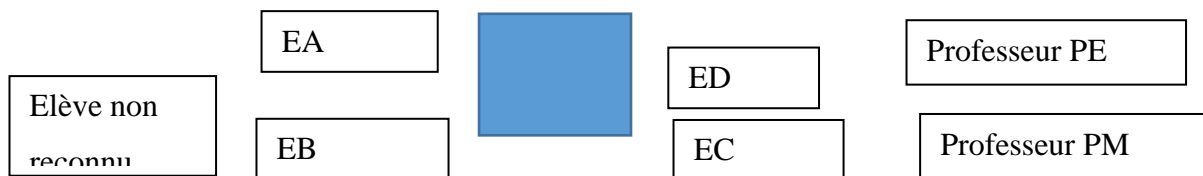
	-22 :18	PE	C'est parti !				
		EA		Se check les poings			MEx
		ED					MEx
		EB	Madame, si on a trois points là, on avance de trois étoiles ?	A PM, montre la carte des pièces puis le plateau des îles			

		PM	Demande à Madame				
		EB	Madame, par exemple si on a trois points là, on avance de trois étoiles ?				
		PE	Les étoiles c'est les cartes que tu as réussites, les pièces c'est ce qu'il y a au dos de la carte	S'assoit pour expliquer au groupe			
		PM	Il faut que tu lui redises ta question. EN fait il veut savoir à quel moment il faut prendre les cartes ?	A EB. A PE.			
		PE	Par exemple quand tu es à raiatea, tu as le choix entre ça et ça , par contre quand tu es là tu peux aller qu'à droite.				
		PM	Ici c'est forcément ça, et quand tu es là tu as le choix entre une carte de un ou une carte de deux pièces, et là t'es obligée de prendre ça.	explique le plateau des îles			

3.21 ANNEXE AE : CODAGE DE 3D_DA_9NOV_f56

Codage de 3D_DA_9nov_f56 (Début d'activité - ; 3°D ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 56 10h) : mode ludique

Cette transcription/codage est le début d'activité de -36 :48 à -31 :18 (durée : 5 minutes 30 sec) Equipe 1: EA ; EB ; Equipe 2 : EC ; ED



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
3D.DA.9n.f56.1	-36 :48	EB		Prend une carte n°22	Mono		
	-36 :34	EB	Et ça et ça et ça	Forme les jetons de la mission		MoEn1 MoEn2 MIn ChCo	
		EB		Déplace les jetons sur la plaque des valises		MoEn1	
	-35 :48	EB		Met les jetons de couleurs différentes ensemble pour les enlever		CaCo	MoEn1 MIn
		EB		Déplace les jetons sur la valise mission accomplie pas une seule couleur		MoEn1 MIn ChCo	
3D.DA.9n.f56.2	-36 :27	ED		Tire une carte	Mono		
	-36 :13	ED		Forme les jetons de la mission		MoEn1 MIn	

		ED		Met les jetons de couleurs différentes ensemble pour les enlever			MoEn1 MIn ChCo AbEm
		ED	Et voilà ! et voilà	Déplace les jetons sur la valise mission accomplie, une seule couleur (deux petits rectangles oranges, il manque un rond bleu)			MoEn1 MoEn2 MEx
3D.DA.9n.f56.3		EA		Forme une tour de jetons pour jouer	EcTr		Per
	-35 :08	ED	Donne le feutre !	Coche une pièce			MEx
3D.DA.9n.f56.4		ED		Prend une nouvelle carte	EcRe		MEx
		PE	Vous avez réussi ? vous avez vérifié dans le livret ?	Arrive pour aider			
		ED	Oui oui c'est bon !				
		PE	Et toi t'as regardé ? quelle carte ?	A EC			
		ED	La quinze	Ouvre le livret			MoIc1
		PE	Et c'est pas ça... vous voulez la refaire ou en refaire une autre ?			ErCa	MoIc3
		ED	Une autre				MEx
3D.DA.9n.f56.5	-34 :23	PE	Il faut qu'une seule couleur, et le moins de jetons possible		EcEt		MoEn3
		EB		Enlève deux ronds de couleurs différentes			MoEn1 MIn ChCo AbEm
		PE	C'est bien. Et maintenant...	Colle deux petits rectangles oranges			MoEn3
		EB		Remplace ces deux petits rectangles par un grand rectangle			MoEn1 MIn ChCo
		PM	Il faut qu'une seule couleur				MoEn3

