N°d'ordre NNT : 2016LYSE2061

THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

Opérée au sein de

L'UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2

École Doctorale :
ED 485 : Éducation- Psychologie- Information et communication

Sciences de l'Éducation

Soutenue publiquement le 22 juin 2016, par :

Hassan ALCHEGHRI

Usages pédagogiques du tableau numérique interactif

Étude exploratoire pour l'enseignement et l'apprentissage d'une discipline scolaire au cycle III de l'école primaire en France

Devant le jury composé de :

Yvan ABERNOT, Professeur des universités, École Nationale Supérieure Agronomique, Président
Henri PEYRONIE, Professeur émérite, Université de Caen, Rapporteur
Florent PASQUIER, Maitre de conférences, Université Paris 1, Examinateur
Jean-Claude RÉGNIER, Professeur des Universités, Université Lumière Lyon2, Directeur de thèse
Françoise POYET, Maître de conférences HDR, Université Lyon1, Co-Directrice

Université de Lyon

UNIVERSITE LUMIERE LYON 2

Ecole Doctorale EPIC

ED 485 – Education- Psychologie- Information et communication

Unité Mixte de Recherche – UMR 5191 ICAR

Année 2016

TOME I

Usages pédagogiques du tableau numérique interactif

Étude exploratoire pour l'enseignement et l'apprentissage d'une discipline scolaire au cycle III de l'école primaire en France

Thèse de Doctorat en Sciences de l'Éducation

Dirigée par le Professeur Jean-Claude Régnier et co-dirigée par

Madame Françoise Poyet

Présentée et soutenue publiquement le 22 juin 2016

Par

Hassan ALCHEGHRI

Devant le jury composé de :

Yvan Abernot, Professeur des universités, École Nationale Supérieure Agronomique, Toulouse

Florent Pasquier, Maitre de conférences, ESPÉ de l'Académie de Paris, Université Paris Sorbonne

Henri Peyronie Professeur des universités émérite, Université de Caen

Françoise Poyet Maitresse de conférences HDR, ESPÉ de l'Académie de Lyon, Université Lyon1

Jean-Claude Régnier, Professeur des Universités, Université Lumière Lyon2

Table des matières

Résumé *12*

Abstract *14*

Remerciements *16*

Introduction *18*

PARTIE I : Tableau Numérique (Blanc) Interactif : exploitation des potentialités théoriques et des caractéristiques observées *24*

1. Description technico-pédagogique du TNI/TBI *25*

1.1. Exploration de quelques définitions du TNI/TBI **25**

1.2. Distinction des désignations : TNI et TBI **26**

1.3. L'objet TNI/TBI **27**

1.3.1. Quelques principes techniques du TNI/TBI 27

1.3.1.1. Principaux composants du TNI/TBI 27

1.3.1.2. Deux modèles pour cet outil : TNI et TBI 28

1.3.1.3. Principaux modes de manipulation du TNI/TBI 29

1.3.1.4. Principaux mécanisme du TNI/TBI 30

1.3.1.5. Modes de connexions au sein du dispositif TNI/TBI 30

1.3.1.6. Modes d'installation/TBI 30

1.3.1.7. Comment fonctionne un TBI ? 30

1.3.1.8. Modes de projection du TBI 31

1.3.2. Accessoires complémentaires du TNI/TBI 32

1.3.3. Logiciels du TNI/TBI 33

1.4. Aspects pédagogiques de l'usage du TNI/TBI **35**

1.4.1. Retour sur les notions d'usage, d'utilisation et pratique 35

1.4.2. Quelques aspects pédagogiques du TNI/TBI 36

1.5. Comment les enseignants utilisent-ils le TNI/TBI ? **38**

1.6. Catégories des usages du TNI/TBI selon les utilisateurs **41**

1.7. Stratégies d'usage du TNI/TBI **45**

1.7.1. Le modèle de Beauchamp et Parkinson (2005) 45

1.7.2. Le modèle de British Educational Communications and Technology Agency (2006) 46

1.7.2.1. Améliorer la discussion en classe 46

1.7.2.2. Modélisation, démonstration, annotation ----------48

1.8. Un TNI/TBI pour quoi faire ? Quels sont ses attributs ?.....49

1.9. Avantages et limites de l'usage du TNI/TBI 51

1.9.1. Avantages du TNI/TBI 51

1.9.2. Limites du TNI/TBI..... 52

1.10. Conclusion du chapitre.....53

2. Approche historique du TNI/TBI 53

2.1. Contexte d'apparition du TNI/TBI 53

2.2. Contextes d'équipement en TNI/TBI 54

2.2.1. Contexte du système scolaire français..... 54

2.2.2. Quelques éléments de comparaison internationale 56

2.3. Exploration de la littérature francophone sur le TNI/TBI en éducation 58

2.3.1. Synthèse des résultats issus de quatre rapports sur le TNI/TBI en contexte français 59

2.3.1.1. À propos des connaissances apprises ----------60

2.3.1.2. À propos du concept de soi----------62

2.3.1.3. À propos de la motivation intrinsèque ----------63

2.3.1.4. Principales utilisations du TNI/TBI identifiées ----------63

2.3.1.5. Quelques ressources pédagogiques accessibles par le TNI/TBI ----------64

2.3.2. Points communs entre les quatre précédents rapports..... 65

2.4. Que disent les recherches sur le TNI/TBI en contexte éducatif ?.....65

2.4.1. Quelques remarques sur les recherches conduites sur le TNI/TBI en contexte éducatif 66

2.4.2. Quels sont les impacts du TNI/TBI dans les processus d'enseignement et d'apprentissage ? 68

2.4.2.1. Impacts relatifs à la motivation ----------68

2.4.2.2. Autour des perceptions et représentations des enseignants et des élèves ----------70

Perceptions des enseignants 70

Perceptions des élèves 71

2.4.2.3. Interactivité du TNI/TBI----------74

2.4.2.4. Création d'environnements d'apprentissage interactifs avec le TNI/TBI----------74

2.4.2.5. Impacts du TNI/TBI sur les conceptions pédagogiques----------76

2.4.2.6. Impacts du TNI/TBI sur les pratiques de résolution de problèmes par les élèves----------76

2.4.2.7. Impacts du TNI/TBI sur les performances et les réussites scolaires----------77

2.4.3. Principales contraintes liées à l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire 79

2.4.4. Dans quels domaines et disciplines l'usage du TNI/TBI est-il possible ? 81

2.4.5. À quel niveau scolaire peut-on utiliser le TNI/TBI ?..... 83

2.5. Conclusion du chapitre.....83

PARTIE II : Cadre théorique de la recherche *85*

1. Autour de l'approche instrumentale *86*

1.1. Approches théoriques de la relation homme-machine **86**

1.2. De l'outil à l'instrument **87**

1.3. Construction d'une définition de l'instrument **89**

1.4. Autour du concept d'instruments psychologiques **90**

1.5. Approche instrumentale selon Pierre Rabardel **91**

1.5.1. De l'artefact à l'instrument 92

1.5.1.1. Distinction entre l'artefact et l'instrument ----------92

1.5.1.2. Autour des schèmes d'utilisation ----------94

1.5.1.3. Genèses instrumentales : instrumentation et instrumentalisation ----------99

1.5.2. Autour des activités instrumentées : types et modalités 103

1.5.2.1. Types d'activités : productives et constructives ---------- 103

1.5.2.2. Modalités d'activités instrumentées ---------- 104

Le modèle de situation d'activités instrumentées (S.A.I.) 104

Le modèle de situation d'activités collectives instrumentées (S.A.C.I.) 105

1.5.3. Exploitation de l'approche instrumentale dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques 106

1.5.3.1. Genèses instrumentales des enseignants ---------- 107

1.5.3.2. Genèses instrumentales des élèves ---------- 109

1.5.4. L'instrument n'est pas neutre 112

1.6. Objectif de la mise en œuvre de l'approche instrumentale dans notre recherche ...**113**

1.7. Conclusion du chapitre **114**

2. Autour de la théorie de l'activité *114*

2.1. Quelques aspects historiques de la théorie de l'activité **115**

2.2. Pertinence du cadre de la théorie de l'activité en sciences de l'éducation **116**

2.3. Trois générations de la théorie de l'activité **117**

2.4. À propos des niveaux hiérarchiques de l'activité **118**

2.5. Théorie de l'activité d'Engeström **119**

2.5.1. Principes théoriques du modèle d'Engeström 120

2.5.2. Pôles du modèle de la théorie de l'activité d'Engeström 121

2.5.3. Triades de nœuds : un modèle opératoire du modèle d'Engeström 122

2.5.3.1. Triade 1 : Sujet-Outil-Objet ---------- 123

2.5.3.2. Triade 2 : Sujet-Règles-Objet ---------- 123
2.5.3.3. Triade 3: Sujet-Division du travail-Objet ---------- 124
2.5.3.4. Triade 4 : Sujet-Communauté-Objet ---------- 124
2.5.3.5. Triade 5 : Communauté-Outil-Objet ---------- 124
2.5.3.6. Triade 6 : Communauté-Outil-Sujet ---------- 124
2.5.3.7. Triade 7 : Communauté-Règles-Sujet ---------- 124
2.5.3.8. Triade 8 : Communauté-Division du travail-Sujet ---------- 125
2.5.3.9. Triade 9 : Communauté-Division du travail-Objet ---------- 125
2.5.3.10. Triade 10 : Communauté-Règles-Objet ---------- 125

2.6. Application de la théorie de l'activité d'Engeström à notre recherche.....125

2.7. Objectifs de la mise en œuvre de la théorie de l'activité dans notre recherche.....126

2.8. Mise en œuvre de la théorie de l'activité à l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.....127

2.9. Articulation entre approche instrumentale et théorie de l'activité 130

2.9.1. Pourquoi nous appuyons-nous sur l'approche instrumentale et la théorie de l'activité dans notre recherche ? 130

2.10. Conclusion du chapitre.....131

3. Enseignement-apprentissage de la notion de fraction 131

3.1. Pourquoi avoir choisi l'étude de la notion de fraction ? 132

3.2. Développement cognitif de l'enfant 132

3.2.1. Facteurs de développement cognitif selon Piaget 132
3.2.2. Les stades du développement selon Piaget 133

3.3. Les différents aspects des fractions 134

3.3.1. Les fractions : point de vue mathématiques…..... 134
3.3.1.1. Définition des fractions ---------- 134
3.3.1.2. Types de fractions ---------- 135
3.3.1.3. Significations des fractions ---------- 136
3.3.1.4. Importance des fractions ---------- 139
3.3.2. Comment présente-t-on la notion de fraction dans les programmes scolaires français de 2008 ? 139
3.3.2.1. En classe de Cours Moyen première année - CM1 ---------- 139
3.3.2.2. En classe de Cours Moyen deuxième année - CM2 ---------- 143
3.3.3. Comment présente-t-on les fractions dans les manuels scolaires français ? 144
3.3.3.1. En classe de CM1 ---------- 144
3.3.3.2. En classe de CM2 ---------- 148

3.4. Quelques usages des fractions dans la vie quotidienne 153

3.5. Représentation et visualisation des fractions 154
3.5.1. Représenter les fractions à l'aide d'objets concrets 154
3.5.2. Représenter les fractions symboliquement 155
3.6. À propos du développement de la notion de fraction chez l'enfant 156
3.6.1. Selon les études de Piaget et ses collaborateurs (1948) 156
3.6.2. Selon les études de Parat-Dayan et Vonéche (1991) 159
3.7. Les difficultés et les obstacles à l'apprentissage de la notion de fraction 162
3.8. Quelques exemples-problèmes évoquant les élèves dans l'apprentissage des fractions 164
3.9. Conclusion du chapitre 166
4. Retour sur la problématique et les hypothèses de recherche 167
4.1. Questions de recherche 172
4.1.1. Première question de recherche : interactivité technico-pédagogique 172
4.1.2. Deuxième question de recherche : modalités de travail de l'enseignant et des élèves 172
4.1.3. Troisième question de recherche : supports multimodaux 173
4.2. Objectifs de la recherche 173
4.3. Hypothèses de recherche 174
4.3.1. Hypothèse concernant l'interactivité technico-pédagogique 174
4.3.2. Hypothèse concernant les modalités de travail de l'enseignant et des élèves 174
4.3.3. Hypothèse concernant les supports multimodaux 175
PARTIE III : Méthodologie de construction des données 176
1. Le terrain de recherche 177
1.1. Etablissement scolaire 177
1.2. Présentation des enseignantes 178
1.2.1. Enseignante de la classe de CM1 178
1.2.2. Enseignante de la classe de CM2 179
1.3. Populations-cible concernées par la recherche 180
1.3.1. Population des élèves 180
1.3.1. Population des enseignants 180
1.4. Méthode d'échantillonnage mise en œuvre 180
1.5. Taille de l'échantillon-enseignants et de l'échantillon-élèves 183
2. Instruments de construction des données 184

2.1. Construction des données par des tests de connaissances 185

2.1.1. Autour des tests de connaissances : définition et principes 185

2.1.2. Construction des données par l'application de nos tests de connaissances 185

2.2. Construction des données par observation directe 186

2.2.1. Enquête par observation : définition, principes et modalités 186

2.2.2. Réalisation de l'enquête par observation 188

2.2.2.1. Première modalité de notre enquête par observation : classe entière ---------- 189

2.2.2.2. Seconde modalité de notre enquête par observation : petit groupe ---------- 189

2.2.2.3. Troisième modalité de notre enquête par observation : individuel ---------- 191

2.3. Construction des données par enquête par questionnaire 192

2.3.1. Enquête par questionnaire : définition et étapes 192

2.3.2. Réalisation et administration de notre questionnaire 192

2.4. Construction des données par enquête par entretien 194

2.4.1. Enquête par entretien : définition, principes et modalités 194

2.4.2. Réalisation de l'enquête par entretien 194

2.4.3. Déroulement de l'entretien 195

2.5. Difficultés majeures rencontrées lors de la construction de nos données 196

PARTIE IV : Traitement, analyse des données, interprétations des résultats et discussion 197

1. Variables et méthodes de traitement des données 198

1.1. Protocoles précédents le traitement et l'analyse des données 198

1.1.1. Construction des données par tests de connaissances 198

1.1.2. Enquête par observation directe 198

1.1.3. Enquête par questionnaire 199

1.1.4. Enquête par entretien 199

1.1.4.1. Transcription des entretiens ---------- 199

1.1.4.2. Codage des entretiens ---------- 199

1.2. Méthodes et techniques de traitements des données 200

1.2.1. Qu'est-ce que l'Analyse Statistique Implicative ? 201

1.2.2. Le logiciel Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive : C.H.I.C. 201

1.3. Description des variables secondaires (supplémentaires) caractérisant les individus de nos échantillons 203

1.4. Bilan des traitements et des analyses de l'ensemble des données construites 209

2. Traitement et analyse des données obtenues par les tests de connaissances 210

2.1. Test de comparaison des moyennes de deux échantillons appariés : le test T de Student 210

2.2. Test de T de Student apparié pour les élèves de CM1 210

2.3. Test de T de Student apparié pour les élèves de CM2 212

3. Traitement et analyse des données obtenues par les observations directes..... 213

3.1. Résultats obtenus par l'observation des classes entières 213

3.1.1. Modalités de l'usage du TNI 213

3.1.2. Potentiels pédagogiques mis à profil..... 216

3.1.3. Rôles et actions de l'enseignant et des élèves..... 217

3.1.3.1. Rôles et actions des élèves ---------- 217

3.1.3.2. Rôles et actions des deux enseignantes observées ---------- 219

3.1.4. Ressources et supports pédagogiques utilisés..... 220

3.1.4.1. Ressources utilisées dans les classes observées ---------- 220

3.1.4.2. Supports utilisés dans les classes observées ---------- 221

3.1.5. Utilité des mises en œuvre du TNI..... 222

3.2. Données construites par enquête par observation en petits groupes 223

3.2.1. Résultats issus de nos observations en général en petits groupes 223

3.2.2. Résultats issus de la discussion avec les élèves des petits groupes..... 226

3.3. Données construites par enquête par observation individuelle 227

3.3.1. Résultats issus de nos observations individuelles 227

3.3.2. Résultats issus de la discussion des observations individuelles avec les élèves..... 227

4. Traitement et analyse des données obtenues par les entretiens semi-directifs ... 228

4.1. Entretien avec les enseignants.....228

4.1.1. À propos des difficultés d'enseigner la notion de fraction 228

4.1.2. Enseignement des fractions en utilisant le TNI 229

4.1.3. Représentations des fractions par la médiation du TNI..... 232

4.1.4. Modalités d'enseignement-apprentissage des fractions avec le TNI 233

4.1.5. Interactions établies à l'aide du TNI 234

4.2. Entretien avec les élèves 234

4.2.1. À propos des difficultés d'apprendre la notion de fraction 234

4.2.2. Représentations des fractions par la médiation du TNI..... 235

4.2.3. Modalités d'enseignement-apprentissage des fractions avec le TNI 236

4.2.4. Interactions établies à l'aide du TNI 237

5. Traitement et analyse des données obtenues par les questionnaires..... 238

5.1. Questionnaire des enseignants.....238

5.1.1. Place et sens de la notion de fraction 239
5.1.2. Modalités de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions 246
5.1.3. Représentation des fractions à travers le TNI 261
5.1.4. Interactions médiées par le TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions 266
5.1.5. Place et rôle du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions 274
5.1.6. Appréciation des enseignants des potentiels pédagogiques du TNI 282
5.1.6.1. Le recours au test W de Kendall ---------- 283
5.1.6.2. Le recours à l'analyse statistique implicative (ASI) ---------- 286
L'arbre des similitudes : étude des similarités entre les variables 287
Le graphe implicatif : réseaux des variables 288
L'arbre cohésitif : classification hiérarchique orientée par la relation de quasi-implication 291
5.2. Questionnaire des élèves 292
5.2.1. Place et rôle du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions 292
5.2.2. Interactions médiées par le TNI entre le maître et les élèves et les élèves entre eux 303
5.2.3. Représentations des fractions à travers le TNI 311
5.2.4. Modalités d'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions 317
5.2.5. Avantages et limites d'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions 324
6. Synthèse des résultats et discussion 327
6.1. La question d'interactivité technico-pédagogique 327
6.1.1. Première question élémentaire : l'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions ? 327
6.1.2. Deuxième question élémentaire : l'interaction enseignant-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ? 330
6.1.3. Troisième question élémentaire : l'interaction élève(s)-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ? 333
6.1.4. Synthèse et discussion des résultats mettant à l'épreuve la première hypothèse 336
6.2. La question de modalités de travail 340
6.2.1. Première question élémentaire : quelle modalité de l'usage du TNI a-t-elle la préférence des élèves pour apprendre les fractions ? 340
6.2.2. Deuxième question élémentaire : dans quelles activités les élèves préfèrent-ils utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes, en individuel, dans les situations d'apprentissage sur les fractions ? . 341
6.2.3. Troisième question élémentaire : dans quels contextes les enseignants préfèrent-ils utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes, en individuel, dans les situations d'enseignement sur les fractions ? 343

6.2.4. Synthèse et discussion des résultats mettant à l'épreuve la deuxième hypothèse 348

6.3. La question des supports multimodaux 351

6.3.1. Première question élémentaire : les supports visuels fournis par le tableau numérique interactif représentent-ils un appui cognitif pour les élèves lors du processus d'apprentissage de la notion de fraction ? 352

6.3.2. Deuxième question élémentaire : les supports manipulables fournis par le tableau numérique interactif constituent-ils un soutien cognitif pour les élèves au cours du processus d'apprentissage de la notion de fraction?..... 355

6.3.3. Synthèse et discussion des résultats mettant à l'épreuve la troisième hypothèse 358

Conclusion générale 362

1. Retour sur les questions et les hypothèses de notre recherche 362

1.1. Interactivité technico-pédagogique 363

1.2. Modalités et l'ergonomie de travail.....364

1.3. Supports multimodaux visuels et manipulables 366

2. Limites de la recherche et domaine de la validité des résultats 367

3. Perspectives de la recherche 368

Bibliographie..... 372

Sitographie 389

Index des figures..... 393

Index des tableaux 397

Résumé

Notre travail de thèse porte sur les usages du tableau numérique interactif (TNI) en milieu scolaire. Nous étudions plus particulièrement les effets cognitifs des trois potentiels pédagogiques du TNI sur l'enseignement-apprentissage d'une discipline scolaire au cycle III de l'école primaire en France. L'étude est conduite en classes de CM1 et de CM2 et porte sur l'enseignement-apprentissage de la notion de fraction.

La relation entre l'utilisation du TNI et les effets de ces usages sur l'apprentissage des élèves apparait complexe et soulève beaucoup de questions. Cette complexité provient avant tout de la pluralité des facteurs participant plus ou moins au processus d'enseignement et d'apprentissage. Pour mieux appréhender cette problématique, notre recherche s'est centrée sur l'influence des trois thématiques du TNI : 1. L'interactivité technico-pédagogique supportée par l'usage du TNI ; 2. Les modalités et l'ergonomie de travail impliqué par l'usage du TNI ; 3. Les supports multimodaux visuels et manipulables utilisé sur cet instrument numérique.

Cette étude s'appuie sur des éléments théoriques mis en œuvre dans les recherches dans les domaines de la pédagogie et des didactiques disciplinaires permettant de traiter cette problématique. Nous avons porté notre réflexion, dans un premier temps, sur la notion de médiation en nous appuyant sur l'approche instrumentale selon Rabardel (1995). Les tâches réalisées en classe se font dans un cadre collectif. Nous les analysons, dans un deuxième temps, selon la théorie de l'activité d'Engeström (1987). Nous nous inspirons, enfin, des travaux de Piaget (1948) afin de comprendre le développement et la construction de la notion de fraction chez l'enfant. En outre, dans cette recherche, le TNI n'est pas un instrument isolé des autres éléments existant en classe mais il est un dispositif techno-sémio-pragmatique (Peraya, 1999). De ce point de vue, le TNI réunit trois entités : la technique, la sémiotique et le social. Le TNI est donc vu comme l'ensemble des interactions entre ces trois domaines : technologique, technosocial et système de représentations de l'ordre du sémiocognitif.

Les trois champs d'investigation du TNI ont été menés auprès d'un échantillon composé d'élèves et d'enseignants du département du Rhône et Lyon intra-muros à travers des questionnaires, des observations directes sur le terrain, des entretiens et des pré et post tests. L'objectif de pluralité des outils de construction des données était de confronter les avis obtenus afin de s'interroger sur les effets des trois potentiels pédagogiques du TNI sur l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction.

Résumé

Cette recherche montre que le TNI est un instrument très utile pour l'enseignement-apprentissage des fractions. En particulier, nous avons constaté que le TNI favorise les interactions entre les différents acteurs dans la classe et la construction collective des connaissances. Les enseignants ont insisté particulièrement sur l'aide que le TNI apportait au développement relationnel des élèves et facilitait singulièrement la conceptualisation de la notion de fraction. Les supports multimodaux visuels et manipulables du TNI constituent également une aide cognitive pour les élèves dans leur apprentissage.

Mots-clés : tableau numérique interactif, approche instrumentale, théorie de l'activité, utilité cognitive, situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions.

Abstract

Our work deals with the use of interactive whiteboard (IWB) in schools. We are particularly interested in the cognitive effects of three pedagogical potentials of the IWB on the teaching and learning in Cycle III of primary school in France. The study is conducted in primary classes 4 (CM1) and primary 5 (CM2) and focuses on the teaching and learning of the concept of fractions.

The relationship between the use of IWB and the effects of these practices on student learning appears complex and raises many questions. This complexity comes primarily from the plurality of factors more or less involved in the teaching and learning process. To better understand this issue, our research focuses on the influence of the three themes of the IWB: 1. the technical educational interactivity supported by the use of IWB; 2. the terms and working ergonomics involved by the use of IWB; 3. Visual and manipulated multimodal media used on this digital instrument.

This study focuses on theoretical elements used in research in the fields of education and disciplinary teaching to address this problem. We based our thinking, initially, on the notion of mediation by drawing on the instrumental approach according to Rabardel (1995). The tasks done in the classroom are in a collective framework. Secondly, we analyze, according to the theory of activity of Engeström (1987). Finally, we are inspired by the works of Piaget (1948) in order to understand the development and construction of the notion of fractions in children. Besides, in this research, the IWB is not isolated from other existing elements in the class but it is a techno-semiotic-pragmatic device (Peraya, 1999). From this point of view, the IWB meets three entities: the technic, the semiotics and the social. The IWB is seen as the set of interactions between these three areas: technological, technosocial and system of representations of the order of semiocognitif.

The three fields of investigation of the IWB were conducted with a sample composed of students and teachers from the department of Rhone through questionnaires, direct field observations, interviews and pre and post testing. The objective of plurality of data construction tools was to confront the opinions obtained in order to consider the effects of three pedagogical potentials of the IWB on the teaching and learning of the concept of fractions.

This research shows that IWB is a very useful tool for the teaching and learning of fractions. In particular, we found that the IWB promotes interactions between different actors in the classroom and the collective construction of knowledge. Teachers have particularly

emphasized the assistance the IWB has brought to the relational development of students and the singular facilitation the conceptualization of the concept of fractions. Visual and multimodal media manipulation of the IWB is also a cognitive aid for students in their learning.

Keywords: interactive whiteboard, instrumental approach, activity theory, cognitive utility, teaching-learning situations of fractions.

Remerciements

Je tiens à remercier chaleureusement Jean-Claude Régnier, mon directeur de thèse, pour m'avoir confié ce travail de recherche ainsi que pour les encouragements et le soutien tout au long de ces quatre années d'encadrement scientifique parce que vous m'avez toujours montré de la disponibilité et de la bienveillance. Vous avez su me motiver en me signalant les pistes à creuser tout en me faisant suffisamment confiance pour que je puisse toujours mener ma recherche en toute liberté. Un très grand merci pour m'avoir formé et transmis le goût du métier de chercheur.

Mes remerciements vont aussi à Françoise Poyet, ma co-directrice de thèse, pour le suivi, les conseils et le soutien. Vous avez alimenté ma réflexion par vos remarques et vos suggestions. Vous vous êtes montré très disponible et m'avez apporté une expertise considérable dans le domaine des TICE, avec enthousiasme et conviction.

Ma gratitude va également à Christian Buty pour ses remarques et ses conseils lors de nos séminaires ADATIC ainsi que lors de nos rencontres individuelles.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers tous les membres du jury qui ont accepté de consacrer un temps considérable à la lecture critique de ce travail. Je remercie en particulier Henri Peyronie et Yvan Aberno qui ont accepté d'être les rapporteurs de ma thèse. J'adresse mes remerciements très particuliers et profonds à Henri Peyronie qui m'a conduit à pouvoir aujourd'hui soutenir ma thèse par son rôle comme responsable des étudiants en sciences de l'éducation dans le cadre du *Programme Assistants-Boursiers* (PAB). Grâce à ce programme, j'ai pu poursuivre mes études doctorales en France.

Je remercie aussi toute l'équipe de l'école doctorale EPIC, notamment Monsieur André Robert, directeur d'EPIC, pour ses encouragements, sa gentillesse et son soutien. Ainsi que toute l'équipe administrative et pédagogique du laboratoire ICAR.

Je remercie également Monsieur François-Xavier Vautherin pour le temps consacré à la lecture et à la correction de ma thèse.

Je remercie également l'ensemble des enseignants et des enseignantes qui ont répondu à mes enquêtes, ainsi que ceux et celles qui m'ont donné toutes les informations nécessaires et qui ont été les relais de mes instruments de construction des données.

Ces remerciements ne seraient pas complets sans une pensée pour mes ami(e)s et mes collègues d'ADATIC qui m'ont aidé et soutenu au cours de ces quatre années de thèse. Merci à Abdul-Aziz Alahmadati, Zoulfakar Jammoul, Diane Diaz, Évelyne Villard, Clémence Boxberger, Aniceto Mapfala...

Mes remerciements vont à toute ma famille en Syrie, et principalement à mes parents (Mustafa et Khadra) qui m'ont toujours encouragé à poursuivre mes études. Je pense toujours à vous particulièrement dans la situation terrible dans laquelle vous vivez. Je vous dédie ce travail. Une pensée va aussi vers mes frères (Marwan, Radwan, Omar et Ahmad) et sœurs (Aïda et Montaha) restés en Syrie.

Enfin, une pensée va tout particulièrement à mon épouse, Dalal, qui m'a soutenu indéfectiblement tout au long de ma recherche ainsi qu'à mes trois enfants, Ahmad, Bayan, Tasnime.

Introduction

L'intégration d'outils informatiques puis numériques dans le domaine de l'éducation est en constante évolution. De nouveaux outils apparaissent continuellement et sont mis à la disposition des enseignants et de leurs élèves. Le tableau numérique interactif (en abrégé TNI) parfois appelé le tableau blanc interactif (en abrégé TBI) a d'abord vu le jour aux États-Unis au début des années 90, avant de s'exporter et d'être utilisé en éducation à travers le monde à la fin des années 1990 et au début du 21ème siècle. Devenu dans certains pays, un outil technologique très répandu en milieu scolaire, il occupe une place de plus en plus importante dans les classes à travers le monde faisant désormais partie intégrante du paysage scolaire. Cet outil que nous désignons désormais par le sigle TNI/TBI a introduit d'importants changements dans les pratiques pédagogiques et a permis de faire évoluer la pédagogie elle-même. Le TNI/TBI, en tant que dispositif techno-pédagogique, a permis de faire évoluer la pédagogie transmissive vers des modèles constructivistes. Cette construction du savoir à l'aide du TNI/TBI est à la fois individuelle et collective.

Le travail présenté ici s'intéresse particulièrement à l'étude des usages et de l'utilité du TNI/TBI en milieu scolaire. Nous avons choisi la discipline des mathématiques et plus particulièrement la notion de fraction au cycle III de l'école primaire en France comme champ d'études pour appliquer notre recherche. Les recherches conduites sur la didactique des mathématiques montrent que les élèves sont confrontés à de nombreux problèmes pour apprendre, comprendre et conceptualiser la notion de fraction. L'enseignant rencontre aussi des difficultés pour faire comprendre aux élèves cette notion. Ces difficultés proviennent de plusieurs sources : la façon de représenter et de visualiser les fractions, la méthode pédagogique suivie par l'enseignant, les supports utilisés pour aider les élèves à concrétiser les fractions et la limitation des situations-problèmes données aux élèves (Carette *et al*., 2009 ; Coquin et Camos, 2006).

Nous avons choisi la notion de fraction entre toutes les notions mathématiques enseignées à l'école primaire pour deux raisons principales. Nos lectures dans les recherches conduites sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques à l'école primaire nous ont montré que cette notion est l'une des plus difficiles. Elle ne nécessite pas seulement de maîtriser les opérations de calculs mais aussi de savoir la représenter. À partir de nos expériences personnelles et professionnelles, il ressort que les enseignants ont du mal à enseigner et faire comprendre cette notion à leurs élèves. Certains d'entre eux pensent que les

fractions sont très abstraites et que les enfants, à cet âge, ne sont pas prêts à les conceptualiser et à les apprendre. À partir de ces travaux et de constats personnels, la notion de fraction semble générer un ensemble d'obstacles cognitifs chez les enfants.

Les supports papiers peuvent concrétiser la notion de fraction mais les manipulations ne sont guère possibles car il n'y a pas d'interactivité. Le TNI/TBI pourrait être une solution alternative parce qu'il possède ces possibilités pédagogiques. Cet instrument numérique possède des potentiels pédagogiques pouvant jouer un rôle de facilitateur et de concrétisation pour l'enseignement-apprentissage des fractions. Cet instrument permet aussi de faire varier les ressources pédagogiques utilisées. Le TNI/TBI permet également de représenter et de visualiser les fractions d'une manière plus concrète et plus animée. Il permet par ailleurs de favoriser les interactions entre les différents acteurs de la classe. La représentation des fractions par l'intermédiaire du TNI/TBI est renforcée aussi par la diversité des modalités du travail. Le TNI/TBI permet de varier les modalités de réalisation des activités fractionnaires en classe : en grand groupe, en petits groupes et individuellement. L'enseignant peut varier entre ces modalités lors de la représentation des fractions selon l'objectif des situations d'enseignement et en fonction de besoins de ses élèves. Il peut en effet se focaliser sur un élève ou sur un petit groupe d'élèves pour réexpliquer une notion qui n'est pas acquise par un ou plusieurs élèves. Les manipulations physiques des fractions par l'élève semblent aussi un atout pédagogique de l'usage du TNI/TBI et de son utilité (Tricot *et al*., 2003). Le TNI/TBI permet également de faire des combinaisons entre les supports visuels et manipulables.

Ce travail s'inscrit dans le domaine cognitif de l'utilisation du TNI/TBI. Nous nous basons sur les connaissances des fractions prescrites dans les programmes scolaires 2008 des mathématiques. Nos lectures dans la littérature du TNI/TBI nous ont amené à catégoriser les travaux menés sur le TNI/TBI dans les quatre catégories suivantes :

1. Ceux qui montrent **l'aspect technique du TNI/TBI** : ces travaux se focalisent sur les éléments techniques de cet outil, les logiciels dédiés et installés, etc. Les recherches de cette catégorie ne traitent aucun aspect pédagogique de l'usage du TNI/TBI. Elles voient le TNI/TBI comme un matériel plus qu'un instrument possédant des potentiels pédagogiques.
2. Ceux qui mettent en lumière **l'aspect motivationnel** du TNI/TBI. Ces travaux montrent que le TNI/TBI motive les élèves pour apprendre et qu'il encourage les enseignants à l'utiliser. Mais ces recherches ne répondent pas du tout à la question du « comment » et du « pourquoi ». Ils se bornent exclusivement à l'aspect affectif de l'utilisation du TNI/TBI.

3. Ceux qui étudient **les perceptions des enseignants et des élèves sur l'usage du TNI/TBI**. Cette catégorie montre seulement les représentations et les points de vue des enseignants et des élèves. Comment évaluent-ils l'usage de cet outil ? Quels sont les avantages et limites de l'utilisation du TNI/TBI ? Dans cette catégorie, nous trouvons la même remarque que précédemment : l'absence du « pourquoi » et du « comment ».
4. Ceux qui démontrent **l'efficacité et l'utilité de l'usage du TNI/TBI** en milieu scolaire. Ces recherches décrivent certains usages possibles du TNI/TBI dans une discipline précise. Elles n'étudient pas par contre les conséquences de cet usage sur l'aspect cognitif des élèves.

En analysant ces quatre catégories, nous constatons que l'aspect cognitif de l'usage du TNI/TBI occupe peu de place dans les recherches conduites sur le TNI/TBI. Ces recherches ne dépassent pas l'aspect affectif et le cadre général de l'utilisation de cet instrument numérique en milieu scolaire. Ces recherches présentent très peu d'informations sur les méthodes utilisées pour recueillir les données (Smith, Higgins, Wall et Miller, 2005). Telles sont les raisons qui nous ont amené à étudier les effets cognitifs de l'utilisation du TNI/TBI dans les situations d'enseignement-apprentissage de la notion de fraction.

L'objectif général de cette recherche est de réaliser une étude exploratoire des usages pédagogiques du TNI/TBI pour l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction au cycle III de l'école primaire, plus particulièrement chez les élèves de CM1 et de CM2. Ces objectifs spécifiques sont de trois ordres :

- Reconnaître et analyser l'influence de l'interactivité technique (élèves-TNI/TBI) et les différentes sortes d'interactivités pédagogiques (enseignant-élèves, élèves-élèves) médiées par le TNI/TBI sur la construction des connaissances des élèves de la notion de fraction. Nous étudions l'importance et l'utilité de ces différents types d'interactions technico-pédagogiques sur l'apprentissage des élèves.
- Identifier les contextes de l'utilisation de chaque modalité du TNI/TBI. Nous analysons et exploitons les contextes où l'enseignant peut utiliser le TNI/TBI en grand groupe, en petits groupe d'élèves et en individuel. Cela nous permet de mettre en œuvre les plus-values du TNI/TBI sur les diversités des modalités d'enseignement-apprentissage.
- Reconnaître et analyser l'effet des représentations visuelles et kinesthésiques des fractions médiées par le TNI/TBI sur l'aspect cognitif des élèves. Cela nous permet

d'identifier les rôles cognitifs joués par les supports multimodaux visuels et manipulables sur l'apprentissage des élèves.

Pour atteindre ces trois objectifs nous portons notre réflexion, dans un premier temps, sur la notion de médiation en nous appuyant sur l'approche instrumentale selon Rabardel (1995). Cette approche repose sur trois concepts fondamentaux : la distinction entre l'artefact et l'instrument, les schèmes sociaux d'utilisation et enfin, la genèse instrumentale. Cette dernière a une double orientation : vers le sujet, c'est l'instrumentation, vers l'artefact, c'est l'instrumentalisation. Les tâches réalisées en classe se font dans un cadre collectif. Nous les analysons, dans un deuxième temps, selon la théorie de l'activité d'Engeström (1987). Dans l'activité, comme le souligne Engeström, le sujet a un objectif, qui aboutit à un résultat. Le sujet utilise des instruments et agit au sein d'une communauté ou s'appuie sur celle-ci. La relation entre le sujet et sa communauté est définie par des règles explicites ou implicites. Pour parvenir au but, il peut être nécessaire de placer une division des activités de classe au sein de la communauté. Enfin, nous nous inspirons des travaux de Piaget (1948) afin de comprendre le développement et la construction de la notion de fraction chez l'enfant.

Dans notre recherche, le TNI/TBI n'est pas un instrument isolé des autres éléments existants en classe mais constitue un dispositif techno-sémio-pragmatique (Peraya, 1999). De ce point de vue, le TNI/TBI réunit trois entités : la technique, la sémiotique et le social. Le TNI/TBI est donc vu comme l'ensemble des interactions entre ces trois domaines : technologique, technosocial et système de représentations de l'ordre du sémiocognitif. Nous nous posons alors la question : comment et à quelles conditions peut-on exploiter pédagogiquement les potentialités du système d'activités instrumentées par le TNI/TBI dans les processus d'enseignement et d'apprentissage des fractions ?

Répondre à cette question est complexe du fait de la pluralité des facteurs internes et externes participant plus ou moins au processus d'enseignement et d'apprentissage. Nous abordons donc cette question en la déclinant selon les trois interrogations suivantes :

1. En quoi l'interactivité technico-pédagogique supportée par l'usage du tableau numérique interactif permet-elle aux élèves de favoriser et de faciliter leur compréhension de la notion de fraction ?
2. En raison de ses modalités de travail et de l'ergonomie qu'il implique, dans quelle mesure le tableau numérique interactif peut-il être utilisé dans différents contextes pédagogiques au cours de l'enseignement et l'apprentissage des fractions ?

3. Dans quelle mesure les supports multimodaux, visuels et manipulables, utilisés par le tableau numérique interactif constituent-ils une aide cognitive pour les élèves dans leur apprentissage de la notion de fraction ?

Retours sur l'origine de cette recherche

Elle est liée à notre métier d'enseignant-assistant à l'université de Tichrine à Lattaquié en Syrie et à notre spécialité dans l'usage des technologies de l'information et de la communication (TIC) en éducation. Cette recherche s'inscrit aussi dans le prolongement de notre parcours universitaire dans le domaine des TICE. En Master 1, sciences de l'éducation à l'université de Tichrine en Syrie, nous avons réalisé un mémoire sur les perceptions que les étudiants universitaires en sciences humaines et sociales avaient quant à la pertinence des études d'informatique comme discipline universitaire. La genèse de cette recherche a vu le jour en Master 2 Recherche, en sciences de l'éducation, sous la direction de Jean-Claude Régnier. Nous avons réalisé un mémoire (en 2012) centré sur la thématique suivante « Internet et la formation en statistique ». L'objectif de cette recherche était d'analyser et de comprendre comment les étudiants universitaires rencontrant des problèmes en statistique peuvent profiter des ressources mises en ligne pour résoudre ce genre de problème. Travaillant toujours dans le domaine des TICE dans notre thèse, nous l'aborderons sous une nouvelle optique, auprès d'un autre public.

Notre thèse se divise selon les quatre parties suivantes :

Dans la première partie, nous décrivons techniquement et pédagogiquement notre instrument numérique. Nous présentons ses différentes compositions techniques, ses périphériques complémentaires et ses logiciels dédiés et installés. Nous montrons également les aspects pédagogiques de son usage dans le processus d'enseignement et d'apprentissage. Dans cette partie, nous abordons aussi la question des équipements des établissements scolaires en TNI/TBI en France et à l'étranger. Nous développons également un état des lieux de la question en établissant les conclusions des recherches conduites sur le TNI/TBI.

La deuxième partie est consacrée à la présentation de notre cadre théorique. À la fin de cette partie, nous présentons notre problématique, nos objectifs, nos questions et nos hypothèses de recherche.

La troisième partie expose les méthodes choisies pour construire nos données. Nous avons mobilisé quatre méthodes pour construire les données nous permettant de traiter la problématique de cette recherche :

1. Nous avons au préalable construit un test de connaissances des fractions en CM1 et CM2 (pré-test et post-test) pour tester les connaissances des élèves acquises avant et après l'utilisation du TNI/TBI.
2. Nous avons réalisé dans un deuxième temps une observation directe dans deux classes de l'école primaire (CM1 et CM2) au cours de la séquence sur les fractions durant l'année scolaire 2014-2015.
3. Nous avons dans un troisième temps construit une enquête par questionnaire ciblé vers chacune des catégories d'acteurs de notre recherche (enseignants et élèves).
4. Cette enquête par questionnaire est complétée enfin par une enquête à l'aide d'entretiens semi-directifs auprès d'élèves et d'enseignants.

La quatrième partie de cette recherche porte sur les analyses que nous avons menées et les résultats que nous avons obtenus par les instruments de construction des données mentionnés ci-dessus. Nous avons utilisé les logiciels, SPAD, CHIC, EXCEL ainsi que l'analyse manuelle pour traiter les données construites afin de répondre à la question centrale de cette recherche. Cette partie nous permet de proposer des réponses à notre questionnement initial, de discuter sur les résultats obtenus et de proposer quelques perspectives.

PARTIE I : Tableau Numérique (Blanc) Interactif : exploitation des potentialités théoriques et des caractéristiques observées

Cette partie comprend deux chapitres :

Le chapitre I est consacré à l'étude des éléments techniques et pédagogiques du TNI/TBI. Nous décrirons, dans un premier temps, le TNI/TBI du point de vue technique. Nous mettrons en lumière la définition technique ainsi que pédagogique de cet outil. Nous nous focaliserons également sur ses différentes compositions techniques, ses périphériques complémentaires et ses logiciels dédiés et installés. Dans un deuxième temps, nous nous concentrerons sur la dimension pédagogique du TNI/TBI. Nous mettrons en lumière les aspects pédagogiques de l'usage du TNI/TBI dans le processus d'enseignement et d'apprentissage. Puis, nous montrerons les différentes modalités de l'usage du TNI/TBI dans la salle de classe. Nous nous concentrerons sur l'enseignant[1] comme utilisateur principal du TNI/TBI en montrant les différentes typologies de cet utilisateur. Nous terminerons par la mise en évidence de l'intérêt pédagogique du TNI/TBI.

Le chapitre II montre les conclusions et les résultats des recherches et des rapports gouvernementaux menés sur le TNI/TBI. Nous aborderons également la question des équipements des établissements scolaires en TNI/TBI, et plus particulièrement en France. Pour traiter ces deux aspects, nous nous appuierons à la fois sur la littérature anglophone et francophone.