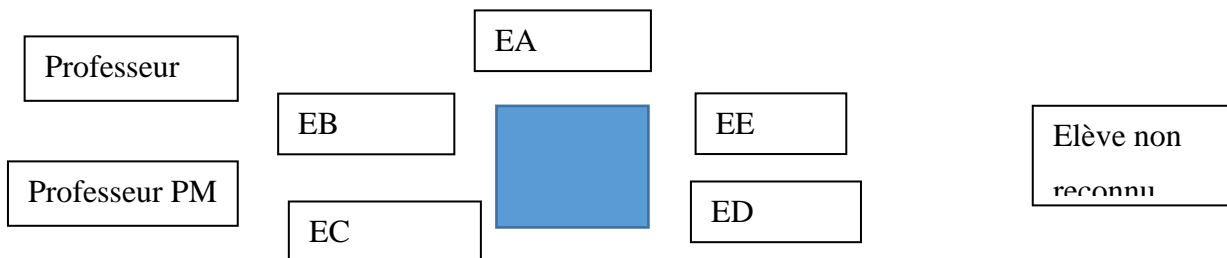
		EB		Enlève les deux grands rectangles		CaCo	MoEn1 MIn AbEm
		PE	Ça c'est qu'une seule couleur				MoEn3
3D.DA.9n.f56.6		PE	C'est la 22	Donne le livret des solutions	EcRe		
		EB	La 22. C'est juste !	Ouvre le livret			MoIc1 MEx
		PE	C'est juste très bien super !	Déplace le pion			
		PE	Vous entourez une pièce parce qu'elle valait une pièce d'accord ?	A EA			MEx
3D.DA.9n.f56.7	-33 :33	PE	Elle est où votre carte mission ?	A ED	EcEt		MoIc3
		ED		Montre sa carte à PE			MoIc1
	-33 :32	ED	On n'a pas compris				MEx MIn ChCo
		PE	Ça c'est un cercle multiplicateur				MoEn3
	-32 :57	PE	Vous avez pas compris. Il faut rassembler dans un seul cercle multiplicateur, ça veut dire qu'il faut compter combien vous avez de cubes.				MoEn3
		ED	trois				MoEn2
		PE	Pas vraiment, regarde les cercles multiplicateurs				MoEn3
		EC	Un deux trois quatre...	Touche les cubes pour compter			MoEn1 MoEn2 MIn ChCo
		PE	Là regarde . Prends un cercle... fois sept				MoEn3
		EC		Prend un nouveau cercle			MoEn1 MIn ChCo
		PE	Et on met quoi dedans ?				MoEn3
	ED	Un seul cube			DeCo	MoEn1 MoEn2 AbEm	

		PE	Oui très bien. Là on le met dans mission accomplie.				MoEn3
3D.DA.9n.f56.8		PE	Ensuite, réduis les jetons en une seule couleur		EcEt		MoIc3
		ED		Déplace les deux rectangles dans le cercle			MoEn1 ChCo
		PE	Non pas dans le cercle, à côté. Alors ça ça vaut combien ?	Prend le grand rectangle			MoEn3
		ED	dix				MoEn2
		PE	Et ça ?	Prend le petit rectangle			MoEn3
		ED	cinq				MoEn2
		PE	Et ça par quoi tu peux le remplacer ?	Montre le grand rectangle orange			MoEn3
		ED		Prend deux petits rectangles bleus			MoEn1 MIn ChCo
		PE	Et non il faut des oranges				MoEn3
		ED		Prend des ronds			MoEn1
	-31 :30	PE	Et non ça c'est des ronds. Ça ça vaut combien ?	Montre le petit rectangle			MoEn3
		ED	Ha non cinq !	Prend deux oranges			MoEn1 MoEn2 MIn ChCo AbEm
		PE	Il faut une seule couleur vous vous souvenez ce qu'il faut faire ?				MoEn3
		ED		Enlève deux petits rectangles orange et bleu		CaCo	MoEn1 MIn ChCo
3D.DA.9n.f56.9	-31 :19	PE	Allez, vous allez vérifier si c'est juste, c'est le numéro 23		EcRe		MoIc3
		ED	Et c'est juuste !!	Avec joie			MoIc2 MEx