[1] Dans cette recherche, le genre masculin est utilisé comme générique, dans le seul but de ne pas alourdir le texte.

1. Description technico-pédagogique du TNI/TBI

Ce chapitre est constitué de neuf sous-chapitres : la définition technique et pédagogique de notre outil numérique (§ 1.1.), la distinction entre TNI et TBI (§ 1.2.), la présentation de l'outil en soulignant ses différents composants matériels (§ 1.3.), les aspects pédagogiques de l'usage de cet outil (§ 1.4.) permettant d'apporter plus de précisions sur ses potentialités pédagogique, les modalités de l'usage de cet outil (§ 1.5.) permettant de comprendre les différents contextes de ses usages, les catégories de l'usage de cet outil selon les utilisateurs (§ 1.6.), les modèles théoriques de l'usage de cet outil (§ 1.7.) permettant d'apporter plus d'informations sur la façon dont on l'utilise. Les deux derniers sous-chapitres se focalisent sur les attributs de cet outil numérique (§ 1.8.) et, les avantages et les limites de l'usage du TNI/TBI (§ 1.9.).

1.1. Exploration de quelques définitions du TNI/TBI

The British Educational Communications and Technology Agency (BECTA[2]) dans un rapport publié en 2003 définit le TBI comme « *un tableau blanc interactif qui est un grand tableau tactile relié à un projecteur numérique et à un ordinateur. Le projecteur affiche l'image de l'écran de l'ordinateur sur le tableau. L'ordinateur peut être contrôlé en touchant le tableau, soit directement, soit avec un stylo spécial* » (BECTA, 2003a, p. 1, traduction libre).

Pour Dessus et Soubrié (2012) « *un TBI (tableau blanc interactif) est un tableau blanc spécial qui interprète et modifie en direct une image numérique projetée par le biais d'un vidéoprojecteur relié à un ordinateur. En touchant l'image sur le tableau avec un stylet ad hoc (ou même avec un doigt), les utilisateurs interagissent avec l'ordinateur comme s'ils pointaient avec une souris)* » (Dessus et Soubrié, 2012, para. 3).

Une analyse de ces deux définitions nous montre que le TBI est un ordinateur relié avec un grand écran blanc tactile. Cet outil permet de montrer des objets, des images, des textes, des enregistrements audio ou vidéo au sens le plus simple du terme avec la main (Beauchamp, 2004 ; BECTA, 2003a). Cet accès direct à ce qui est affiché au tableau est très intéressant pour les élèves ainsi que pour les enseignants.

---

2 BECTA : British Educational Communications and Technology Agency est un organisme gouvernemental chargé de la politique, de la promotion et de l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'éducation au Royaume-Uni.

> D'une part, cela apporte une grande précision, par exemple concernant ce que l'enseignant veut effectivement montrer aux élèves : il est beaucoup plus facile pour eux de voir ce qui « au bout du doigt » de celui qui est au tableau, que de suivre le mouvement d'un curseur sur un écran (moins de fatigue visuelle pour « chercher » ce dont il parle…), d'une autre part, le TBI permet à celui qui est en action de « rester au tableau », d'oublier la présence de l'ordinateur, d'être concentré sur l'activité en cours. (Heutte et Tempez, 2008, p. 104)

Nous pouvons dire que les deux définitions, voire la majorité des autres définitions dans ce domaine se concentrent plutôt sur l'aspect technique du TNI/TBI. Il est très important de présenter aussi une définition pédagogique. Dans ce contexte, Dostal (2011) propose une définition plutôt orientée vers la pédagogie du TNI/TBI. Il souligne que le TNI/TBI « *est un écran tactile permettant aux utilisateurs de communiquer de manière interactive afin de faciliter l'acquisition de connaissances et de compétences* » (Dostal, 2011, p. 206, traduction libre). Dans le même article celui-ci définit le TNI/TBI en précisant qu'il « *est une technologie moderne éducative permettant un enseignement efficace et complet des diverses activités d'apprentissage* » (Dostal, 2011, p. 205, traduction libre).

Il est aussi important de mettre en lumière l'appellation de cet outil avec ses trois concepts fondamentaux : tableau, numérique, interactif. En ce qui concerne le « tableau », celui-ci a connu plusieurs évolutions importantes noir[3], vert, blanc. Pour Lacueille (2005) le « tableau » et le « numérique » sont séparés par presque deux siècles d'évolution technique. Fourgous (2011) qualifie cet outil d' « interactif » parce qu'il permet l'interaction entre tous les outils autrefois séparés : vidéoprojecteur, magnétoscope, CD-Rom, appareil photo...

1.2. Distinction des désignations : TNI et TBI

Dans la littérature des technologies éducatives, nous trouvons qu'il y a plusieurs termes utilisés pour décrire l'outil. Dans la littérature anglophone le terme le plus utilisé et le plus répandu est « Interactive Whiteboard » (IWB). Il y a aussi d'autres désignations moins connues et moins utilisées dans ce domaine, comme : Electronic Whiteboard (EWB), Digital Whiteboard (DWB), Smart Board (SB) et Activboard (AB). Au contraire, dans la littérature francophone, les chercheurs utilisent plusieurs termes pour conceptualiser le tableau interactif. Nous trouvons les termes suivants : tableau blanc interactif (TBI), tableau numérique interactif (TNI), tableau interactif (TI), tableau pédagogique interactif (TPI) et encore tableau blanc électronique (TBE). Le TBI et le TNI restent les deux termes les plus utilisés par les chercheurs et les usagers.

---

3 Pour Lagrange (2005), l'invention du tableau noir est difficile à dater, mais son usage dans la classe n'intervient que dans la seconde partie du 19ème siècle.

Selon nos lectures dans la littérature sur les technologies numériques, nous n'avons pas trouvé de différences significatives entre ces deux termes. « *Il n'y a pas de différence fondamentale, sauf que le mot "blanc" de TBI renvoie davantage à un usage classique du tableau de l'enseignant revisité par la technologie alors que le "N" de l'acronyme TNI implique l'intégration de toutes les ressources et potentialités offertes par le numérique, notamment avec souvent un logiciel intégré* » (Vertallier-Monet, 2013, p. 29). La différence entre TBI et TNI est donc purement technique. Par contre du point de vue pédagogique il n'y a aucune différence. Dans les deux modèles nous pouvons manipuler les mêmes opérations : annoter, naviguer sur Internet, enregistrer les cours, démontrer et réaliser les mêmes tâches pédagogiques. Nous pouvons donc conclure que chaque appellation (TNI ou TBI) renvoie à une génération de cet outil. Cependant, les chercheurs mélangent souvent ces deux termes parce que lors de la réalisation de leurs études ils rencontrent indifféremment des TBI et des TNI. Ils utilisent alors tel ou tel concept d'un point de vue purement personnel.

Le terme que nous retenons dans cette recherche est « tableau numérique interactif » (en abrégé TNI). Nous l'avons retenu pour deux raisons : selon nos lectures il n'y a pas de différence pédagogique entre les différents termes utilisés dans ce domaine et que l'utilisation de telle ou telle appellation est plutôt personnelle. Les établissements scolaires sont actuellement équipés en TNI qui sont moins chers que les TBI. Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons retenu le terme du TNI. Pourtant, nous utiliserons parfois le terme « TBI » pour décrire des situations ou des contextes touchant uniquement le TBI.

1.3. L'objet TNI/TBI

Dans cette section, nous mettrons en lumière les composantes fondamentales et périphériques de notre outil afin d'avoir une compréhension suffisante de son mécanisme et de ses apports pédagogiques. Nous présenterons tout d'abord quelques éléments techniques du TNI/TBI, puis, nous mettrons en évidence quelques-uns des périphériques permettant d'effectuer certaines opérations nécessaires. Enfin, nous étudierons les logiciels dédiés et installés sur le TNI/TBI en mettant l'accent sur les logiciels mathématiques.

1.3.1. Quelques principes techniques du TNI/TBI

Nous exposons, dans cette sous-section, les principaux éléments techniques de notre outil numérique.

1.3.1.1. Principaux composants du TNI/TBI

Le TNI/TBI se compose de trois dispositifs essentiels (voir figure 1) :

- Un tableau (écran) blanc numérique ;

- Un vidéoprojecteur ;
- Un ordinateur.

Nous pouvons ajouter également un quatrième élément (le stylet) existant dans tous les nouveaux modèles. Ces quatre composants constituent l'ensemble de ce que nous appelons le TBI ou le TNI. Lorsqu'on dit « TBI ou TNI» cela ne signifie pas uniquement le tableau (écran) blanc tactile mais aussi au moins les trois dispositifs essentiels (tableau blanc numérique, vidéoprojecteur, ordinateur) ou (récepteur, vidéoprojecteur interactif, ordinateur) selon les modèles.

Peu importe le modèle (TBI ou TNI), chaque élément exécute une partie initiale de l'ensemble de la mission. Le rôle de l'ordinateur est de saisir ou de manipuler les différentes opérations et de les piloter. La mission du vidéoprojecteur est de projeter l'image sur l'écran. L'écran affiche le contenu de l'image. Il pilote l'ordinateur grâce à la fonctionnalité tactile. Le stylet pilote l'ordinateur et permet d'écrire sur l'écran. Le récepteur dans le modèle TNI capte toutes les manipulations faites sur la surface (mur clair ou tableau blanc ordinaire) et il les transmet simultanément à l'ordinateur auquel il est connecté.

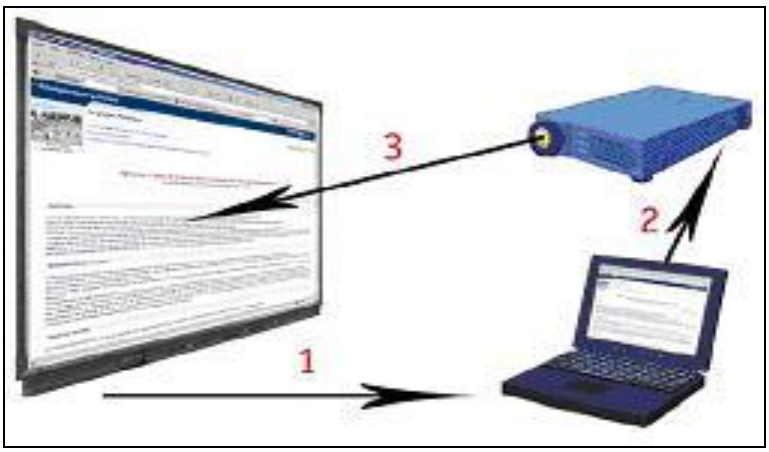


FIGURE 1 – *Les composants du tableau blanc interactif*[4]

1.3.1.2. Deux modèles pour cet outil : TNI et TBI

Au vu des composants de cet outil ainsi que les modèles existants sur le terrain, nous pouvons distinguer entre deux grands modèles.

- Le premier modèle est celui qui se compose d'un ordinateur, d'un vidéoprojecteur et d'un tableau blanc tactile. Ce modèle s'appelle tableau blanc interactif (TBI) (voir figure 1). C'est le modèle le plus ancien.

4 Source de l'illustration : http://eduscol.education.fr/maths/usages/tableau-blanc-i, récupéré le 02/09/2013.

- Le deuxième modèle, est composé d'un ordinateur, d'un vidéoprojecteur, d'un récepteur et d'un stylet (voir figure 2). Dans ce modèle, on fixe le récepteur sur le mur ou sur le tableau blanc ordinaire pour projeter l'image transmise par le vidéoprojecteur interactif. Le tableau tactile fixé sur le mur n'existe plus. Il y a seulement un récepteur lié à l'ordinateur, un vidéoprojecteur et un stylet spécifique pour écrire sur l'interface. Lorsque l'ordinateur, le vidéoprojecteur et le récepteur sont lancés, l'utilisateur peut tout simplement utiliser le stylet pour manipuler sur le mur ou sur le tableau. Au lieu de manipuler sur le tableau tactile (cas du modèle 1) nous pouvons aisément écrire sur le mur en utilisant le stylet. C'est le tableau numérique interactif (TNI).

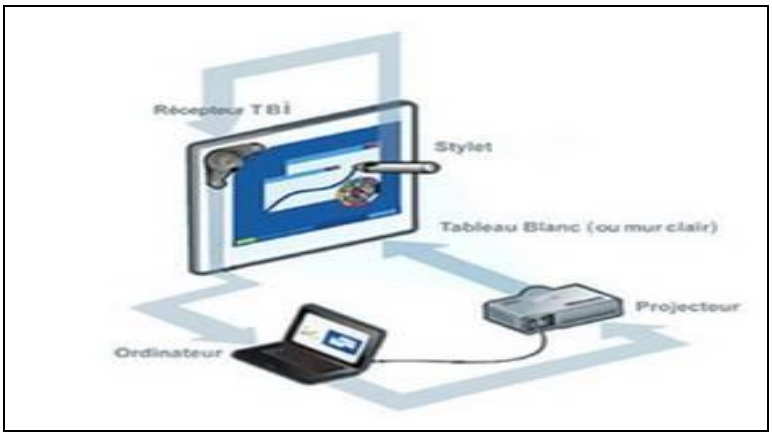


FIGURE 2 – *Les composants du tableau numérique interactif*[5]

1.3.1.3. Principaux modes de manipulation du TNI/TBI

Comment l'utilisateur (enseignant ou élève) peut-il utiliser cet outil ? Il y a deux modes d'utilisation. Soit il utilise le clavier de l'ordinateur pour écrire sur le tableau numérique et dans ce cas toutes les manipulations faites sur l'ordinateur sont immédiatement visibles sur le tableau numérique. Soit, il écrit directement sur le tableau numérique et tous ses écrits sont simplement montrés sur l'écran de l'ordinateur. Ces deux façons d'écrire sur le TNI/TBI permettent à l'enseignant de changer de temps à autre sa méthode d'enseignement ainsi que son rythme de gestion de la classe. La possibilité d'écrire directement sur le tableau permet également aux élèves de réaliser eux-mêmes différentes opérations.

Nous pouvons préciser que le TNI/TBI peut être un élément de sortie ou un élément d'entrée comme le soulignent Burton-Monney et Jaquier (2010) « *le tableau blanc interactif est donc à la fois un "périphérique d'entrée" puisqu'il contrôle l'ordinateur en remplaçant le*

5 Source de l'illustration : http://www.cndp.fr/crdp-besancon/index.php?id=tableau-numerique-interactif, récupéré le 27/08/2013.

clavier et la souris et un "dispositif de sortie" puisqu'il tient lieu d'écran d'affichage » (Burton-Monney et Jaquier, 2010, p. 6).

1.3.1.4. Principaux mécanisme du TNI/TBI

Comment les écrits sur le TNI/TBI sont-ils affichés sur le tableau ? Trois opérations peuvent être relevées (voir la figure 1) :

- Le tableau tactile ou le récepteur capte toutes les manipulations effectuées sur la surface et il les transmet simultanément à l'ordinateur auquel il est connecté ;
- L'ordinateur s'occupe des informations reçues puis il génère une autre image et il l'envoie au vidéoprojecteur ;
- Le vidéoprojecteur recrée l'image transmise par l'ordinateur en la projetant sur le mur (Burton-Monney et Jaquier, 2010).

1.3.1.5. Modes de connexions au sein du dispositif TNI/TBI

Il y a deux manières de lier l'ordinateur avec le tableau interactif : soit un branchement par câble USB, soit un branchement sans fil ou wifi. Pour chacun de ces deux types de communication il y a des avantages et des inconvénients. Dans le mode filaire, le câble USB est déroulé sur le sol. Il y a un risque d'accrocher ce câble par l'enseignant ou par les élèves. Dans le mode sans fil c'est plus pratique mais la qualité de visibilité des opérations exécutées sur le tableau peut être moins bonne.

1.3.1.6. Modes d'installation/TBI

Il y a deux façons d'installer le TBI : fixé au mur ou mobile (porté par roulettes). Dans le premier cas, pour installer le TBI il faut réaliser l'étalonnage une fois pour toute, par contre, dans le deuxième cas on doit refaire à chaque fois les mêmes mesures. Cependant, le modèle mobile permet d'utiliser le TBI dans plusieurs classes. Dans le modèle fixé, les petits élèves ne peuvent pas atteindre la partie supérieure même si le tableau est bien installé à la bonne hauteur. En revanche, dans le modèle mobile, on peut diminuer la hauteur du tableau en fonction de la taille des élèves. Il est évident que le choix entre les modèles d'installation dépend de plusieurs paramètres. Cela est fonction du nombre de TBI disponibles dans les écoles. S'il y a plusieurs TBI disponibles dans une école il est conseillé de choisir le mode fixé. Par contre, s'il n'y a dans l'école qu'un ou deux TBI, il faut adopter le mode mobile afin que la majorité des classes et des enseignants puissent profiter de cet outil.

1.3.1.7. Comment fonctionne un TBI ?

Comment le TBI fonctionne-t-il ? Nous devons tout d'abord souligner que le fonctionnement du TBI varie d'un tableau à l'autre selon le modèle. Généralement nous

pouvons regrouper les différents modèles de TBI en trois grandes catégories selon leurs modes de fonctionnement.

- **TBI à membrane résistante** : dans ce modèle, le tableau est composé de deux toiles flexibles, recouvertes d'un revêtement à propriété résistante. Les deux toiles sont séparées par un espace vide et très fin, tendues sur une autre surface plus rigide. Lorsqu'une petite pression par le doigt ou par le stylet va créer un contact entre les deux couches flexibles cela permet au tableau de localiser la position exacte du toucher : ce sont les modèles **Smartboard** (Burton-Monney et Jauquier, 2010).
- **TBI à fonctionnement électromagnétique** : comme son nom l'indique ce tableau fonctionne selon la technologie électromagnétique. C'est avec le mouvement du stylet sur la surface rigide qui émet un champ magnétique en altérant celui produit par le tableau et qui permet à ce dernier de calculer les coordonnées précises du point de contact : **Promethean** (Dessus et Soubrié, 2012).
- **TBI avec capture périphérique** : ce type de tableau utilise un système de capture externe (infrarouge, laser, etc.) qui balaye la surface du tableau et « scanne » ce qui s'y passe : **e-Beam** (Burton-Monney et Jauquier, 2010).

Ces multiples modèles de TBI ont été la source de problèmes techniques rencontrés les utilisateurs de cet outil. Ce problème apparaît clairement dans la comptabilité des formats entre les différents produits. Chaque fournisseur développe ses propres logiciels qui ne s'adaptent pas avec d'autres produits. Les logiciels conçus par Activeboard ne fonctionnent pas avec Smartboard ou d'autres. Ce genre de problèmes empêche l'échange des ressources ainsi que la collaboration entre les établissements scolaires et entre les enseignants dans la même école si les TBI installés ne proviennent pas du même fournisseur. En essayant de résoudre ce problème BECTA a financé un projet concernant la création d'un Common File Format (CFF) afin qu'il soit possible d'ouvrir et projeter tous les fichiers sur toutes les sortes de TBI.

1.3.1.8. Modes de projection du TBI

Les tableaux blancs interactifs sont classés en deux systèmes de projection : les tableaux blancs interactifs à projection « avant » et les tableaux blancs interactifs à projection « arrière » (Dostal, 2011).

- **TBI avec projection « avant »** : dans ce modèle le plus courant de projection, le vidéoprojecteur est situé à l'avant du tableau blanc (écran). Le principal inconvénient de ce type est l'ombre de l'utilisateur qui est projetée sur la surface du tableau blanc.

Les fabricants proposent donc des solutions pour éviter l'ombre par la réduction de la distance de projection (Dostal, 2011).

- **TBI avec projection « arrière »** : au contraire du précédent modèle, le vidéoprojecteur est placé à l'arrière du tableau. Ce type de tableau a deux grands avantages : pas d'éblouissement du présentateur, pas d'ombre du présentateur sur l'écran. Par contre ce type de TBI est en général plus cher et plus encombrant.

1.3.2. Accessoires complémentaires du TNI/TBI

Le TNI/TBI peut être effectivement relié à des périphériques (accessoires) complémentaires qui peuvent aider l'utilisateur à effectuer certaines opérations nécessaires. Comme par exemple, les boîtiers de réponses des élèves (boîtier de vote des élèves), une tablette à stylet sans fil (tablette interactive) ou ardoise sans fil (voir figure 3).

FIGURE 3 – *Boîtiers de réponses*[6] *et tablette interactive*[7]

Concernant les boîtiers de réponses ils « *sont de petites télécommandes alimentées par des piles avec des touches numérotées de 1 à 6 qui permettent de saisir les réponses. Les boitiers communiquent avec l'ordinateur via une connexion radiofréquence par l'intermédiaire d'une clé USB fournie avec les boitiers. Chaque boitier est associé à un élève donné. Un même boitier peut être associé à plusieurs élèves mais dans des classes différentes* » (Faillet, 2010). Il y a deux types de boîtiers de réponses pour l'utilisation en classe : les boîtiers simplifiés (6 boutons) qui sont conseillés pour les petites classes (élèves de moins de 10 ans) et les boîtiers avancés (15 boutons) qui sont recommandés pour les plus grandes classes (à partir de 8 ans) et dans l'enseignement supérieur (Speechi, 2013b).

---

6 Source de cette figure : http://www.speechi.net/fr/index.php/2013/06/10/solution-devaluation-interactive-je-leve-la-main-les-boitiers-de-reponse/, récupéré le 07/10/2013.

7 Source de cette figure : http://www.speechi.net/fr/index.php/home/objets-nomades/speechitablet-ardoise-numerique-nomade-sans-fil/, récupéré le 07/10/2013.

La tablette sans fil est une tablette polyvalente qui permet d'avoir accès directement à distance à toutes les fonctions du TNI/TBI quelle que soit la position de l'utilisateur dans la salle de cours (Lopez, 2010). Dostal (2001) estime que cette tablette ne sert pas seulement aux enseignants, mais aussi aux élèves surtout pour ceux ayant un handicap. Il est possible d'utiliser la tablette sans fil simultanément avec le stylet interactif du TNI/TBI, ce qui permet à deux personnes ou plus de collaborer et apprendre ensemble sans se gêner (Speechi, 2013a). Gage (2011, p. 26) souligne qu' « *avec le TBI, tout le monde apprend la même chose en même temps* ».

Les différents accessoires permettent bien sûr d'augmenter l'interaction dans la classe et de mesurer les connaissances acquises. Elles aident aussi à résoudre certains problèmes dans la classe (Dostal, 2011). Le boîtier de réponses, permet également de mesurer les connaissances acquises par les élèves sur le concept abordé. Lorsque l'enseignant a terminé l'enseignement d'un concept, il peut demander aux élèves de répondre aux questions déjà préparées afin d'évaluer leurs compréhensions de cette notion. Les élèves peuvent facilement répondre à ces questions sans avoir besoin d'aller au tableau. L'enseignant peut également suivre l'apprentissage de ses élèves tout au long du cours. La tablette sans fil permet de contrôler à distance l'ordinateur et le TNI/TBI de n'importe quel endroit de la classe. L'usage de cette tablette est bénéfique à la fois pour l'enseignant et les élèves. Elle est utile pour les maîtres qui enseignent dans les grandes salles et qui ont besoin de se déplacer. Elle permet aux élèves de collaborer simultanément entre eux.

1.3.3. Logiciels du TNI/TBI

Quant aux logiciels installés sur le TNI/TBI, nous pouvons signaler que généralement celui-ci est équipé par certains logiciels assurant soit la gestion, soit l'usage scolaire : logiciels d'écritures, de dessins, ou de figures planes, etc. Ces logiciels permettent de modéliser des idées et des concepts abstraits. Ils favorisent l'interaction et la discussion en classe (BECTA, 2004), et créent des situations pédagogiques dynamiques, actives et entreprenantes. Les logiciels éducatifs sont l'un des grands avantages du TNI/TBI, comme le souligne Beauchamp (2004). Il indique qu'« *une caractéristique supplémentaire du TBI est le logiciel original qui offre la possibilité d'écrire à la main sur les pages blanches. Il comprend aussi des outils pour les fonctions de contrôle, telles que la couleur de la police et l'épaisseur de la ligne ainsi que les ressources à utiliser en classe : papier ligné et carré de différentes tailles, images clip-arts et des matériels des leçons prêts à l'usage* » (Beauchamp, 2004, p. 328, traduction libre). Les logiciels éducatifs augmentent et favorisent les potentialités du TNI/TBI

comme le souligne Toussaint (2010) : « *les logiciels du TBI, décuplent le potentiel pédagogique que recèle cette technologie* » (Toussaint, 2010, p. 2). Les élèves dans l'étude de Wall, Higgins et Smith (2005) ont souligné que l'utilisation de différents logiciels éducatifs aide à faciliter leur apprentissage. Les logiciels éducatifs permettent donc de changer la façon d'apprendre (BECTA, 2004).

Les logiciels varient d'un type à l'autre selon le constructeur. C'est la raison pour laquelle le choix d'un TNI/TBI doit prendre en considération la disponibilité de ces logiciels. « *Ces logiciels jouent un rôle important pour transformer le TBI en un outil pédagogique performant* […] *le choix d'un TBI doit bien entendu s'appuyer sur ses qualité techniques, mais aussi sur la qualité, la richesse et l'évolutivité de l'offre logicielle fournie par le constructeur* » (Heutte et Tempez, 2008, p. 102).

Les logiciels mathématiques aident les enseignants et les élèves à réaliser certaines tâches pédagogiques. Ceux-ci sont des instruments qui permettent de visualiser et de démontrer le contenu d'un concept. Cela aide les élèves à comprendre et les enseignants à faire comprendre des concepts abstraits. Voici quelques logiciels mathématiques les plus courants et les plus répandus :

- ***Instrumenpoche*** : ce logiciel permet de créer et de visualiser des figures et des plans géométriques animés. Il propose tous les instruments courants utilisés en géométrie : crayons, compas, règles, équerres, etc. Instrumenpoche aide à comprendre les procédures de construction d'une figure géométrique et de revoir comme dans un film. Pour Chauvet et Icard (2007) ce logiciel propose deux modules d'instruments géométriques : des *instruments virtuels* qui sont des outils permettant de manipuler les instruments de géométrie pour la réalisation de figures et un *lecteur d'animation* montrant des films pour construire des figures. Ce logiciel est un projet soutenu par l'association Sésamath[8].
- ***Géogébra***[9] : c'est un logiciel libre qui servant dans toutes les disciplines mathématiques : géométrie, algèbre, graphiques, etc. Il est utilisé en particulier pour la géométrie dynamique en deux ou trois dimensions, ce qui permet de créer des objets géométriques selon les paramètres fournis par l'utilisateur.

---

8 C'est une association créée en 2001 dans le but de favoriser l'utilisation des outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques. Elle vise également à aider les élèves dans leur apprentissage mathématiques. Pour cela, elle met quelques logiciels libres à disposition des enseignants et des élèves. Pour plus d'informations consulter http://www.sesamath.net/index.php?page=documentation

9 Pour plus de détails consulter http://www.geogebra.org/cms/fr/

- ***Cabri***[10] : c'est un logiciel géométrique consacré à l'enseignement de la géométrie en classe. Il permet d'animer des figures planes géométriques aidant les élèves à mieux comprendre la construction et la mesure de ces formes géométriques. Contrairement aux deux précédents logiciels, Cabri est un logiciel payant.
- ***Thot***[11] : c'est logiciel gratuit de calcul littéral destiné à la résolution des équations du premier degré. Il aide les élèves à comprendre les techniques de résolution d'une équation.

1.4. Aspects pédagogiques de l'usage du TNI/TBI

Dans cette section, nous voulons mettre en lumière les différents volets de l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire en mettant en évidence la différence entre les termes « usage » et « utilisation ».

1.4.1. Retour sur les notions d'usage, d'utilisation et pratique

Usage et utilisation sont des expressions similaires. Elles sont souvent employées dans la littérature les unes pour les autres. Une lecture rapide des recherches s'intéressant aux TICE dans le domaine de l'éducation nous permet de repérer certaines confusions. En général, il existe une confusion entre trois concepts : « usage », « utilisation » et « pratique ». Le terme usage est utilisé indifféremment entre l'emploi, l'utilisation, la pratique ou encore l'appropriation (Millerand, 1998).

En s'appuyant sur les travaux de Baron et Bruillard (1996), de Perriault (2008) et de Chaptal (2007) le terme « utilisation » renvoie à une action ponctuelle et aux aspects manipulatoires tandis que le terme « usage » s'adresse à des groupes sociaux et à des pratiques sociales. Proulx (2005), souligne que la notion d'usage se définit dans et par des rapports sociaux. L'usage dépasse en effet la simple utilisation de l'outil. Il souligne que « *les usages sociaux sont définis comme les patterns d'usages d'individus ou de collectifs d'individus (strates, catégories, classes) qui s'avèrent relativement stabilisés sur une période historique plus ou moins longue, à l'échelle d'ensembles sociaux plus larges (groupes, communautés, sociétés, civilisations)* » (Proulx, 2005, p. 9). Dans cette dimension et identification sociale du concept « usage », Chambat (1994, p. 253) souligne que *« l'usage n'est pas un objet naturel mais un construit social* ».

---

10 Pour mieux connaître ce logiciel consulter http://www.cabri.com/fr/

11 Consulter http://www.emmanuelmorand.net/thot/presentation.php

Moeglin (2005) propose de définir le terme « usage » en montrant quelques identifiants ou plutôt quelques caractères spécifiques de ce terme afin de bien distinguer entre ce concept et les autres termes proches. Il définit l'usage comme la suite : « *des utilisations inscrites dans le temps long de pratiques éducatives et sociales stabilisées. Le critère de la stabilité permet, en effet, de distinguer usages et utilisations. Celles-ci sont occasionnelles ou intermittentes. Les usages, quant à eux résultent des transformations que, collectivement plus souvent qu'individuellement, ils imposent aux cadres fixés par l'offre et les politiques* » (Moeglin, 2005, p. 160).

Cette distinction entre « usage » et « utilisation » nous amène à distinguer entre « usager » et « utilisateur ». Poyet (2014) dans son HDR souligne que « *en tant qu'usager, le sujet a développé des usages stabilisés et avancés avec les TIC, il peut intervenir pour aider les autres et mutualiser des ressources. En tant qu'utilisateur, le sujet commence à utiliser l'artefact mais n'a pas encore acquis de compétences suffisantes pour intégrer les TIC dans sa pratique professionnelle, il a besoin de la communauté pour être aidé techniquement et conceptuellement en vue de construire des activités instrumentales* » (p. 39).

En ce qui concerne le troisième concept de « pratique », Chaptal (2007) précise que ce terme s'adresse plutôt aux expériences vécues dans un domaine professionnel. Il souligne que pratique « *s'applique à des comportements habituels, à une expérience ou une habitude approfondie et stabilisée caractéristique d'une culture professionnelle* » (p. 82). Dans le même contexte, Jouët (1993) fait une distinction entre les termes d'usage et de pratique. L'auteur souligne que « *l'usage est ... plus restrictif et renvoie à la simple utilisation tandis que la pratique est une notion plus élaborée qui recouvre non seulement l'emploi des techniques (l'usage) mais les comportements, les attitudes et les représentations des individus qui se rapportent directement ou indirectement à l'outil* » (Jouët, 1993, p. 371).

1.4.2. Quelques aspects pédagogiques du TNI/TBI

Le TNI/TBI est un moyen favorisant, maintenant et soutenant l'acquisition des connaissances et des compétences en raison de la variété de ses ressources et de son interactivité. Nous pouvons dire que la diversité des ressources (textes, images, vidéos, sites Internet…) mises en œuvre par le TNI/TBI satisfait bien les désirs, les besoins et les envies d'un grand nombre d'élèves. Selon Türel (2010), l'intégration du TNI/TBI dans l'enseignement donne une chance pour présenter une variété de ressources aux élèves. Les élèves se distinguent entre eux dans leurs modes d'acquisition des connaissances, des compétences ainsi que dans leurs façons de mémoriser. Il y a des élèves préférant apprendre

par la vue, d'autres par l'ouïe. Les élèves apprenant par la vue retiennent mieux les situations d'apprentissage par images, vidéos. Au contraire, les élèves apprenant mieux par l'ouïe préfèrent les enseignements oraux et audio. Dans ce contexte Dostal (2011) confirme que le TNI/TBI est « *un outil approprié dans l'éducation des enfants à la vue, à l'ouïe ou polyhandicapés*» (Dostal, 2011, p. 210, traduction libre). Il aide aussi à mémoriser les concepts abordés en classe (Wall *et al*., 2005).

Un autre aspect de l'usage du TNI/TBI apparaît clairement dans la possibilité d'exploiter cet outil pour résoudre certains problèmes physiques, comportementaux/psychologiques, sociaux auxquels sont confrontés les élèves au cours de leur apprentissage. Les recherches montrent que les TIC peuvent effectivement contribuer à résoudre certains problèmes dans l'éducation. Bibeau (2001) souligne que « *les TIC sont de puissants outils cognitifs qui offrent une voie de solution pour résoudre les problèmes actuels de l'éducation, mais elles seront inutiles dans nos classes si le pédagogue refuse de transformer sa pédagogie et si la direction refuse de procéder à la réingénierie de l'école* » (Bibeau, 2001, para. 96). Pour les élèves ayant une déficience visuelle, le TNI/TBI peut également les aider à surmonter cette difficulté car il est possible d'agrandir les images projetées. Enfin, les élèves à mobilité réduite peuvent facilement être intégrés dans les situations d'apprentissage grâce à la tablette interactive sans fil (Dostal, 2011).

Le TNI/TBI peut aider aussi à résoudre certains problèmes psychologiques empêchant les élèves d'atteindre un bon niveau de performance ou de réussite scolaire. Pour les élèves timides ou introvertis, le TNI/TBI peut les aider progressivement à surmonter ces difficultés grâce à la tablette interactive sans fil ou au boîtier. Les élèves n'ont plus besoin d'aller au TNI/TBI. Ils s'encouragent, s'enthousiasment, ont l'envie d'aller au tableau. L'enseignant joue, bien sûr, un rôle primordial pour aider ces élèves à solutionner ces problèmes. Cela permet aux élèves de retrouver une confiance en eux. Jeunier, Morcillo-Bareille, Camps, Galy-Marié et Tricot (2005) ont conclu que l'un des impacts majeurs de l'usage du TNI/TBI est l'amélioration de la confiance en soi chez les élèves.

Le TNI/TBI peut aussi aider les élèves à résoudre d'autres difficultés comme les difficultés d'écriture et de lecture. On remarque que les élèves trouvent que l'écriture par le stylet magique ou par le doigt est plus facile et plus intéressante que l'écriture à la craie. L'écriture par le doigt ou par le stylet magique n'a pas besoin d'une concentration aussi précise ou d'une motricité aussi fine comme l'écriture à la craie. Lorsque l'enseignant donne une situation d'enseignement de langage par écrit, le grand écran du TNI/TBI permet aux élèves de voir la bonne forme des lettres. Le TNI/TBI donne aussi la possibilité d'écouter des

chansons ou des poèmes. Cela permet d'entrainer les élèves à une bonne prononciation. Enfin, l'enseignant peut présenter un film montrant la bonne articulation et la bonne prononciation de certains mots. Les élèves voient et entendent en même temps le son et l'écriture des lettres. Ils gardent donc une bonne méthode de prononciation. Le TNI/TBI permet aussi de répéter plusieurs fois le même texte ou de revenir facilement sur les travaux déjà effectués, ce qui permet de favoriser la compréhension des élèves. « *La pratique répétée d'outils numériques affecte les performances de lecture : plus ils sont utilisés, meilleures sont les performances en lecture électronique* » (Megalakaki, 2011, p. 36). En utilisant le TNI/TBI les élèves peuvent enregistrer leurs voix, ce qui permet à chacun de s'écouter devant la classe entière. Chaque élève reconnaît sa prononciation et ce qu'il doit faire pour améliorer et développer son articulation en fonction des remarques et des conseils de l'enseignant et de ses camarades.

Lewin, Somekh et Steadman (2008) ont conclu que le TNI/TBI aide les élèves de l'école primaire à résoudre certaines difficultés. Ils soulignent que *« lorsque les enseignants ont utilisé le TBI pendant deux ans* […] *les jeunes enfants ayant des compétences d'écriture limitées et les élèves plus âgés ayant des besoins éducatifs spéciaux sont très motivés par la possibilité de démontrer leurs compétences et leurs connaissances par le tapotement et le glissement faciles sur le TBI* » (Lewin *et al*., 2008, p. 291, traduction libre). Emeriau (2008), souligne que le TNI/TBI facilite la possibilité d'organiser une vidéoconférence. Les élèves peuvent communiquer en temps réel avec une autre classe dans un autre établissement. « *Cette pratique régulière entretient une motivation constante et ancre les apprentissages grâce à de réels échanges* » (Emeriau, 2008, p. 118).

1.5. Comment les enseignants utilisent-ils le TNI/TBI ?

Türel (2010) souligne que « *les TBI peuvent être utilisés de diverses manières, par les apprenants individuellement ou en groupe, avec ou sans professeur. Différentes stratégies peuvent être mises en pratique selon le rôle des utilisateurs, leurs intérêts et la nécessité du groupe ciblé, les caractéristiques des sujets et le potentiel du matériel et des logiciels du TBI* » (Türel, 2010, p. 3052, traduction libre).

Nous pouvons distinguer trois modalités d'enseignement et d'apprentissage[12] :

- **L'utilisation du TNI/TBI en grand groupe** : ce mode d'utilisation est largement le plus répandu et le plus utilisé par les enseignants. Dans ce modèle, l'enseignant est le

[12] Il y a bien sûr d'autres classifications des modes d'utilisation du TNI en classe : Duroisin, Temperman et De Lièvre (2011) distinguent deux modalités dans l'usage du TNI :

1. L'usage du TNI réservé à l'enseignant.
2. L'usage partagé du TNI avec les apprenants.

seul utilisateur du TNI/TBI et les élèves sont des spectateurs de ce qui se passe sur le tableau. L'enseignant lance des logiciels, cherche sur le WEB, annote, etc. Par contre, dans ce mode, le TNI/TBI pour les élèves est un outil de présentation les aidant à bien visualiser et figurer toutes les écritures et les informations manipulées par l'enseignant. Il attire leurs attentions sur les concepts abordés et les motive pour suivre l'enseignant. Néanmoins cet enthousiasme et cette passion vers ce nouvel outil semblent s'amoindrir avec le temps (Dostal, 2011 ; Miller, Glover et Averis, 2005b ; Türel, 2010). L'enthousiasme de l'enseignant pour ce nouvel outil risque également de s'effriter dans le temps (Gage, 2011).

Ce mode d'utilisation est très important car il permet d'introduire de réels changements dans les pratiques pédagogiques. « *Le tableau blanc interactif est une ressource idéale pour soutenir l'enseignement en classe entière. Il s'agit d'une priorité pour favoriser l'attention des élèves et augmenter leur engagement dans l'enseignement en classe entière* » (Somekh *et al*., 2007, p. 5, traduction libre). L'enseignant doit toujours essayer d'utiliser les autres modes d'enseignement et d'apprentissage afin que les élèves ne s'ennuient pas dans cette façon d'enseigner. L'enseignant doit également chercher à augmenter la participation de ses élèves dans les activités réalisées en classe (Beauchamp 2004 ; Hall et Higgins, 2005).

L'enseignant peut aussi utiliser le TNI/TBI devant la classe entière pour rappeler aux élèves les concepts déjà abordés et pour présenter les nouveaux concepts qui seront traités dans cette séance. Il peut également l'utiliser à la fin de la séance pour montrer un résumé sur les notions abordées. L'enseignant peut aussi utiliser le TNI/TBI devant la classe entière : au début et à la fin du cours. Entre ces deux moments l'enseignant peut utiliser le TNI/TBI en petits groupes et/ou individuellement. « *Dans la structure d'une leçon en trois temps, on peut mettre l'accent sur l'enseignement en groupe, particulièrement au début et à la fin de la leçon* » (Gage, 2011, p. 26). Dans le même contexte Smith (2001) indique que l'enseignant peut avoir un grand rôle en abordant un nouveau sujet. Par la suite celui-ci laisse l'usage du TNI/TBI pour un travail en groupe ou un travail individuel. Il ajoute que « *le tableau doit être dans la classe et utilisé par les enfants ainsi que par les enseignants* » (Smith, 2001, para. 5, traduction libre).

- **L'utilisation du TNI/TBI en petits groupes** : dans ce mode d'utilisation, l'enseignant divise les élèves en petits groupes, chaque groupe abordant simultanément une tâche différente de l'autre groupe. Au début, chaque groupe se réunit pour réfléchir ensemble sur la bonne méthode pour se familiariser sur leur tâche sans utiliser le TNI/TBI. Cela qui permet de ne pas perdre de temps devant le TNI/TBI et de le libérer

pour les autres groupes terminant leurs exercices. Lorsqu'un groupe est au TNI/TBI pour effectuer sa tâche, les autres groupes utilisent d'autres ressources. Le travail en groupe permet d'encourager la participation des élèves dans les cours, de même qu'il favorise l'interaction élèves-élèves ainsi que l'interaction élèves-enseignant. Ce travail collaboratif avec les autres élèves permet d'exprimer leurs idées et de donner des explications à leurs réponses (Levy, 2002).

- **L'utilisation du TNI/TBI en individuel par les élèves** : elle permet aux élèves d'effectuer une activité complète ou de répondre à une question précise. L'enseignant peut effectivement planifier ce type d'activité pour permettre à chaque élève d'utiliser individuellement le TNI/TBI. Dans ce contexte Gage (2011) indique que « *l'enseignant devrait, autant que possible, laisser les élèves se servir eux-mêmes du TBI afin de les encourager à participer aux leçons. Les élèves peuvent ainsi aller au tableau et faire des démonstrations à leurs camarades* » (Gage, 2011, p. 27). Cogill (2002) recommande de laisser la responsabilité d'apprentissage aux élèves eux-mêmes et les exhorte à travailler de façon autonome ou à collaborer les uns avec les autres. L'enseignant doit permettre aux élèves d'interagir avec le TNI/TBI et de participer à l'interaction dans la classe (Lewin *et al*., 2008). Cette utilisation individuelle donne aux élèves un « *pouvoir* » sur l'outil. Selon Lamy (2008) cela favorise l'élève à apprendre et à se concentrer sur l'activité en cours. Mais sur le terrain, la participation des élèves dans les cours animés par le TNI/TBI est limitée à des activités simples : déplacer des objets, rechercher des renseignements sur le web. En contre partie, ils ne participent pas suffisamment dans l'interaction et dans le processus d'enseignement. Les enseignants, pour leur part, sont réticents à accorder plus de participation aux élèves dans le processus d'enseignement. La participation des élèves ne doit pas être simplement symbolique ou décorative. Elle doit laisser la place à une activité autonome ou semi-autonome où les élèves peuvent apprendre leurs erreurs avec l'aide et le soutien de leur enseignant (Hall et Higgins, 2005).

Certaines recherches (Dostal 2011 ; Gage 2011 ; Lewin *et al*., 2008 ; Türel et Johnson 2012) confirment que l'usage du TNI/TBI permet de gagner du temps. Il est donc possible de consacrer ce temps gagné pour aider les élèves ayant des besoins spéciaux ou d'un soutien personnel. Selon Lewin et ses collaborateurs (2008), les élèves sont motivés par la possibilité de démontrer leurs compétences et leurs connaissances en s'entrainant sur le TNI/TBI. L'enseignant peut travailler avec ces élèves soit pendant la situation d'enseignement et dans

ce cas il donne d'autres activités aux autres élèves, soit encore après la classe, l'enseignant réalisant certaines activités supplémentaires avec le TNI/TBI.