3.22 ANNEXE AF : CODAGE DE 3F_DA_9NOV_F49

Codage de 3F_DA_9nov_f49 (Début d'activité - ; 3°F ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 49 8h) : mode enactif sans ludique

Le cours est en lien avec la fiche leçon 3°F. Cette transcription/codage est le début d'activité de -31 :19 à -26 :19 (durée : 10 min)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
3F.DA.9n.f49.1	-31 :19	PE	Vous devez reproduire le premier dessin de la fiche. C'est parti !		Mono		MoIc3
3F.DA.9n.f49.2		ED		A déjà reproduit les deux cercles	EcRe		MoEn1 MIn
		PE	Vous devez reproduire le premier dessin.			MoEn3	
		PE	T'es sûr que c'est la même chose là ?	A EB		MoIc3	
		EB		Rajoute les jetons qu'il manque		MoEn1 ChCo	
		EB	Madame c'est bon !	Appelle la prof pour vérification		MEx	
3F.DA.9n.f49.3		EE		Joue avec un bol à l'envers			Per

		EE		Touche chaque jeton du dessin reproduit sans casser			MoEn1
3F.DA.9n.f49.4	-29 :44	PE	Alors... oui ? yes c'est bon. Tu lis ?	Arrive pour aider. Vérifie les jetons	EcEt		MoEn3
		EA	Regroupe les				ChCo
		PE	Les cubes, c'est ça	Montre les cubes			MoIc3
		EA	dans un seul cercle multiplicateur (un nouveau), et réduis au max le nombre de jetons avec une seule couleur.				
		PE	Je vous laisse réfléchir. Il va falloir choisir un cercle, et compter combien il y a de cubes en tout				MoEn3
		EC	Quatre				MoEn2 ChCo
		PE	Y en a quatre en tout, t'es sûr ? regarde combien il y en a en tout	Montre l'ensemble des jetons posés			MoEn3
		EB	Y en a neuf				MoEn2 MIn
		PE	Compte bien en tout, y en a combien ?				MoEn3
		EB	Quatre				MoEn2
		PE	Tout ça, combien il y en a... tout ça !	Montre l'ensemble des jetons posés			MoEn3
		EE	Un deux trois quatre cinq six	Compte en touchant les jetons			MoEn2 MoEn1 MEx ChCo AbEm
		PE	Y en a six !				ReCo
		EB	C'est fois deux	Montre le cercle multiplicateur			MoEn2
	EC	Haaa !			MoEn2 MIn AbEm		

3F.DA.9n.f49.5		PE	Vous allez prendre lequel du coup ?	Montre tous les cercles	EcRe		MoEn3
		EE	Le fois six				MoEn2 MIn
		PE	Très bien et qu'est-ce que vous allez faire ?	Déplace le cercle au centre			MoEn3
		EE		Prend deux cubes pour le mettre dedans			MoEn1 MIn
		EB		Rajoute deux cercles			MoEn1
		PE	Attention c'est six fois ce qu'il y a dedans	Montre le cercle			MoEn3
		EE		N'en met qu'un seul		ReCo	MIn AbEm
3F.DA.9n.f49.6		PE	Un seul très bien. Maintenant on va réduire au max le nombre de jetons. Là y a trois fois ça, on va enlever le cercle et compter combien il y a de jetons				MoEn3
		EB	Trois		DeCo		MoEn2 ChCo
		PE	Trois. Et ceux là il en faut combien ?				MoEn3
	-27 :40	EE	trois				MoEn2 ChCo
		PE	Trois c'est bien. Maintenant il faut combien ?	S'en va			MoEn3
3F.DA.9n.f49.7	-27 :10	ED		Joue avec les jetons posés			Per
		EB		Se lève et ajuste la tablette pour ne pas être filmée			Per
	-26 :19	EC		Joue avec ED			Per
3F.DA.9n.f49.8		EA		Dessine sur sa main	EcEt		Per
		PE	Quand vous avez un jeton d'une couleur et un jeton d'une autre couleur, ça ça vaut combien ?	Montre un jeton à toute la classe			MoEn3
		ENR	Cinq				MoEn2
		EC	Plus Un				MoEn2
		PE	Et ça ça vaut ?				MoEn3
		ENR	Moins un				MoEn2