Nous pouvons dire qu'il n'y a pas de modalités d'enseignement l'une meilleure que l'autre. Chaque mode a ses avantages et ses limites. Ces trois modèles sont globalement intégrés et chacun complète l'autre. L'enseignant devrait être en mesure d'utiliser ces trois modalités afin de changer régulièrement ses méthodes d'enseignement selon le niveau de sa classe. Il est très important qu'un équilibre soit atteint entre la contribution de l'enseignant à l'ensemble de la classe, le travail en petit groupe et le travail individuel. « *Une utilisation réfléchie et partagée du tableau interactif, sollicitant la participation active des apprenants, par un enseignant capable de mobiliser le potentiel interactif du support doit être privilégiée* » (Duroisin *et al*., 2011, p. 268). Cette utilisation partagée permet de favoriser le rôle des élèves, d'augmenter leurs participations dans l'enseignement. Cependant, les recherches montrent qu'il y a un modèle plus efficace et plus dynamique que l'autre. Gage (2011) confirme que l'utilisation du TNI/TBI en petits groupes est le plus pertinent par rapport aux autres modalités d'usage. « […] *Certaines des leçons les plus efficaces que j'ai eu l'occasion d'observer avec le TBI avaient lieu en petit groupe, en présence de l'enseignant ou non* » (Gage, 2011, p. 26). Dans le même contexte Lewin et ses collaborateurs (2008) et Somekh *et al*. (2007) concluent aussi que l'utilisation du TNI/TBI en petits groupes et/ou individuel est plus pertinente que l'usage collectif. « *Ces effets sont plus efficaces lorsque les élèves ont l'opportunité d'utiliser le TBI, individuellement ou en petits groupes plutôt que dans le cadre d'un enseignement dans l'ensemble de la classe* » (Lewin *et al*., 2008, pp. 291-292, traduction libre). Duroisin *et al*. (2011), confirment que « *le groupe ayant bénéficié d'un usage partagé du tableau blanc interactif progresse dans la maîtrise des compétences visées de 61,88% par rapport à l'autre groupe, n'ayant pas eu la possibilité de manier l'outil, qui affiche une moyenne de 44 %* » (Duroisin *et al*., 2011, p. 266). Les élèves bénéficiant de l'usage partagé interagissent davantage entre eux par rapport aux élèves ne bénéficiant pas du TNI/TBI. Les élèves du groupe de l'usage partagé posent plus de questions à l'enseignant que les élèves issus de l'autre groupe (Duroisin *et al*., 2011).

1.6. Catégories des usages du TNI/TBI selon les utilisateurs

Comme c'est le cas dans tous les autres outils technologiques, l'enseignant doit passer par plusieurs étapes essentielles lorsqu'il commence à utiliser le TNI/TBI dans ses cours. Il commence bien sûr à exploiter quelques simples fonctions de cet outil nomade et petit à petit il progresse jusqu'à ce qu'il devienne un expert dans la manipulation et l'exploitation du

TNI/TBI. Durant ce parcours de transition, il acquiert et apprend des nouvelles connaissances et compétences (informatiques et pédagogiques). Par quelles étapes l'enseignant doit-il passer pour s'approprier le TNI/TBI ? Pour répondre à cette question nous nous appuyons sur les travaux de Beauchamp (2004) qui a étudié cette question. Beauchamp (2004) trouve que l'enseignant progresse dans l'utilisation du TNI/TBI en passant par cinq étapes fondementales.

- **Utilisateur novice** : puisque les enseignants utilisent depuis longtemps le tableau classique dans leurs pratiques quotidiennes, Beauchamp propose que la première étape de la transition vers l'utilisation du TNI/TBI soit de l'utiliser comme un substitut du tableau traditionnel dans la classe. L'auteur souligne qu' « *au début de la transition, les enseignants utilisent principalement le TBI pour écrire et dessiner, comme ils le font sur un tableau traditionnel, en utilisant un logiciel pour le TBI* » (Beauchamp, 2004, p. 331, traduction libre). Ce stade est nécessaire mais il est en même temps hasardeux car si l'enseignant continue toujours à utiliser le TNI/TBI dans ce style d'enseignement classique, cela n'entraine pas de changements fondamentaux dans sa pédagogie. L'enseignant devrait progressivement substituer le tableau traditionnel au TNI/TBI afin de progresser dans l'usage de cet outil d'une façon constante et stable. Il faut aussi qu'il ait le temps d'acquérir progressivement les compétences technologiques et pédagogiques du TNI/TBI. Ecrire, dessiner avec le TNI/TBI ne doivent pas être une fin en soi mais plutôt un moyen ou un passage pour atteindre un usage plus complet. Lorsque l'enseignant maîtrise bien les principaux usages de bases, il doit chercher à exploiter d'autres fonctions plus avancées. Dans ce sens, Beauchamp (2004) trouve que l'enseignant après avoir maîtrisé l'écriture et le dessin sur le TNI/TBI, devrait apprendre quelques utilisations de logiciels : logiciels de traitements de texte, etc. À ce stade, les enseignants voient le TNI/TBI comme un grand écran d'un ordinateur de bureau réalisant des tâches normales et simples destinées à un public plus large. Beauchamp (2004) souligne que l'interactivité est complètement absente dans cet usage modeste du TNI/TBI, parce que le style d'enseignement utilisé par l'enseignant est plutôt magistral et il ne permet pas de faire des interactions avec les élèves ou de créer des interactions entre les élèves eux-mêmes. Cependant, Beauchamp (2004) conclut que cet usage du TNI/TBI permet aux enseignants de maintenir un contact visuel avec la classe.
- **Utilisateur apprenti** : cette étape se caractérise par l'utilisation d'un large éventail de compétences informatiques existantes. Le bon usage du TNI/TBI nécessite

obligatoirement d'être un bon utilisateur de l'ordinateur et de ses logiciels. Existe-t-il un rapport entre l'usage personnel des TIC et l'usage professionnel ou pédagogique ? L'enseignant apprend des nouvelles compétences informatiques lui permettant d'augmenter son niveau de fiabilité et de maîtrise de l'utilisation des TIC. Puisque l'enseignant a commencé, dans la précédente étape, à utiliser le logiciel de traitements de textes, il doit commencer l'exploitation et l'utilisation des différentes options de ce logiciel. Il ne doit pas s'arrêter au niveau simple ou débutant de l'utilisation de ce logiciel, mais il doit plutôt découvrir les autres options disponibles dans ce logiciel : enregistrer sous, mise en page, insertion d'un tableau, etc. L'enseignant doit commencer à manipuler d'autres logiciels dans ses cours : PowerPoint, etc. Il doit apprendre à utiliser les graphiques, les photos, les cliparts, etc. À cette étape, l'enseignant doit commencer à utiliser des ressources ou des matériels externes : Internet ou réseau scolaire. Ces deux ressources exigent effectivement d'avoir des bonnes compétences informatiques, comme Beauchamp (2004) le souligne dans son article « *le premier exige d'avoir la confiance dans l'utilisation d'un navigateur Web, tandis que le second exige des compétences de gestion de fichiers* » (Beauchamp, 2004, p. 335, traduction libre). Enfin l'enseignant doit commencer à modifier sa pédagogie en permettant aux élèves d'utiliser eux-mêmes sous son contrôle le TNI/TBI pour effectuer les premières manipulations.

- **Utilisateur initié** : c'est l'étape de la prise de conscience par l'enseignant du potentiel du TNI/TBI. Les compétences de l'enseignant lui permettent d'initier une pratique dans la classe imposant une nouvelle pédagogie. Beauchamp (2004) indique que cette pédagogie commence à favoriser le potentiel de synergie dans l'interaction entre l'homme et la technologie. À ce stade, l'enseignant commence à utiliser une grande variété de logiciels et de ressources dans ses situations d'enseignement. Il faut remarquer que le manque de compétences ou le mauvais usage des logiciels ralentit considérablement le processus de la situation d'enseignement. Inévitablement on constate à une mauvaise perception du TNI/TBI par les élèves. L'enseignant doit bien préparer les fichiers utilisés dans la classe pour prévoir tout le déroulement de la session afin qu'il n'y ait pas de cafouillage et de perte de temps. L'enseignant ayant déjà commencé à utiliser l'Internet via le TNI/TBI dans ses cours précédents, il doit à ce stade progresser dans cette utilisation. Il doit être en mesure d'utiliser toutes les ressources possibles : PowerPoint, images, fichiers sonores, Internet, etc.

- **Utilisateur avancé** : cette étape comme le souligne Beauchamp (2004) va au-delà des aspects enthousiastes du TNI/TBI vers la découverte de son impact sur l'enseignement. À cette étape, il est nécessaire d'acquérir des nouvelles possibilités en commençant par le passage d'une utilisation linéaire du TNI/TBI vers une utilisation plus créative en manipulant des hypertextes et des liens hypertexte (hyperlien). « *L'usage de l'hypertexte et des liens hypertexte encourage la pensée latérale, mais cela nécessite d'avoir un certain degré de compréhension technique* » (Beauchamp, 2004, p. 340, traduction libre). Beauchamp (2004) souligne que l'utilisation des enregistrements audio ou vidéo ne doit pas être de simples illustrations mais doit effectivement être une partie intégrante et essentielle du processus d'enseignement. Un utilisateur avancé ne doit pas utiliser les enregistrements sonores dans un cours de langue pour capter seulement l'attention des élèves vers le tableau mais pour enseigner la bonne prononciation des lettres, des mots et des phrases. Il doit utiliser aussi les enregistrements de la vidéo pour démontrer des concepts difficiles à comprendre ou à reproduire en classe comme une simulation vidéo présentant les battements du cœur ou la circulation du sang. L'enseignant, à ce niveau, doit faire preuve d'un niveau élevé d'utilisation du TNI/TBI, ses logiciels, ses périphériques ainsi que les autres matériels de TIC disponibles à l'école. Il doit être capable d'utiliser des images numérisées par lui-même de diverses sources : travaux des élèves, pages de manuels scolaires, etc.
- **Utilisateur expert** : selon Beauchamp (2004), les enseignants dans cette étape doivent être capables non seulement de comprendre le fonctionnement du TNI/TBI, mais également de démontrer l'utilisation du TNI/TBI facilitant une synergie d'apprentissage. Il faut aussi que les enseignants puissent se créer une nouvelle praxis de l'apprentissage. Beauchamp (2004) confirme que « *l'approche d'un utilisateur expert met l'accent sur les possibilités offertes par le TBI à créer de nouveaux scénarios d'apprentissage (plutôt que de réinterpréter les stratégies existantes), où les enseignants et les élèves travaillent ensemble pour atteindre les objectifs d'apprentissage* […] *un utilisateur expert démontre une interaction intuitive avec la technologie facilitant une structure de leçon fluide* » (Beauchamp, 2004, p. 343, traduction libre). Cela signifie que l'utilisation du TNI/TBI à ce stade n'est pas une fin en soi mais elle est un moyen pour créer une nouvelle pédagogie centrée sur la construction du savoir plutôt que sur sa transmission. Cette nouvelle pédagogie nécessite certainement une collaboration entre les enseignants et les élèves pour

reproduire les différentes étapes de la situation d'enseignement-apprentissage. Toutefois l'enseignant doit conserver le contrôle du thème central dicté par l'objectif de la situation d'enseignement-apprentissage.

Il existe également, dans la littérature du TNI/TBI, d'autres modèles pédagogiques qui proposent une théorie différente de l'usage du TNI/TBI. Lewin *et al*. (2008) ont proposé un modèle en trois étapes du changement pédagogique avec le TNI/TBI. Leur modèle met l'accent sur l'interaction enseignant-élèves et élèves-élèves de même que sur le changement de pratiques pédagogiques suivies dans la classe. Glover, Miller, Averis et Door (2007) ont aussi développé un modèle en trois étapes en mettant l'accent sur l'interaction en classe.

1.7. Stratégies d'usage du TNI/TBI

L'intégration et l'utilisation des TIC et du TNI/TBI, en particulier dans l'éducation, devraient être précédées d'une série de conditions nécessaires : former les enseignants, préparer les infrastructures… afin d'atteindre les objectifs de cette intégration. Les recherches se concentrent souvent sur la formation des enseignants comme étant une condition indispensable à l'intégration et l'usage des TIC en éducation. Elles confirment que le manque de compétences des enseignants vient en tête des difficultés.

La formation des enseignants à l'usage du TNI/TBI joue un rôle très important pour découvrir les champs, les applications, les stratégies et la manière d'utiliser le TNI/TBI. Les recherches montrent qu'il y a des enseignants n'utilisant pas le TNI/TBI (même une fois par semaine) dans leurs cours malgré l'équipement de leurs classes (Smith, 2008). Souvent les enseignants utilisant le TNI/TBI exploitent et emploient exclusivement les fonctionnalités les plus faciles : glisser-déposer, colorier, etc. Ils ne sont pas des utilisateurs de haut niveau (Beauchamp, 2004). Il faut donc former les enseignants en formation initiale et continue pour bien exploiter toutes les fonctionnalités disponibles du TNI/TBI. Cette formation devrait permettre aux enseignants de construire une méthode efficace pour utiliser le TNI/TBI. Avoir une stratégie dans l'utilisation du TNI/TBI dans la classe est la pierre angulaire pour débuter, exploiter et profiter de ses potentiels pédagogiques.

Quelles stratégies l'enseignant doit-il suivre pour utiliser de façon optimale les potentiels pédagogiques du TNI/TBI dans ses cours ?

1.7.1. Le modèle de Beauchamp et Parkinson (2005)

Beauchamp et son collaborateur (2005) ont proposé la stratégie suivante :

- Capturer : avoir les compétences de bases dans le domaine de l'informatique : copier, coller, avoir la compétence à reproduire une page utilisée en classe.

- Souligner : avoir la capacité à utiliser certaines fonctionnalités, comme par exemple, la fonction de téléscripteur ou la fonction de projecteur.
- Stocker : avoir le savoir-faire pour stocker les pages du tableau utilisées en classe pour une utilisation ultérieure, avoir la possibilité de stocker les pages sous différents formats (PDF, JPEG, etc.).
- Annoter et modifier : avoir le moyen d'utiliser le stylo, parfois en conjonction avec d'autres fonctions comme les flèches, les lignes… et ajouter des écritures ou des remarques aux images et aux textes.
- Créer un lien : avoir la compétence à faire une liaison avec d'autres supports (faire un rapport avec les tableaux à feuilles mobiles, le tableau traditionnel, ou avec d'autres logiciels installés sur l'ordinateur, avoir le savoir-faire pour créer un lien avec d'autres sites Internet) (Beauchamp et Parkinson, 2005, p. 98).

1.7.2. Le modèle de British Educational Communications and Technology Agency (2006)

BECTA (2006) a proposé une autre stratégie plus détaillée et plus approfondie pour l'utilisation du TNI/TBI. Cette stratégie se compose de deux grands pôles.

1.7.2.1. Améliorer la discussion en classe

- Utiliser une image pour stimuler la discussion : certains logiciels du TNI/TBI permettent de placer une couche de couleur au dessus d'une photo pour la cacher, puis en utilisant la gomme, révéler l'image petit à petit. Cette technique incite les élèves à améliorer leur imagination par la suggestion de certaines propositions concernant la partie cachée de l'image. Ceci permet d'augmenter et de favoriser la discussion dans la classe.
- Utiliser des indications pour l'écriture : l'avantage « glisser-déposer ou cliquer-glisser » du TNI/TBI permet de préparer des activités en donnant des mots-clés (indices) sur ces activités, ce qui permet aux élèves de stimuler la discussion ainsi que de les encourager à classer leurs connaissances. L'enseignant peut « lancer » un écran avec un cercle au milieu et une sélection de mots clés ainsi que des numéros autour du bord de cercle. Par exemple, trois, le côté, le sommet, quatre, l'angle, la diagonale, cinq, l'axe de symétrie, le centre, le rayon, le diamètre, l'arête, le carré, le rectangle, six, le triangle, le losange, le cercle, le segment. Puis il invite les élèves (en petits groupes ou en individuel) à venir au tableau et faire glisser les mots clés dans le cercle en

s'expliquant. Chaque élève doit donner une phrase telle que « Le triangle a trois sommets, trois côtés et trois angles ».

- Utiliser le brainstorming ou « remue-méninges » : il est possible d'utiliser le TNI/TBI pour organiser une séance de « remue-méninges » en demandant aux élèves de montrer leurs connaissances préalables sur un sujet précis. Dans ce cas, les élèves sont invités à apporter leurs connaissances et leurs idées. Puis l'enseignant note les idées sur une page du tableau. L'étape suivante commence lorsque l'enseignant a terminé de noter toutes les idées et les expressions données par les élèves. Les élèves sont alors invités à regrouper les idées selon le thème. Ils commencent (en petits groupes) à rédiger un petit texte sur tel ou tel thème. Ensuite, ils regroupent ces petits textes dans un seul texte. Cette technique aide et incite les élèves à renforcer la discussion entre eux en permettant d'enrichir leurs connaissances et en développant leurs compétences. L'enseignant dans cette technique devient un concepteur, un organisateur et un guide pour les activités et les tâches réalisées en classe.
- Faire le tri : dans cette technique, l'enseignant aide ses élèves à classer plusieurs objets ou plusieurs phénomènes dans l'environnement selon des critères précis : nouveauté-ancienneté, addition-soustraction, plus-moins, etc. L'enseignant prépare une page du tableau où sont dessinés deux cercles, l'un pour le « plus » et l'autre pour le « moins ». Au dessous il y a certains mots ou certains concepts : le côté, le sommet, l'angle, le triangle, le rectangle. Les élèves sont invités à glisser-déposer les éléments soit dans la case « plus » ou dans la case « moins » et à expliquer leur gestes. L'enseignant demande aux élèves de trier les figures planes selon le nombre d'angles en comparant les figures planes deux par deux et en mettant celles qui ont le plus grand nombre d'angles dans la case « plus » et celles qui en ont le moins dans la case « moins ». Un élève met le « triangle » dans la case « moins » et le rectangle dans la case « plus ». Il doit donner et l'explication suivante : « Les angles du triangle sont moins nombreux que ceux du rectangle ».
- Utiliser les activités texte-divulgation : dans cette technique, l'enseignant présente une page du tableau où il y a un extrait d'un poème caché. Lorsque l'enseignant affiche le texte sur l'écran, les élèves ne voient qu'un texte codé se composant d'une étoile pour chaque lettre. Il y a quelques indices aidant les élèves à éviter les pièges. Cette activité donne l'occasion d'encourager la discussion entre les élèves dans la classe pour retrouver les lettres de chaque mot caché.

- Poser des bonnes questions : on entraîne les élèves à se poser des questions précises en les aidant à suivre la bonne démarche pour résoudre une tâche et en les incitant à réfléchir sur les processus de leurs réponses plutôt que sur le résultat.
- Partager l'expertise : l'enseignant dans les techniques précédentes est un organisateur, un concepteur, un metteur en scène, un évaluateur pour toutes ses activités. Pourtant, le TNI/TBI offre aux élèves la possibilité de travailler en collaboration par petits groupes sans l'obligation de la présence de l'enseignant. Dans cette technique l'enseignant divise les élèves en petits groupes. Chaque groupe devra réaliser une tâche précise. Cette activité suppose que chaque groupe d'élèves travaille ensemble en se concentrant sur la même tâche pour arriver à un but commun. Après avoir divisé les groupes et distribué les tâches, chaque groupe commence à effectuer l'activité en se répartissant le travail. Chaque élève se concentre sur un aspect de l'activité. Cela, bien sûr ne signifie pas que chaque élève travaille indépendamment des autres mais plutôt que chaque élève prend en charge l'exécution d'un élément du processus de la réalisation d'une activité. Bien entendu les autres membres du groupe peuvent participer à tout moment et chaque décision sera effectivement discutée et partagée entre eux. Cette technique ne signifie pas que l'enseignant est absent ou ignoré par la présence du TNI/TBI. Mais plutôt son rôle a changé. Au lieu d'être le seul utilisateur du TNI/TBI, il devient un concepteur et un organisateur des séances.

1.7.2.2. Modélisation, démonstration, annotation

Par rapport au second aspect, BECTA (2006) souligne que le TNI/TBI offre aux élèves la possibilité de modéliser les activités des autres et de démontrer leurs propres travaux.

- Activités glisser-déposer (cliquer-glisser) : les logiciels du TNI/TBI permettent aux élèves de modéliser certaines activités grâce à l'avantage « glisser-déposer ». En mathématiques, l'enseignant peut organiser certaines activités en utilisant cet avantage. Il peut avant de commencer l'étude des triangles, effectuer une activité sur les types de triangles. Lors de cette activité, au dessus du tableau, il y a des cases correspondant aux types de triangles : équilatéral, rectangle, isocèle et rectangle-isocèle. Au dessous il y a plusieurs formes de triangles. Les élèves vont au tableau et doivent glisser et déposer un triangle dans la case correspondante en expliquant pourquoi ils regroupent telle forme de triangle dans telle ou telle case. Cette technique

permet aux élèves de bien réfléchir et formuler une méthode qui les aide à déceler la forme de triangle.

- Annotation : le TNI/TBI permet d'effectuer des annotations sur des images, sur des textes ou même sur des sites Internet en écrivant au dessus à la main ou au stylet. Cet avantage permet à l'enseignant de souligner les caractères du concept élaboré en classe et aux élèves de participer à l'annotation des éléments sur le tableau concernant le concept abordé.
- Lecture partagée : le TNI/TBI permet de faire lire par toute la classe un texte crée par l'enseignant.
- Ecriture collaborative : dans cette technique l'enseignant se focalise sur le travail en groupe. Il présente le sujet que les élèves doivent effectuer. Puis il divise les élèves en plusieurs groupes en donnant à chaque groupe une partie du sujet. Chaque groupe doit déposer sa rédaction dans une page déjà préparée par l'enseignant afin de rédiger un texte intégral des travaux de chaque équipe.
- Résolution de problèmes en collaboration : après avoir donné un problème à résoudre individuellement, l'enseignant demande aux élèves ayant résolu leurs problèmes de venir au tableau et expliquer à leurs camardes la manière dont ils l'on résolu.
- Enseignement en groupe : dans cette technique l'enseignant divise les élèves en groupe et chacun travaille sur un thème précis. Au final, chaque groupe doit présenter ses conclusions ou ses travaux devant la classe.

1.8. Un TNI/TBI pour quoi faire ? Quels sont ses attributs ?

L'usage du TNI/TBI dans l'enseignement et l'apprentissage semble présenter de nombreux intérêts pédagogiques à la fois pour l'enseignant et pour les élèves. Selon Gage (2011), ces intérêts doivent être connus par les enseignants parce que cela les aident à commencer à utiliser efficacement le TNI/TBI. Les recherches concluent qu'une grande majorité des enseignants commençant à utiliser le TNI/TBI sont rapidement convaincus en peu de temps de l'usage de cet outil. Ils ne veulent pas revenir aux pratiques précédentes (Beauchamp, 2004 ; Fourgous, 2010 ; Gage, 2011). Quelles sont donc les raisons donnant pour TNI/TBI un tel engouement ? Pour répondre à cette question nous nous sommes appuyé sur les travaux de (Bordes, 2012 ; Gage, 2011 ; Lalande, 2010 ; Leroux, 2009 ; Tataroglu et Erduran, 2010).

- **Interactivité** : l'une des grandes valeurs pédagogiques demandée au TNI/TBI comme outil d'enseignement-apprentissage, c'est l'interactivité. Cette interactivité soutenue

par le TNI/TBI regroupe l'ensemble de la communauté de la classe : enseignant-élèves et élèves-élèves. Le TNI/TBI développe l'interaction entre les élèves lorsqu'un élève intervient au tableau pour répondre à une question ou pour résoudre un problème. Dans ce cas, si l'élève donne une bonne réponse, il va interagir avec ses camarades pour justifier sa réponse et pour les convaincre. Si la réponse est incorrecte il en discute avec ces camarades afin de trouver la bonne réponse.

- **Motivation, attention, concentration** : le TNI/TBI motive particulièrement les élèves dans l'apprentissage des différentes disciplines scolaires : mathématiques, sciences physiques, etc. Ces recherches montrent également que le TNI/TBI soutient l'attention des élèves. Le TNI/TBI permet aussi aux élèves de conserver un bon niveau de concentration vers les notions traitées en classe. Les élèves participent et sont actifs au lieu d'être des spectateurs passifs. Il aide aussi les élèves ayant des besoins éducatifs spéciaux et ayant des problèmes comportementaux (Wall *et al*., 2005). Par ailleurs, le TNI/TBI conduit l'enseignant à introduire des changements essentiels sur ses pratiques pédagogiques et à créer des nouvelles situations pédagogiques. Cela permet également de créer un environnement d'apprentissage agréable, chaleureux, et accessible à tous les élèves ainsi qu'aux enseignants.
- **Donner des cours d'une façon structurée :** le TNI/TBI permet de présenter les cours d'une manière bien structurée, bien organisée, et bien planifiée. L'enseignant peut au début de chaque cours présenter, d'une façon plaisante, les objectifs et les consignes de cette situation d'enseignement. Il fait le lien avec les précédentes situations d'enseignement en écrivant sur le tableau un résumé des activités et des travaux précédents. Cela permet aux élèves de se rappeler les notions étudiées auparavant ainsi que de bien comprendre ce qu'ils vont étudier et apprendre.
- **Enregistrement du travail** : la possibilité d'enregistrer et de mémoriser les activités effectuées dans la classe semble un atout très important du TNI/TBI. L'enseignant peut partager cette mémoire avec les élèves en l'imprimant, en l'envoyant par courriel, ou en la mettant en ligne. Cela aide les élèves à reprendre les situations d'apprentissage antérieures quand ils souhaitent réviser ou trouver une information. Les élèves absents peuvent récupérer et apprendre les situations d'enseignement manquées. L'enseignant peut feuilleter sur l'écran, devant toute la classe, ces traces pour faire une révision collective des concepts traités durant l'année. Le TNI/TBI devient donc « *la mémoire de la classe d'une heure à l'autre car on pourra très facilement revenir sur une trace, même lointaine* […] *Il sera alors plus facile de faire*

des ponts entre les séances, entre les chapitres, de mettre les élèves en conditions de créer des liens entre les notions » (Leroux, 2009, p. 51). Cela permet aussi de faire une comparaison entres les travaux des élèves sur un sujet précis. Walker (2002) trouve que la possibilité de reprendre des travaux déjà enregistrés est très bénéfique pour les élèves ayant des besoins spéciaux.

- **Supports multimodaux** : l'une des particularités propre au TNI/TBI est la possibilité de construire et d'utiliser des supports multimodaux visuels, sonores et manipulables. Ces divers supports ont un effet considérable sur l'apprentissage des élèves.
- **Modalité du travail** : le TNI/TBI permet de diversifier les modalités de réalisation des activités en classe. Ces modalités prennent trois formes : en grand groupe (classe entière), en petits groupes et enfin individuellement.
- **Visibilité** : le grand écran du TNI/TBI est fondamental car il permet à tous les élèves et particulièrement ceux assis au fond de la salle et les malvoyants de bien voir tous les écrits au tableau.
- **Diversité des ressources** : le TNI/TBI permet d'accéder à des ressources très variées comme le texte, l'image fixe et animée, la vidéo, le son, etc. (Levy, 2002 ; Tataroglu et Erduran, 2010). Cette diversité permet d'enrichir les situations d'enseignement et de rendre l'apprentissage plus dynamique et plus « *mémorisable* » (Thomas, 2003). Le TNI/TBI permet d'accéder rapidement aux ressources pédagogiques sans avoir besoin d'acheter d'autres supports. L'accès à l'Internet permet d'accéder instantanément à des ressources infinies. Tout ceci permet bien évidement de gagner un temps considérable dans les pratiques quotidiennes et de varier les supports d'enseignement et d'apprentissage mis à disposition des enseignants et des élèves.

1.9. Avantages et limites de l'usage du TNI/TBI

Nous concluons ce chapitre en mettant en évidence les avantages et les limites de l'usage du TNI/TBI en nous appuyant sur les recherches de Brown (2003), Bell (2002), Bennetot-Dereux (2008), BECTA (2003a), Cogill (2002), Dostal (2011), Dessus et Soubrié (2012), Gage (2011) Hall et Higgins (2005), Lalande (2010), Smith (2008), Türel (2010).

1.9.1. Avantages du TNI/TBI

L'usage du TNI/TBI présente des avantages convaincants à la fois dans le domaine de l'enseignement et dans celui de l'apprentissage. Cependant, pour certains chercheurs ces avantages ne sont pas identiques pour l'enseignement et pour l'apprentissage. Lalande (2010,

p. 1) révèle que « *les avantages du TBI pour l'enseignement sont habituellement assez évidents. Cependant, pour l'apprentissage, c'est plus subtil* ».

Ci-joint les principaux avantages du TNI/TBI :

- Encourager les élèves dans leur travail et les rendre plus attentifs ;
- Impliquer plus facilement les élèves dans l'enseignement du maître ;
- Présenter le sujet d'une manière plus concrète ;
- Enregistrer et sauvegarder les travaux pour un usage ultérieur ;
- Utiliser un large éventail de médias (documents Word, PowerPoint, pages web, logiciels, etc.) par les enseignants ;
- Améliorer le contenu de la présentation en intégrant de nombreuses ressources (images, sites Internet, textes, vidéos…) ;
- Favoriser une interactivité dans la classe ;
- Varier les modalités d'enseignement et d'apprentissage (grand groupe, petits groupes et individuellement) ;
- Gagner du temps pour se consacrer à la prise de notes, au recopiage ou au soutien des élèves en difficulté ;
- Recentrer les pratiques pédagogiques autour de l'apprentissage plutôt qu'autour de l'enseignement.

1.9.2. Limites du TNI/TBI

Comme tout outil technologique, il y a des limites dans l'usage du TNI/TBI :

- La création des ressources d'enseignement est longue à élaborer principalement au début ;
- L'enthousiasme et la motivation des élèves diminuent avec le temps ;
- L'intérêt des enseignants suscité par la nouveauté du TNI/TBI s'amenuise dans le temps ;
- Certains enseignants utilisent le TNI/TBI comme un écran de projection ou comme un tableau blanc traditionnel. L'interactivité est donc perdue et l'utilisation du tableau sans intérêt ;
- Le TNI/TBI impose des coûts supplémentaires pour les écoles.
- Les problèmes techniques (connexion TNI/TBI-ordinateur, stylet, étalonnage, affiche, etc.) ainsi que le manque de soutien technique peuvent être un obstacle à l'usage du TBI ;

- Les enseignants passent plus de temps à surmonter les défis technologiques et peuvent moins se préoccuper de l'enseignement et l'apprentissage de leurs élèves ;

Le manque de compétences des enseignants dans ce type de matériel.

1.10. Conclusion du chapitre

En nous recourant à la littérature du TNI/TNI, il ressort clairement que celui-ci est un outil à la fois technique et pédagogique. Grâce à son potentiel pédagogique, cet outil peut favoriser plusieurs aspects des processus d'enseignement et d'apprentissage : le mode d'acquisition des connaissances et du développement des compétences, la résolution de certains problèmes à l'école auxquels sont confrontés les élèves. Cet outil connaît une souplesse dans son usage. Il peut être utilisé en grand groupe, en petits groupes et en individuel. L'enseignant et l'élève deviennent être actifs lors de l'usage du TNI/TBI. Pour une utilisation optimale, l'enseignant doit être formé à l'usage pédagogique du TNI/TBI afin qu'il puisse construire sa propre stratégie. Celle-ci doit être modifiable selon les caractéristiques des sujets abordés, les besoins des élèves, etc.

2. Approche historique du TNI/TBI

Ce chapitre est constitué de quatre sous-chapitres : le contexte d'apparition du TNI/TBI (§ 2.1.), le contexte d'équipement des établissements scolaires en TNI/TBI (§ 2.2.) permettant d'apporter plus de précisions sur les avancées de certains pays dans ce domaine, la présentation de la littérature francophone disponible sur le TNI/TBI (§ 2.3.). Le dernier sous-chapitre (§ 2.4.) est consacré à développer un état des lieux des recherches conduites sur l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire. Les deux derniers sous-chapitres permettent d'apporter plus de précisions sur les impacts observés de l'usage de cet outil numérique en éducation.

2.1. Contexte d'apparition du TNI/TBI

L'apparition du TNI/TBI s'est faite à la fin du XXème siècle dans le domaine de l'éducation et dans quelques autres domaines (commerce, médias, etc.). Meyer (2012) souligne que le laboratoire Xerox Parc à Palo Alto (en Californie) a été le créateur du TBI à l'échelle mondiale. Le premier prototype du TBI a été crée à la fin des années 80.

Le domaine commercial a été aussi l'un des premiers domaines à employer le TNI/TBI dans ses activités et ses travaux. « *Premier TBI commercialisé, le « SmartBoard » est produit en 1991 par la société Smart Technologies*» (Meyer, 2012, p. 9). De leurs côtés, Skutil et Manenova (2012) ont relevé que « *la technologie du tableau blanc/électronique*

interactif a émergé pour la première fois au début des années 1990 » (Skutil et Manenova, 2012, p. 123, traduction libre). Ensuite, les décideurs politiques du monde entier et dans les pays occidentaux en particulier sous la pression des remarques et des perspectives des pédagogues et des chercheurs en éducation ont commencé à introduire cet outil dans le secteur de l'éducation afin d'effectuer des réformes fondamentales pour développer leurs systèmes éducatifs. Ces tentatives ont débuté à la fin des années 90.

Comme dans la majorité des cas des outils technologiques utilisés pour l'enseignement, les premières implantations et utilisations du TNI/TBI n'ont pas été dans le milieu scolaire mais dans le domaine de l'entreprise : organisation de conférences ou de réunions. Dans ce contexte, Greiffenhagen (2000) souligne qu'« *il est important de se rappeler que ces tableaux ont été élaborés en raison des besoins identifiés dans le domaine des bureaux plutôt que dans les écoles. Par conséquent, leur potentialité éducative doit encore être démontrée* » (Greiffenhagen, 2000, p. 1, traduction libre). Cependant, c'est aujourd'hui dans le domaine de l'enseignement que le TNI/TBI est le plus implanté et le plus utilisé. 80% des TNI/TBI installés récemment dans le monde entier sont implantés dans les salles de classe (Fourgous, 2010). Butron-Monney et Jaquier (2010) souligne que plus 90% des TNI/TBI à l'échelon mondial sont installés dans le secteur de l'éducation.

L'usage du TNI/TBI dans le monde se répartit comme suit : 93% dans le domaine de l'éducation (45% dans l'enseignement primaire, 44% dans l'enseignement secondaire et 4% dans l'enseignement supérieur), 4% dans le monde de l'entreprise, 2% dans les différentes organisations gouvernementales et 1% dans les autres secteurs (Futuresource-Consulting, 2010).

2.2. Contextes d'équipement en TNI/TBI

L'équipement des établissements scolaires en TNI varie d'un payas à l'autre selon plusieurs contextes. Dans cette section, nous présentons, dans un premier temps, le contexte français. Puis, nous exposons l'état de certains pays dans l'équipement de leurs établissements scolaires.

2.2.1. Contexte du système scolaire français

Grâce aux avantages pédagogiques spécifiques du TNI/TBI, les pédagogues ont sollicité les décideurs éducatifs pour équiper les établissements scolaires avec cet outil. En France, l'équipement des établissements scolaires (principalement dans l'enseignement primaire) a commencé en 2003. Cette opération était contrôlée par la Direction des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation (D-TICE) ou par la

SD-TICE[13] et ses projets notamment le projet de PrimTICE. « *Le tableau numérique a fait ses vrais débuts dans l'Hexagone, en 2003, avec l'opération PrimTICE dans les écoles. Auparavant, seulement 10 TNI étaient présents sur le territoire. La SD-TICE a alors investi 1,3 M€ pour la mise en place de tableaux dans les écoles primaires* » (Fourgous, 2010, p. 70). Vigouroux et Cochain (2008) indiquent que l'implantation des écoles primaires a débuté en 2004 avec l'opération « usages des tableaux blancs interactifs dans l'enseignement primaire » dans le cadre du projet PrimTICE. Ils précisent que « *cette opération lancée en 2004 en partenariat avec cinq constructeurs[14], a permis d'équiper plus de 550 classes du premier degré en 2005 et le double en 2006* […] *l'équipement était 2000 TBI en 2007 pour le primaire* » (Vigouroux et Cochain, 2008, p. 94).

Dès 2003, l'opération d'équipement des écoles en TNI/TBI ne cesse de se développe. De plus en plus, cet outil équipe les salles de classe et le taux d'équipement double d'une année sur l'autre. « *La France compte, en 2009, 27 000 TNI (18600 dans le secondaire et 8400 dans le primaire) mais en escompte 50000 en 2010. On dénombre ainsi 2,7 TNI par école dans le secondaire (8% des classes de collège équipées) et de 2,1 dans le primaire (3,5% des classes élémentaires équipées* » (Fourgous, 2010, p. 70). En 2009 (voir figure 4) le taux d'équipement des écoles et établissements scolaires français était de 6%. En 2011 il est pratiquement du double, soit 11%. (Fourgous, 2012).

Une lecture rapide des données statistiques et des pourcentages précédents nous montre qu'en France l'équipement des établissements scolaires en général et les écoles primaires en particulier est très faible (8% des classes de collège équipées contre 2.1% des classes du primaire). Toutefois le pourcentage des classes dans lesquelles sont implantées le TNI/TBI est en augmentation constante grâce aux projets qui sont en cours dans ce domaine.

Le contexte du déploiement des TNI/TBI en France ainsi que le pourcentage d'équipement nous amènent à faire deux remarques :

- L'écart entre les communes équipées et celles qui ne le sont pas est très grand. Il y a des communes qui sont bien équipées avec cet outil, d'autres pas du tout. Par exemple, toutes les classes élémentaires d'Elancourt (première ville française à avoir testé le TBI[15]) sont équipées en TNI/TBI. Dans le département du Rhône, le taux d'équipement des écoles primaires ne dépasse pas 10%. « *À ce jour, 531 classes sont équipées de TBI/TNI dans le département du Rhône, soit 8,51% des 6241 classes.*

13 Sous-direction des technologies de l'information et de la communication.
14 Hitachi, Interwrite learning, Polyvision, Promethean, Smart.
15 Selon (Wikipédia, 2013)

Nous ne disposons pas de données "géolocalisées" par commune[16] » (Académie de Lyon, 2013).

- L'écart entre les niveaux d'enseignement est également très fort. Il y a une différence remarquable entre le taux d'équipement dans le primaire et celui du secondaire. À Paris, depuis la rentrée 2008, le taux d'équipement dans les collèges est de 76% et de 86% dans les lycées (depuis 2008, chaque collège et lycée dispose d'au moins d'un TNI/TBI). À contrario, dans le primaire le taux d'équipement reste faible et il y a beaucoup d'écoles qui n'ont pas même un seul TNI/TBI. « *La France a de plus investi massivement dans le secondaire, en laissant le primaire de côté, répondant ainsi à une "logique descendante", contrairement aux autres pays européens* » (Fourgous, 2010, p. 93).

2.2.2. Quelques éléments de comparaison internationale

L'équipement des établissements scolaires en TNI/TBI en particulier occupe une place importante dans la majorité des pays du monde. Les pays ont investi considérablement dans ce domaine qui est devenu l'un des indicateurs principaux du développement du pays.

Pour équiper les établissements scolaires en TNI/TBI, les pays ont mis en place des stratégies et des projets pour planifier, organiser et développer. Ces essais sont variables d'un pays à l'autre. La Grande-Bretagne considérée comme le pays précurseur dans ce domaine a massivement implanté dans ses écoles publiques le TNI/TBI (voir figure 4). Elle a dépensé en 2003-2004, 10 millions de livre sterling pour équiper uniquement les écoles primaires en TNI/TBI dans le cadre du projet PSWE[17] (Somekh *et al.*, 2007). Dans le même contexte BESA[18] (2009) indique qu'au Royaume-Uni en 2009 il y avait 177200 tableaux blancs interactifs dans les écoles primaires (en moyenne 8,6 unités par école) et 104800 dans les écoles secondaires (en moyenne 25,2 unités par école). Ce taux d'équipement des établissements scolaires britanniques est difficilement comparable avec la France pour la même période (2009). Celle-ci avait seulement implanté 8400 TNI/TBI dans les écoles primaires (environ 2,1%) et 18600 TNI/TBI dans les écoles secondaires (environ 2,7%). Cette implantation britannique du TNI/TBI a permis à la Grande-Bretagne d'avoir une place de choix dans le classement mondial et de lui donner une place et une expérience importante avec « *95 % des classes qui fonctionnent déjà avec un TBI* » (Daoust-Boisvert, 2009, para. 5).

---

16 Nous avons récupéré ces informations statistiques sur l'équipement des écoles primaires dans le département du Rhône par courriel adressé au Rectorat de l'Académie de Lyon le 24/06/2013.

17 Primary Schools Whiteboard Expansion

18 British Educational Suppliers Association

Le projet britannique va encore plus loin : dès 2010 la totalité des classes primaires et secondaires ont été équipées d'un TNI/TBI.

L'Italie, dans le cadre de son projet national « Digiscuola » a investi 60 millions d'euro en trois ans (2010, 2011, 2012) pour l'implantation du TNI/TBI dans les écoles primaires et secondaires (Fourgous, 2010 ; Türel, 2010). Le Portugal, dès 2010, a atteint le chiffre de 35% de classes équipées en TNI/TBI. L'Australie, en 2007, a consacré un investissement de 66 millions de dollars pour l'installation des TNI/TBI dans toutes les écoles à l'horizon de 2011 (Holmes, 2009). En Turquie (3% de classes équipées en TNI/TBI), Türel (2010) souligne que le ministère de l'éducation nationale a lancé plusieurs projets concernant l'équipement des établissements scolaires en TNI/TBI. Dès 2011, toutes les écoles de la région d'Istanbul en ont été équipées.

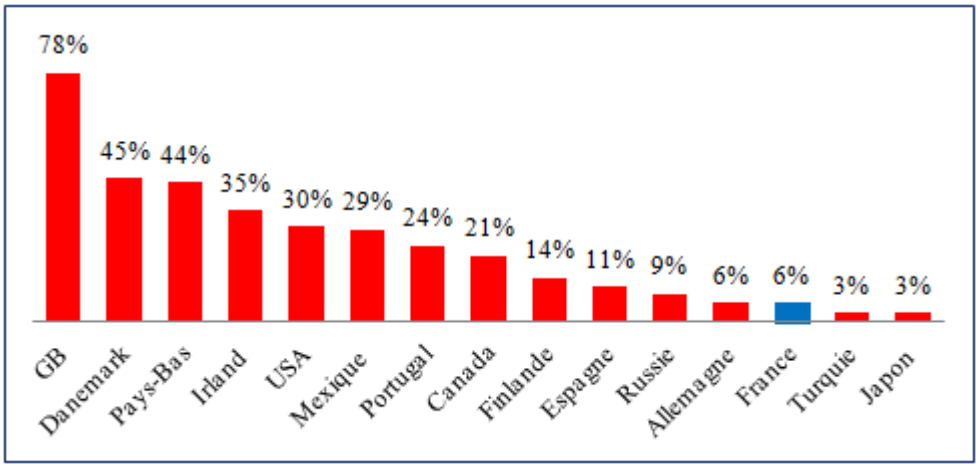


FIGURE 4 - *Répartition des taux (%) d'équipement en TNI/TBI dans l'enseignement primaire et secondaire dans le monde*[19]

La France - comme le souligne la figure 4 – est en retard (13ème rang mondial) par rapport aux autres pays occidentaux et européens. Le taux des classes équipées en TNI/TBI en France est de 6% contre 45%, 44% et 35%, respectivement au Danemark, aux Pays-Bas et en Irlande. De même le taux d'équipement en France est inférieur à celui du taux global mondial (7% le taux d'équipement moyen des classes dans le monde).