		PE	Moins un. Et quand je fais plus un moins un ça fait ?				MoSy3
		EC	Zéro ?				ChCo MoSy2 AbEm MIn
		PE	Zéro. Donc on enlève les jetons. Vous comprenez ? quand on a deux jetons de la même forme mais pas de la même couleur ils ? s'annulent				MoSy3
		ED EE		Jouent avec les jetons			Per Per
3F.DA.9n.f49.9	-25 :33	PE	Donc il va falloir enlever les jetons. Il faut qu'il y ait le moins de jetons possible. Et il faut qu'il y ait qu'une seule couleur.	Arrive vers le groupe	EcEt		MoEn3
		EB	Une seule couleur			MoEn2 MIn ChCo	
		PE	Une seule couleur. Alors on y va. Est-ce qu'il y en a qui s'annulent entre eux ?	Arrive vers EC et ED		MoEn3	
		EB	Oui, c'est le jaune !	Déplace les jetons		MoEn2 MoEn1 MIn	
		EC	C'est le jaune			MoEn2	
3F.DA.9n.f49.10		PE	Oui mais attends tu les as rajouté ?		EcRe		
		EC	Non c'est ce qu'il y avait				
		PE	C'est ce qu'il y avait. Et ça c'est en plus ? c'est tout ce qu'il y a là. Et ça c'est dedans ? on en est là c'est ça ?	Déplace les jetons pour reformer la carte			
3F.DA.9n.f49.11		PE	Qu'est-ce qui s'annule entre eux ?		EcRe		MoEn3
		EC	Ceux là	Montre les jetons ensemble			MoEn2 AbRe MIn MEx
		PE	Ceux-là ? une deux trois un deux trois	Vérifie le dessin			MoEn3

	-24 :56	PE	Oui c'est bon. Donc là vous avez réduit.			CaCo	MoEn3
3F.DA.9n.f49.12		EA		N'écoute pas, ne regarde pas			Per
		EE		Monte une tour de jetons			Per
3F.DA.9n.f49.13		PE	Deuxième étape vous allez traduire. C'est-à-dire vous allez traduire ici puis là	Montre les deux cases de la fiche	EcRe		MoSy3
		EB	(inaudible) ?	Montre les jetons puis la fiche			MoEn2 ChCo
		PE	Si vous voulez vous pouvez commencer par ça	Montre les jetons			MoEn3
3F.DA.9n.f49.14		EB EC	Ça c'est quinze, ça c'est cinq		EcEt		MoEn2 MoEn2 MIn MIn
		PE	Ça c'est quinze, ça c'est cinq. et là y a combien ?	Montre le cube			MoEn3
		EB	Six !				MoEn2 MEx
		PE	Et c'est quoi ça ?	Montre le cube			MoEn3
		EB	Un carré, c'est x				MoSy2
		PE	C'est x. Donc six x...	Déplace les jetons			MoSy3
		EC	Six x plus quinze				ReCo MoSy2 AbRe
		PE	Six x plus quinze.				MoSy3
3F.DA.9n.f49.15		PE	Ok vous avez compris comment on fait ? et bien vous allez fait la même chose pour là.		EcRe		
		EC	Oui oui	Hoche la tête			MIn
	-24 :05	PE		S'en va			
3F.DA.9n.f49.16		EB	C'est bon t'as pu faire le rond ?		EcEt		MoEn2
		EB		Ecrit sur sa feuille la réponse			MIn
		ED		Regarde ce que EB écrit puis prend sa feuille et lit			ChCo MIn
		EC	(inaudible) ?	Montre la feuille de ED			ChCo