Par ailleurs, les États-Unis, la Russie, l'Espagne, la Finlande, le Canada et le Mexique sont également des pays pionniers dans ce domaine. Ces pays et ceux mentionnés précédemment ont fortement investi dans ce domaine. Cela leur a permis de progresser dans

19 Source : Futuresource Consulting (2009). Interactive Displays Quarterly Insight : State of the Market Report. Bedfordshire : Futuresource Consulting Ltd.

l'équipement des établissements scolaires en TNI/TBI (voir figure 5). Pour lire la figure : en bleu = le pourcentage d'équipement en 2009, en noir = le pourcentage d'équipement en 2010.

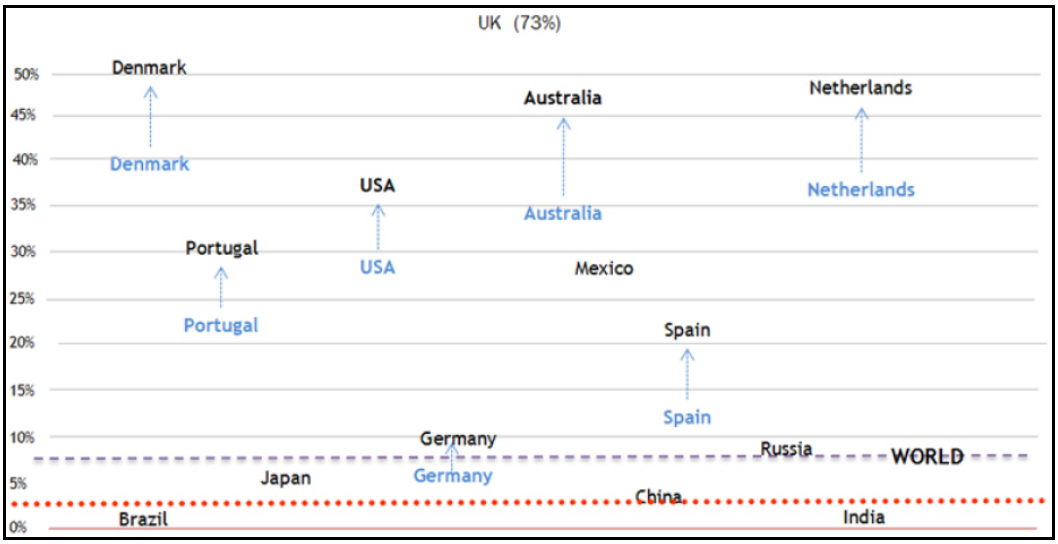


FIGURE 5 - *Progression des pays dans l'équipement d'établissements du primaire et du secondaire en TNI/TBI*[20]

2.3. Exploration de la littérature francophone sur le TNI/TBI en éducation

Les travaux français disponibles sur l'usage du TNI/TBI, dans l'enseignement et l'apprentissage en général et dans le domaine des mathématiques en particulier, sont rares et ne sont pas comparables avec ceux disponibles dans la sphère anglophone. La majorité de ces écrits sont descriptifs et n'ont pas cherché à mesurer les fonctions pédagogiques du TNI/TBI sur la performance et la réussite scolaires des élèves. Selon Karsenti, Collin et Dumouchel (2012), ces travaux se focalisent sur deux dimensions essentielles du TNI/TBI : ils célèbrent, sans preuves réelles, les mérites du TNI/TBI. Ils mettent en évidence les points de vue des élèves et des enseignants sur le TNI/TBI. Train (2013) regroupe les travaux français traitant la question du TBI en trois catégories :

- Ceux qui montrent l'aspect technique du TBI (fonctionnalités, modes d'installation, modes de projection, compositions de cet outil, etc.) ;
- Ceux qui décrivent les usages possibles du TBI dans telle ou telle discipline ;
- Ceux qui relèvent l'aspect innovant dans les établissements scolaires.

Selon nos lectures dans la littérature du TNI/TBI, nous avons pu regrouper les travaux francophones et anglophones s'intéressant à l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire en quatre grandes catégories :

---

20 Source : McIntyre-Brown (2011)

- Ceux qui montrent **l'aspect technique du TNI/TBI** : ces travaux se focalisent sur les éléments techniques de cet outil, les logiciels dédiés et installés, les modèles de cet outil, etc.
- Ceux qui mettent en lumière **l'aspect motivationnel du TNI/TBI**. Ces travaux montrent que le TNI/TBI motive les élèves pour apprendre et qu'il encourage les enseignants à l'utiliser. Mais ces recherches ne répondent pas du tout à la question du « comment » et du « pourquoi ». Ils se bornent exclusivement à l'aspect ludique et multimédia du TNI/TBI.
- Ceux qui étudient **les perceptions des enseignants et des élèves sur l'usage du TNI/TBI**. Cette catégorie montre seulement les impressions et les points de vue des enseignants et des élèves. Comment évaluent-ils l'usage de cet outil ? Quels sont les avantages et limites de l'utilisation du TNI/TBI ? Dans cette catégorie, nous trouvons la même remarque que précédemment : l'absence du « pourquoi » et du « comment ».
- Ceux qui démontrent **l'efficacité et l'utilité de l'usage du TNI/TBI** en milieu scolaire. Ces recherches décrivent certains usages possibles du TNI/TBI dans une discipline précise. Ces recherches n'étudient pas les conséquences de cet usage sur l'aspect cognitif chez les élèves.

La plupart des écrits français disponibles dans ce domaine sont des récits d'expériences des enseignants utilisant le TNI/TBI. Ce genre de travaux ne suit pas une approche académique ou scientifique mais décrivent l'usage et les effets du TNI/TBI du point de vue des enseignants. Dans la majorité de ces travaux l'aspect méthodologique est toujours absent et nous ne savons donc pas comment tel ou tel enseignant a jugé si le TNI/TBI était bénéfique pour l'enseignement et l'apprentissage. Ces travaux sont diffusés sur des sites Internet : sites officiels du Ministère de l'Éducation Nationale, des Académies départementales, des Rectorats…, sur des forums, sur des blogs ou encore sur les réseaux sociaux. Nous trouvons aussi sous forme d'articles et de vidéos des récits d'enseignants.

Il y a aussi quelques rapports officiels mettant en lumière l'usage du TNI/TBI dans certains enseignements. Ces comptes rendus font des synthèses de l'usage du TNI/TBI par les enseignants dans les écoles ayant participé à ces enquêtes.

2.3.1. Synthèse des résultats issus de quatre rapports sur le TNI/TBI en contexte français

Dans cette sous-section, nous étudierons les résultats de quatre[21] rapports gouvernementaux français traitant de la question de l'usage du TNI/TBI dans l'enseignement primaire.

Fourgous (2010) donne une valeur importante au TNI/TBI comme un indicateur primordial de la modernisation de l'école. Dans ses 70 mesures pour « réussir l'école numérique » en 2012, il met à la deuxième place le TNI. Il propose la généralisation « *à 100% des établissements scolaires les tableaux numériques interactifs associés à un ordinateur et à un logiciel de création de séquences pédagogiques multimédias* » (Fourgous, 2010, p. 10). L'auteur montre la situation actuelle du développement et de l'utilisation du TNI dans les établissements scolaires français en les comparant avec d'autres expériences internationales dans ce domaine. Pour lui, le TNI est un « *outil flexible et gratifiant pour l'enseignant* » (Fourgous, 2010, p. 222) qui permet à ce dernier d'exécuter des activités d'une façon efficace pour lui et pour ses élèves.

2.3.1.1. À propos des connaissances apprises

Dans leur rapport, Jeunier *et al*. (2005) ont essayé de comprendre si le TNI/TBI permettait de mettre en œuvre une nouvelle pratique pédagogique particulièrement dans le domaine du transfert des connaissances et des contenus différents de ceux liés au tableau traditionnel. Cette hypothèse a conduit les auteurs à « *mettre en exergue si la nature des connaissances représentées permet aux élèves de comprendre ou de résoudre des problèmes concernant des notions qu'ils ne peuvent habituellement pas traiter avec le tableau classique* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 9).

En essayant de valider cette hypothèse, les auteurs indiquent les différents types d'usages pédagogiques du TNI/TBI pouvant jouer un rôle important sur les connaissances présentées par l'intermédiaire du TNI/TBI. L'apport majeur du TNI/TBI par rapport aux autres outils technologiques en général et au tableau classique en particulier est que cet outil numérique permet « *de déplacer des objets, de les réduire, de les agrandir et, le cas échéant, de les transformer* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 13). Grâce à ce potentiel, l'enseignant et l'élève n'ont plus de problèmes concernant la mise en page. Ils peuvent, en effet, plutôt que d'effacer

---

[21] Les quatre rapports étudiés sont :

1. Rapport d'expertise relative aux usages du tableau blanc interactif en école primaire, réalisé par Jeunier et ses collaborateurs en 2005.
2. Rapport d'usages de tableaux blancs interactifs dans l'enseignement primaire, coordonné par Laurent Odic et Daniel Richard (2005).
3. Rapport d'étude sur les usages des dispositifs TIC dans l'enseignement scolaire (MENESR, 2006).
4. Rapport de la modernisation de l'école par le numérique, réalisé en 2010 par Jean-Michel Fourgous.

une figure, la déplacer afin de libérer l'espace de travail et continuer l'activité. Odic et Richard (2005) soulignent que 85% des répondants à leur étude évaluent l'impact du TNI/TBI comme « important » et « très important ». En outre, 88.9% pensent que ce matériel a un impact positif sur la qualité de l'enseignement pour l'enseignant « 58% un effet important et 30.9% très important ».

Le TNI/TBI permet aussi de présenter et démontrer le contenu de la situation d'enseignement d'une façon attirante et intéressante pour les élèves. Les démonstrations faites par le TNI/TBI sont plus efficaces parce que « *d'une part, l'information est diffusée sur un écran de plus de deux mètres carrés et accessible par l'ensemble de la classe et d'autre part, l'utilisation du stylet ou du doigt pour interagir avec le tableau est plus visible que le déplacement du curseur de la souris sur un petit écran* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 21). Pour Odic et Richard (2005), en utilisant le TNI/TBI, la manipulation au tableau des objets d'apprentissage multimédias, la recherche de documents devient plus interactive. Par ailleurs, les enseignants soulignent que l'utilisation de ce matériel change le rapport au savoir. Ils trouvent que les élèves posent plus de questions et échangent davantage. L'usage de cet outil développe la participation de l'élève.

Jeunier, *et al*., (2005) soulignent que le TNI/TBI apparait comme « *un bon moyen de promouvoir non seulement l'utilisation de l'outil informatique mais également de nouvelles approches pédagogiques voire, l'acquisition et le développement de nouveaux savoirs* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 3). Les enseignants sont très enthousiastes sur l'impact des TNI/TBI dans l'amélioration des savoirs. Ils pensent que ce dispositif favorise les connaissances apprises notamment pour « *faciliter la mémorisation, le traitement immédiat des erreurs, la possibilité de revenir sur une séquence, la décomposition des raisonnements et des gestes* » (MENESR, 2006, p. 15). Cet outil donne également une grande souplesse à l'enseignant lors du déroulement de la séance. Il peut tout simplement « *répondre aux différents besoins qui apparaissent durant le cours, aller chercher sur Internet les documents répondants aux questionnements des élèves et revenir si besoin est, sur les cours antérieurs* » (Fourgous, 2010, p. 222). Les enseignants jugent que le TNI/TBI « *accroît l'autonomie et la participation* » (MENESR, 2006, p. 15) des élèves durant la réalisation des activités et la résolution de problèmes.

Les élèves, quant à eux, pensent que le TNI/TBI leur permet d'apprendre plus facilement car ils peuvent revoir le déroulement des situations d'enseignement-apprentissage quand ils le souhaitent grâce à l'enregistrement des situations d'enseignement. Cet atout rend plus « *facile de présenter à nouveau une activité réalisée antérieurement en réutilisant*

l'original conservé sur l'ordinateur alors qu'avec un tableau classique il était nécessaire de reproduire les informations à l'identique » (Jeunier *et al*., 2005, p. 13). Les élèves ont l'impression que le TNI/TBI permet « *de mieux comprendre le déroulement de l'action lorsqu'ils agissent et ne se contentent pas de regarder. Ils manqueraient ainsi moins d'informations par inattention* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 28). En outre, les élèves estiment que l'apprentissage est facilité par l'aspect ludique du TNI/TBI. Pour eux, l'aspect ludique favorise la mémorisation et la compréhension. Cela signifie que les synthèses faites en utilisant le TNI/TBI restent en mémoire plus longtemps que celles faites sur le tableau ordinaire. Les élèves considèrent que le TNI/TBI leur permet de travailler en groupe ce qui n'est pas possible avec les autres outils numériques ou avec le tableau traditionnel. Ce qui signifie, selon Jeunier et ses collaborateurs, que l'utilisation collective des outils informatiques est tout à fait possible et pertinente dans le domaine de l'éducation, ce qui représente un avantage important quelque soit le niveau d'âge des élèves ciblés. Pour les élèves, le travail collectif permet « *de ne pas manquer d'informations qui pourraient être importantes ou de papillonner au mauvais endroit* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 28). En contrepartie, les élèves soulignent quelques problèmes techniques dans ce matériel : l'ombre et le stylet qui est trop gros, trop lourd pour leurs mains viennent en tête de ces inquiétudes ainsi que le manque de visibilité de certaines polices de caractères surtout pour ceux qui sont assis au fond de la classe. Le placement du tableau (trop haut ou trop bas) pose parfois des problèmes pour certains. Le besoin permanent de calibrer le TNI/TBI est aussi une contrainte (Jeunier *et al*., 2005).

2.3.1.2. À propos du concept de soi

Par rapport au concept de soi des élèves, Jeunier et ses collaborateurs (2005) font l'hypothèse que TNI/TBI joue un rôle particulier chez certains élèves. Ils pensent que le TNI/TBI « *permet aux élèves, qui ont une faible estime de soi, de prendre place plus facilement devant le tableau* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 9). Les auteurs indiquent que les élèves dans les classes visitées demandent très fréquemment de passer au tableau même s'ils refusent habituellement de le faire. « *Six des huit garçons qui ne lèvent pas le doigt d'habitude ont levé le doigt au moins une fois, et deux d'entre eux l'ont fait de façon spontanée, sans que l'enseignant propose une activité ou sollicite quoi que ce soit. Le premier de ces deux élèves a souhaité mettre en marche le tableau* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 26). Quand le TNI/TBI est utilisé l'élève « *se sent moins visé d'une part, et trouve, avec cet outil, une forme de contenance d'autre part* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 26). Jeunier et ses collabirateurs

interprètent cette volonté de venir au tableau en disant qu'« *il apparaît alors à l'élève qui fait la démonstration qu'il peut davantage captiver son auditoire et par là, être moins sujet à moqueries ou regards ombrageux* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 26). Ces derniers concluent enfin que le TNI/TBI « *aide au développement positif de l'estime de soi* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 26).

2.3.1.3. À propos de la motivation intrinsèque

Pour la motivation intrinsèque des élèves, Jeunier *et al*., (2005) font l'hypothèse que le TNI/TBI est un puissant vecteur de motivation. Ils précisent que cet aspect motivationnel du TNI/TBI met en valeur «*le plaisir de faire*» (Jeunier *et al*., 2005, p. 9) plutôt que la récompense que l'élève attend comme un fruit de sa réussite dans la réalisation de sa tâche. Odic et Richard (2005) montrent qu'une grande majorité des enseignants (95.6%) constatent une réelle augmentation de la motivation intrinsèque (envie de faire pour le plaisir) des élèves contre une très petite minorité (4.3%) qui trouve que la motivation des élèves vers l'apprentissage en utilisant du TNI/TBI est faible. Jeunier *et al*., (2005) montrent que le TNI/TBI a un effet positif remarquable pour motiver les élèves et amplifier leurs désirs à participer surtout quand eux-mêmes interagissent avec ce matériel plutôt que l'enseignant. Le fait d'enregistrer ce qui a été présenté et abordé dans la classe « *permet aux élèves de revoir le travail fait en suivant les démarches effectuées, de le retravailler, et sauvegarder à nouveau* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 27). De même, les auteurs notent que les élèves estiment que leur attention était plus soutenue car ils ne trouvaient pas le temps long au point qu'ils ne faisaient plus attention à la sonnerie de la fin de la classe. Par ailleurs, les auteurs affirment que le TNI/TBI motive également les enseignants : faciliter d'accès à l'information, possibilité d'enregistrer les situations d'enseignement-apprentissage ce qui permet d'avoir une banque de données pour une utilisation ultérieure. Dans ce contexte les auteurs soulignent que les élèves pensent que leur enseignant utilisant le TNI/TBI est plus dynamique et plus actif, de même qu'il « *est plus efficace pédagogiquement car la présentation des documents est très riche et s'en trouve facilitée* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 27).

2.3.1.4. Principales utilisations du TNI/TBI identifiées

Dans le rapport d'Odic et Richard (2005), 63% des enseignants estiment que le TNI/TBI est « simple » à utiliser, 17.3% « intuitif », 18.5% « délicat » et 1.2% d'entre eux croient que l'utilisation de ce dispositif est très délicate. Dans le même rapport, 96.9% des répondants sont « satisfaits » et « très satisfaits », 98.2% d'entre eux jugent l'intégration du TNI/TBI dans la classe « intéressante » et « très intéressante ».

Jeunier *et al*. (2005) soulignent que les maîtres utilisent le TNI/TBI pour différentes raisons. En tête de ces utilisations viennent l'envie d'introduire des nouvelles pratiques pédagogiques en particulier dans le transfert et l'acquisition des savoirs et des connaissances. À propos de cette utilisation, le TNI/TBI « *va être un catalyseur poussant l'enseignant, en ce qui concerne la création de nouveaux contenus d'enseignements, à produire de nouvelles activités pédagogiques qui, elles, seront plus fortes de sens pour les élèves* » (Jeunier *et al*., 2005, p. 25). L'envie aussi de motiver les élèves dans leurs activités scolaires et permettre aux élèves en difficultés de participer davantage. Permettre enfin de répondre aux différentes préconisations d'apprentissage en informatique et sensibiliser les élèves à l'utilisation des multimédias, étendre les possibilités de pédagogie différenciée et favoriser davantage le travail en équipe pédagogique (Jeunier *et al*., 2005). Les enseignants utilisent aussi le TNI/TBI pour introduire une nouvelle notion dans le contexte de l'enseignement, aider les élèves en difficulté, favoriser l'initiative, illustrer un propos, faire de la remédiation et introduire du réel dans la classe (MENESR, 2006). Dans le même rapport les enseignants estiment que l'usage du TNI/TBI modifie leurs pratiques pédagogiques courantes : vers une pédagogie plus active et plus dynamique. Cet usage permet aussi de renouveler le métier de l'enseignement. En revanche, ils trouvent que l'utilisation et l'intégration du TNI/TBI donnent beaucoup de travail dans la préparation et la réalisation des situations d'enseignement.

2.3.1.5. Quelques ressources pédagogiques accessibles par le TNI/TBI

Le TNI/TBI permet également d'accéder à des ressources très variées comme le son, la vidéo, l'image, le texte qui enrichissent la situation d'enseignement et qui augmentent les interactions entre les élèves et l'enseignant (Odic et Richard, 2005). Par ailleurs, la possibilité d'accéder à l'Internet par le TNI/TBI pour recueillir des informations représente un outil très utilisé par les enseignants et les élèves. En outre, la possibilité d'enregistrer les activités effectuées semble un atout très important de l'usage du TNI/TBI. L'enseignant peut facilement envoyer ces enregistrements par courriel aux élèves, ce qui permet aux élèves absents de récupérer les situations d'enseignement-apprentissage. Cela aide aussi les élèves à reprendre les situations d'enseignement antérieures quand ils veulent réviser ou trouver une information. 33.3% des enseignants jugent que ces ressources sont « nombreuses », 4.3% « très nombreuses », 61.1% « peu nombreuses » et seulement 1.2% « inexistantes » (Odic et Richard, 2005).

2.3.2. Points communs entre les quatre précédents rapports

Les quatre précédents rapports nous montrent une image positive de l'usage du TNI/TBI. Ils pointent une vue optimale des effets du TNI/TBI en milieu scolaire. Ces rapports soulignent que le TNI/TBI permet de renouveler le métier de l'enseignement et de mettre en œuvre des nouvelles pratiques pédagogiques. Ces pratiques se focalisent sur la participation efficace des élèves dans l'enseignement et l'apprentissage. Elles mettent aussi l'accent sur le travail collectif lors de l'apprentissage. Elles se concentrent sur la diversité des ressources pédagogiques disponibles par l'usage du TNI/TBI. Cette nouvelle pédagogie porte également sur l'interactivité promue par cet outil. Ce qui permet, d'un côté, de favoriser les connaissances apprises et de l'autre de faciliter la mémorisation. Par ailleurs, l'aspect motivationnel est largement présent dans toutes les conclusions des quatre rapports. Les auteurs relèvent que le TNI/TBI motive les élèves et les enseignants à s'impliquer dans l'enseignement et l'apprentissage. Cet outil favorise la confiance en soi des élèves. Cela nous a aussi permis de connaître le contexte français dans le contexte international. Enfin, ces rapports ne cachent pas les limites de l'usage de cet outil. Ils relèvent que les problèmes techniques (calibrage, risque d'éblouissement par le vidéoprojecteur, ombre…) viennent en tête des limites de l'usage du TNI/TBI.

2.4. Que disent les recherches sur le TNI/TBI en contexte éducatif ?

Le débat sur les potentiels pédagogiques des TIC n'est pas du tout récent. Il a commencé dès le début de l'usage des outils informatiques en éducation.