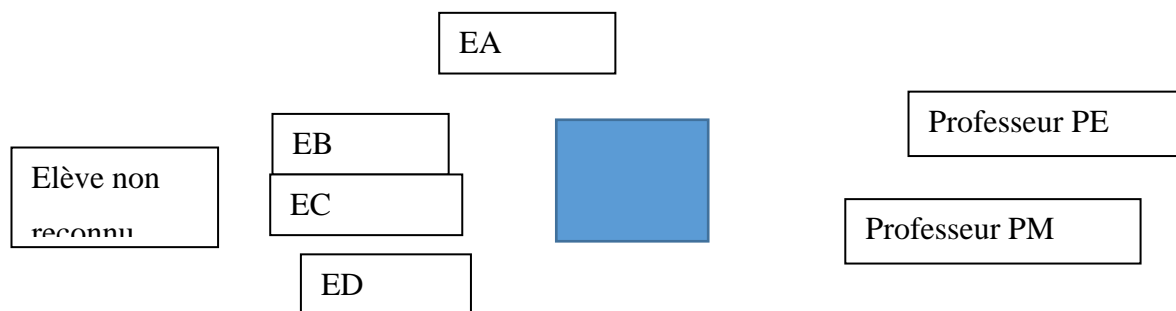
		EB	Et là combien on avait dit ?	Montre la feuille à EC			ChCo MIn MoSy1	
		EC	(inaudible)	Parle de la question			ChCo	
3F.DA.9n.f49.17		EE		Joue encore			Per	
		EA		Regarde derrière elle, ne fait rien			Per	
3F.DA.9n.f49.18		EB	(inaudible) ?	A propos de la question sur la feuille	EcTr		ChCo MIn	
	-22 :53	EB		Ramène les jetons vers elle pour refaire			ChCo	
		EC		Joue avec les jetons			Per	
3F.DA.9n.f49.19		PM	Ça va vous avez compris ?	Arrive	EcRe			
		EB EC	Oui				MIn	
3F.DA.9n.f49.20		PM	Et ça ?	Montre la fiche vide	EcEt			
		EC	Six x plus...				ReCo	ChCo MoSy2
		PM	(inaudible)	Prend le stylo et écrit sur la feuille, traduit en langage la question de départ				
		PM	Finis là					
	-21 :05	EC		Prend le stylo et écrit				ChCo MoSy1

3.23 ANNEXE AG : CODAGE DE 3F_DA_9NOV_F55

Codage de 3F_DA_9nov_55 (Début d'activité - ; 3°F ; 9 novembre ; groupe filmé par farenati 55 8h) : mode enactif sans ludique

Le cours est en lien avec la fiche leçon 3°F

Cette transcription/codage est le début d'activité de -32 :28 à -27 :28 (durée : 5 min)



Unité de Sens	Temps	locuteur	Enoncé du discours	Gestuelle significative	Type d'échange	Composantes du savoir	Patterns de compréhension
3F.DA.9n.f55.1	-32 :38	PE	C'est parti		EcRe		
		EB		Prend le bol et les cercles et forme le dessin avec les jetons			MoEn1 ChCo MIn
		EC		Prend le bol à EB pour le faire elle			MoEn1 MIn
		EB		Lui donne les cercles avec colère			
		EC		En colère lui rend tout			

3F.DA.9n.f55.2	-31 :44	PE	C'est bon vous avez réussi à reproduire le dessin ?	Arrive pour aider	EcRe		
		PE	Va-y refais le premier	A EB			
		EC et EB		Forment ensemble le dessin de jetons			MoEn1 MoEn1 MIn MIn
		PE	Est-ce que c'est exactement pareil ? ce qu'il y a autour aussi il faut le mettre				
		ED EC EB		Rajoutent ce qu'il manque			MoEn1 ChCo
		EC	C'est tout autour				MoEn2
	-31 :28	ED		Rajoute un jeton			MoEn1
3F.DA.9n.f55.3		EC et EB		Lisent en silence la consigne		ChCo ChCo	
		EC		Touche les jetons pour comprendre		ChCo MoEn1	
3F.DA.9n.f55.4		EA		Joue avec les jetons du bol	EcRe		Per
		EB	(inaudible)	Joue avec les jetons du bol			Per
		EA	(inaudible)	Jette des jetons comme des dés sur la table, rit			Per
		EA	(inaudible)	recommence			Per
		EB		Vide le bol sur la table			Per
	-29 :21	EA	(inaudible)	Cache des jetons sous le bol retourné			Per
		EB	Cinq !				Per
	EA	Ouais t'as gagné !			Per		
3F.DA.9n.f55.5	-28 :56	EC		Remplis le bol	EcTr		

	-28 :35	EB		Se lève pour regarder ce que filme la tablette			Per
		PE	L'objectif de l'activité c'est de réduire au maximum les jetons				
		EA		Construit une tour			Per
	-27 :38	EC		Souffle dessus pour que ça tombe			Per
		EA		Range les jetons et écoute PE			
		EB EC ED		Ecoute PE			ChCo Min
		PE	Quand je fais cinq plus moins cinq ça fait combien ?				
		EB	Ça fait zéro			CaCo	ChCo Min
	-27 :28	ED	Ça fait zéro				ChCo Min