Les uns trouvent que les TIC favorisent, soutiennent et maintiennent l'enseignement et l'apprentissage : travaux de Baron et Bruillard (1996), de Depover, Karsenti et Komis (2007) et de BECTA (2003b). Baron et Bruillard (1996) trouvent que les TIC sont des « *moyens permettant d'optimiser les processus d'enseignement et d'apprentissage, d'aider l'enseignant à enseigner, ou même de pallier son absence* » (Baron et Bruillard, 1996, p. 12). Depover et ses collaborateurs (2007) ont souligné que les TIC montrent quatre contextes d'enseignement-apprentissage. Le premier contexte, concerne l'impact des TIC pour améliorer la compétence à communiquer par l'écrit. Le deuxième contexte, est celui de l'apprentissage des mathématiques et des sciences et de la résolution de problèmes dans ces domaines. Le troisième contexte, est celui de la recherche d'informations. Enfin le dernier contexte, est celui du développement de compétences auprès des élèves ayant des difficultés d'apprentissage ou de comportement.

Le autres estiment que les TIC n'améliorent aucune compétence chez les apprenants et n'entrainent absolument aucun changement radical : travaux de Russell (1999) et Clark (1983, 1994). Ces chercheurs ont conclu que l'efficacité de l'usage des TIC n'est pas toujours prouvée. Russel, dans son ouvrage intitulé « *The No Significant Difference Phenomenon, 1999* » cité par Layton (1999), a effectué une méta-analyse de 355 recherches traitant la question de l'impact des technologies dans la sphère scolaire. Il a conclu qu'il n'y avait pas de différence significative observée entre l'enseignant utilisant les outils technologiques et l'enseignant ne les utilisant pas (Layton, 1999). Clark (1983) a confirmé que « *les medias n'ont pas d'influence sur l'apprentissage dans toutes les circonstances* » (Clark, 1983, p. 445, traduction libre). Clark (1994) va encore plus loin en soulignant que « *les médias sont des simples véhicules qui transportent les cours, n'ont pas d'influence sur les résultats des élèves, pas plus que le camion amenant les produits au supermarché n'améliore notre nutrition* » (Clark, 1994, p. 22, traduction libre).

2.4.1. Quelques remarques sur les recherches conduites sur le TNI/TBI en contexte éducatif

La rareté des recherches françaises existantes traitant le rôle du TNI/TBI dans le l'enseignement et l'apprentissage sont en majorité descriptives. Elles mettent en évidence uniquement les mérites du TNI/TBI ou s'intéressent à décrire les perceptions des élèves ou des enseignants ou elles ne sont que des récits d'expériences des enseignants utilisant le TNI/TBI. Néanmoins, très peu de ces recherches ont cherché à mesurer les avantages de cet outil sur la réussite ou encore sur la performance scolaire des élèves. Selon Smith *et al*., (2005) les recherches conduites sur le TNI/TBI font très peu cas d'informations sur les méthodes utilisées pour recueillir les données. La majorité de ces recherches se font sur l'entretien et l'observation comme outils de recueil des données. Aucun de ces travaux ne décrit de manière rigoureuse l'impact du TNI/TBI sur l'apprentissage ou l'interaction dans la salle de classe.

Smith et ses collaborateurs (2005) indiquent qu'« *il n'y a pas suffisamment d'épreuves pour identifier l'impact actuel de telles technologies sur l'apprentissage, soit en terme d'interaction en classe soit de résultats et réussite scolaire* » (Smith *et al*., 2005, 91, traduction libre). Karsenti *et al*. (2012), concluent qu' « *à l'heure actuelle, peu ou prou d'études sérieuses permettent de montrer un quelconque impact des TBI sur la réussite scolaire* » (Karsenti *et al*., 2012, p. 31). Türel (2010) a également aussi souligné qu'il n'y a pas d'études empiriques suffisantes permettant de conclure sur l'impact positif du TNI/TBI dans la réussite scolaire des élèves.

Toutefois une lecture rapide des recherches portant sur l'utilité du TNI/TBI nous permet d'affirmer en toute honnêteté que la grande majorité de ces recherches estiment qu'il y a un effet positif dans l'utilisation du TNI/TBI. L'exploitation et l'usage correct des atouts du TNI/TBI rend possible l'amélioration des pratiques pédagogiques antérieures et créent de nouvelles pratiques (Lewin *et al*., 2008). Karsenti et ses collaborateurs (2012) confirment que « *les TBI sont susceptibles d'augmenter la réussite éducative ou scolaire des élèves, en améliorant la pratique pédagogique des enseignants, en diversifiant la nature des ressources pédagogiques* […] *et en augmentant l'interactivité entre les élèves et les objets d'apprentissage* » (Karsenti *et al*., 2012, p. 30).

Les recherches affirmant qu'il n'y a pas d'impacts positifs de l'usage du TNI/TBI sont rares. Celles-ci font ressortir les deux points suivants :

- La rareté des ressources et les problèmes techniques apparaissant lors de l'utilisation du TNI/TBI ;
- Le manque de compétences technico-pédagogiques chez les enseignants.

Glover et Miller (2001) ne sont pas d'accord avec cette affirmation et soulignent que la possibilité d'enregistrer les ressources sur le TNI/TBI est une façon de développer l'enseignement. Ils indiquent que « *la possibilité d'enregistrer les matériaux est perçue comme un moyen de développement de l'enseignement basé sur la réflexion non seulement d'une leçon à l'autre mais aussi d'une année à l'autre* » (Glover et Miller, 2001, p. 263, traduction libre).

Quant à l'aspect technique, Bibeau (2001) indique qu' « *il faut de l'organisation, de la formation et du soutien pédagogique et technique si l'on souhaite réussir l'intégration des TIC à l'école* » (Bibeau, 2001, para. 16). Lewin et ses collaborateurs (2008) confirment que « *si les TBI sont utilisés comme des tableaux embellis ou tableaux blancs passifs parfois animés, alors il n'y aura pas d'effets sur l'apprentissage des élèves* » (Lewin *et al*., 2008, p. 297, traduction libre). Toutefois selon Baron (2001), pour que la généralisation des TIC puisse éventuellement être qualifiée de succès, il faut que les enseignants ne le fasse pas de façon personnelle mais professionnelle. Baffico (2009) souligne que « *comme tout "outil pédagogique", le TBI est cependant à double tranchant. Efficace lorsque le "parcours didactique" a été bien pensé, il peut très vite devenir une vitrine numérique creuse et masquer une inconsistance pédagogique s'il est utilisé uniquement comme simple outil de visualisation de documents ou de cours formatés* » (Baffico, 2009, p. 83). Türel et Johnson (2012) estiment que « *le vrai succès des TBI dépend principalement de la façon dont ils ont été utilisés par les*

enseignants dans le contexte de l'apprentissage » (Türel et Johnson, 2012, p. 381, traduction libre).

> Sur le plan strictement éducatif, faut-il donc conclure que le TBI n'a pas sa place en salle de classe ? Aucunement, dans la mesure où, comme toute innovation, c'est davantage à l'épreuve du temps qu'il sera possible de déterminer la valeur pédagogique de cette « nouvelle » technologie. Par ailleurs, à l'instar des autres TIC intégrées à l'éducation, ce n'est pas l'outil en tant que tel, mais bien ses usages par les enseignants qui font – ou non – une différence. Utiliser le TBI comme un simple tableau n'aura à priori aucun impact significatif et durable sur les élèves. Un usage pédagogique critique et raisonné est donc de rigueur pour profiter de son plein potentiel, lequel peut être à la fois cognitif (apprendre plus, notamment en manipulant, virtuellement, une variété d'éléments multimédias), social (apprendre de façon plus interactive, en collaborant avec les autres), et affectif (avoir du plaisir à apprendre). (Karsenti *et al*., 2012, p. 32)

En ce qui concerne le manque de compétences des enseignants, Lebrun (2004) confirme que « *former les enseignants aux TIC, c'est d'abord leur donner un environnement favorable à l'apprentissage d'un usage réfléchi des TIC dans le cadre de leurs enseignements. Former les enseignants aux TIC, c'est d'abord former pédagogiquement les enseignants* » (Lebrun, 2004, p. 11).

Le clivage entre les chercheurs se fait plutôt sur l'impact du TNI/TBI dans la performance et la réussite scolaire des élèves que sur l'attention, la concentration, l'engagement, l'interaction et la motivation. Celui-ci permet aussi de diversifier les ressources de l'enseignement et de l'apprentissage (Hall et Higgins, 2005). Cet aspect positif du TNI/TBI est très important dans le processus d'enseignement et d'apprentissage et il ne faut pas réduire son importance. *« En général, les recherches* […] *montrent deux avantages potentiels des TBI : une meilleure présentation de certains contenus théoriques, notamment de façon magistrale, de même que l'intérêt des élèves, à court terme du moins. La motivation des élèves est d'ailleurs, à notre avis, le résultat que l'on retrouve le plus souvent dans les études réalisées* » (Karsenti *et al*., 2012, p. 31).

2.4.2. Quels sont les impacts du TNI/TBI dans les processus d'enseignement et d'apprentissage ?

Nous présentons les conclusions des recherches conduites sur le TNI en les regroupant dans sept principaux aspects liés à l'enseignement-apprentissage.

2.4.2.1. Impacts relatifs à la motivation

L'aspect motivationnel de l'utilisation du TNI/TBI est l'aspect le plus mis en valeur par les élèves ainsi que par les enseignants. L'usage du TNI/TBI augmente sensiblement la motivation, l'attention, le plaisir et l'intérêt de l'apprentissage chez les élèves (Beauchamp et Kennewell, 2008 ; Glover et Miller, 2001 ; Hall et Higgins, 2005 ; Northcote, Mildenhall,

Marshall et Swan, 2010). Il accroît aussi leur engagement, leur participation et leur concentration (Glover et Miller, 2001 ; Kennewell et Beauchamp, 2007 ; Wall *et al*., 2005). Dans l'étude de Levy (2002), les élèves estiment qu'en utilisant le TNI/TBI leur enseignement est devenu plus rapide, plus amusant et plus excitant. Tataroglu et Erduran (2010) ont conclu que l'intérêt des élèves, principalement ceux qui avaient un niveau faible en mathématiques, de l'apprentissage des mathématiques a été amélioré après avoir utilisé le TNI/TBI pendant 5 semaines. Swan, Schenker et Kratcoski (2008) ont abouti à la même conclusion. Ils ont constaté que les élèves sont plus motivés pour apprendre quand on utilise le TNI/TBI. Lewin *et al*. (2008), ont constaté que les élèves ayant des besoins éducatifs spéciaux sont très motivés par la possibilité de démontrer leurs compétences et leurs connaissances avec le TNI/TBI.

Torff et Tirotta (2010) de l'Université d'Hofstra à New York, ont conclu que les élèves du groupe expérimental ayant appris les mathématiques à l'aide du TBI ont signalé des niveaux plus élevés de motivation pour apprendre les mathématiques par rapport à ceux du groupe témoin ayant appris les mathématiques avec les méthodes classiques. Ils ont trouvé qu'il y avait un rapport - même s'il est faible - entre le degré d'appropriation des enseignants à l'utilisation du TNI/TBI et le niveau de la motivation chez leurs élèves. Sur ce point, ils ont indiqué que les élèves des enseignants qui étaient favorables au TNI/TBI ont eu des niveaux de motivation plus élevés que les élèves des enseignants qui étaient moins favorables au TNI/TBI.

Miller *et al*. (2005b) ont démontré dans leurs observations lors des situations d'enseignement animées par le TNI/TBI qu'il y avait un intérêt et un plaisir chez les élèves vers les mathématiques. Pourtant les chercheurs signalent que le TNI/TBI en soi même n'est pas suffisant pour s'assurer que les élèves sont motivés. Ce sont les pratiques pédagogiques et la qualité de l'enseignement qui peuvent renforcer la motivation des élèves. Pour Bakadam et Asiri (2012), le TNI/TBI est un outil pédagogique efficace qui a le pouvoir d'engager et de motiver les élèves dans le processus d'apprentissage.

Les enseignants des matières abstraites (mathématiques, sciences physiques, etc.) se confrontent à de grands problèmes pour enseigner ces domaines. En effet, l'enseignant se pose toujours des questions pour savoir ce qu'il doit faire pour attirer l'attention des élèves vers les concepts abordés. Comment puis-je intéresser les élèves aux concepts enseignés ? Quelles sont les meilleures méthodes d'enseignement à suivre pour bien expliquer les concepts abstraits ou difficiles ?, etc. Torff et Tirotta (2010) soulignent que le TNI/TBI est capable de jouer ce rôle. Ils trouvent que « *les capacités technologiques du tableau blanc*

interactif et ses logiciels sont très convaincants pour les élèves, s'ils sont efficaces pour attirer leurs attentions au contenu des leçons […] *s'il permet de rendre l'apprentissage plus attirant surtout dans les domaines techniques (les mathématiques, etc.) dans lesquels les enseignants ont parfois du mal dans leurs efforts pour aider les élèves à s'engager et à réussir* » (Torff et Tirotta, 2010, p. 379, traduction libre). Dans le même sens, BECTA (2003a) confirme que le TNI/TBI facilite également la représentation des concepts complexes.

Toutefois se pose toujours la question : comment cet outil peut-il jouer un rôle important ? Tataroglu et Erduran (2010) interprétent l'augmentation de l'intérêt chez les élèves en donnant trois raisons principales : la curiosité des élèves envers la technologie du TNI/TBI, la simplification des formules mathématiques, et, enfin, l'aspect visuel du TNI/TBI. Cette dimension visuelle du TNI/TBI, pour certains, est un facteur contribuant à attirer l'attention et la concentration des élèves. Le tableau capte l'attention visuelle et auditive des élèves (Toussaint, 2010). Le TNI/TBI motive les élèves parce qu'il leur permet d'interagir physiquement avec le tableau, de même qu'il offre aux élèves une forte attractivité visuelle (BECTA, 2003a ; Levy, 2002).

2.4.2.2. Autour des perceptions et représentations des enseignants et des élèves

Selon nos lectures, nous avons trouvé que le TNI/TBI est généralement perçu de manière assez positive par les enseignants ainsi que par les élèves. Les enseignants ont un avis favorable à l'usage du TNI/TBI dans la salle de classe. Ils pensent que le TNI/TBI s'intègre aisément dans les pratiques pédagogiques courantes, et que son utilisation contribue à améliorer l'enseignement et l'apprentissage. Les élèves se montrent également très favorables au TNI/TBI, en signalant particulièrement la variété des ressources accessibles et l'aspect « richesse multimédia ». Pour les élèves, cet outil numérique augmente leurs attentions et leurs motivation (Burton-Monney et Jauquier, 2010 ; Dostal, 2011 ; Miller *et al.*, 2005b). Comment donc les enseignants et les élèves de l'école primaire perçoivent-ils l'utilité de l'usage du TNI/TBI dans la salle de classe ?

Perceptions des enseignants

Les enseignants sont enthousiastes à utiliser le TNI/TBI (Glover et Miller, 2001 ; Northcote *et al.*, 2010 ; Slay, Sieborger et Hodgkinson-Williams, 2008). Ils pensent que le TNI/TBI favorise et soutient leur enseignement.

Türel et Johnson (2012) ont conclu que les enseignants gagnent du temps en utilisant le TNI/TBI. Par contre, au début, il leur faut plus de temps pour préparer les cours animés par

le TNI/TBI. Le temps investi par les enseignants à la préparation des cours devrait être réduit (Rudd, 2007) en raison de la possibilité de sauvegarder, partager et réutiliser les travaux réalisés en classe (Bakadam et Asiri, 2012 ; Lee et Boyle, 2003 ; Lefebvre et Samson, 2013 ; Somekh, *et al*., 2007). Les enseignants de l'étude de Türel et Johnson (2012) ont également confirmé que le TNI/TBI améliore sensiblement la présentation des cours par la visualisation de leurs contenus sur l'écran. Cela permet d'attirer l'attention des élèves vers la notion « de jeux ». Ainsi il facilite la compréhension des élèves des concepts abordés, principalement les concepts complexes et abstraits. Leroux (2009) souligne que « *le tableau numérique interactif (TNI) peut nous séduire par la facilité avec laquelle il permet de rendre dynamique une présentation magistrale* » (Leroux, 2009, p. 45). En outre, Türel et Johnson (2012), dans leur recherche, ont conclu que les enseignants estiment que le TNI/TBI peut faciliter l'apprentissage des élèves sous certaines conditions. Ils ont souligné trois conditions principales : « *la collaboration avec les collègues, la formation sur les stratégies pédagogiques efficaces s'agissant de l'utilisation du TBI, et, l'utilisation régulière du TBI par les enseignants pour améliorer leurs compétences* » (Türel et Johnson, 2012, p. 381, traduction libre).

Dans l'étude de Bakadam et Asiri (2012), les enseignants trouvent que le TNI/TBI constitue un moyen efficace et pratique pour transmettre le contenu d'apprentissage et qu'il augmente le niveau d'interaction en classe. Ce niveau élevé d'interaction augmente l'expérience d'apprentissage. Le TNI/TBI est un vecteur visuel et dynamique du point de vue des enseignants et il est le meilleur support pour la réflexion par rapport aux autres outils traditionnels (Beauchamp et Kennewell, 2008). Dans l'étude de Slay et ses collaborateurs (2008) les enseignants ont mis en évidence l'efficacité, la flexibilité, la polyvalence du TNI/TBI et la possibilité d'accéder à des ressources multimédias (vidéo, audio…) ainsi que la possibilité de gérer la classe plus facilement. Pourtant, l'avis favorable des enseignants envers le TNI/TBI ne les conduit pas à exploiter plus en avant les atouts spécifiques de cet outil : soit ils ne l'utilisent pas malgré l'équipement de leur classe (Smith, 2008), soit ils l'utilisent principalement pour la présentation et la démonstration (Northcote *et al*., 2010).

Perceptions des élèves

Les élèves ont une attitude positive à l'égard de l'utilisation du TNI/TBI en milieu scolaire (Wall *et al*., 2005 ; Glover, Miller, Averis et Door, 2005). Ils sont enthousiastes pour utiliser cet outil (Slay *et al*., 2008). L'enthousiasme des élèves pour le TNI/TBI vient de sa visibilité et son accès facile aux TIC ainsi que le changement qu'il apporte dans les situations d'enseignement-apprentissage (Somekh *et al*., 2007). Les élèves estiment que le TNI/TBI

favorise et soutient le processus d'enseignement et d'apprentissage (BECTA, 2003a ; Hall et Higgins, 2005 ; Kennewell et Beauchamp, 2007 ; Türel et Johnson, 2012 ; Wall *et al*., 2005). Cet outil numérique les motive aussi pour apprendre et s'impliquer dans les situations d'apprentissage (BECTA, 2003a ; Glover, Miller et Averis, 2003 ; Heutte et Tempez, 2008 ; Hall et Higgins, 2005 ; Lefebvre et Samson, 2013 ; Macedo-Rouet, 2006 ; Smith *et al*., 2005 ; Torff et Tirotta, 2010 ; Vigouroux et Cochain, 2008). Les élèves apprécient la diversité des ressources pédagogiques : textes, images fixes et animées, internet, logiciels éducatifs, vidéos, jeux, etc. (Hall et Higgins, 2005 ; Levy, 2002). Pour eux, il n' y a pas de comparaison entre le TNI/TBI et les autres supports pédagogiques en particulier avec le tableau traditionnel. Un élève de l'étude d'Hall et Higgins (2005) a dit que « *le tableau ordinaire est vraiment ennuyeux, on s'endort... Mais avec le TBI on reste toujours éveiller et je suis toujours intéressé* » (Hall et Higgins, 2005, p. 106, traduction libre). Les élèves dans l'étude de Wall *et al*. (2005) ont signalé un autre atout du TNI/TBI. Celui-ci facilite l'apprentissage, de même qu'il aide à la compréhension des concepts et idées abstraites. Cette capacité du TNI/TBI est liée, selon eux, à trois facteurs : l'utilisation de différents logiciels éducatifs, la présentation visuelle d'informations et l'aspect ludique. Un élève s'est exprimé en disant *« j'aime les maths sur le tableau blanc interactif parce que j'aime les jeux et c'est facile à comprendre* » (Wall *et al*., 2005, p. 859, traduction libre).

Dans leur étude, Hall et Higgins (2005) concluent que le TNI/TBI est utile et efficace du point de vue des élèves. Ils trouvent que les élèves ont une opinion favorable pour l'usage de cet outil car, selon eux, le TNI/TBI a une polyvalence et des avantages qui n'existent pas dans les autres outils pédagogiques. Les chercheurs identifient trois raisons principales exprimant l'opinion favorable des élèves envers l'utilisation du TNI/TBI.

- ***La polyvalence du TNI/TBI*** : le TNI/TBI a des avantages spécifiques par rapport aux autres outils pédagogiques, comme par exemple, la possibilité de corriger les travaux d'un élève devant ses camarades ou la possibilité d'accéder aux nombreuses ressources en ligne, etc. « *Les élèves apprécient la gamme de ressources qui sont accessibles via cette technologie* […] *il est possible d'accéder et d'utiliser plus de ressources, par exemple, l'Internet, des logiciels éducatifs, des vidéos, des jeux, des tâches d'évaluation des élèves en ligne, afficher les travaux effectués par un des élèves* (Hall et Higgins, 2005, p. 106, traduction libre).
- ***Les capacités multimédias du TNI/TBI*** : les chercheurs ont mentionné que tous les élèves ont évoqué les capacités multimédias du TNI/TBI comme un élément percutant de cet outil. Ces éléments multimédias sont apparus sous trois aspects : aspect visuel

(couleurs et mouvements), audio (musique, enregistrements vocaux) et possibilité d'utiliser eux-mêmes cet outil. Les chercheurs ont montré aussi que les élèves avaient exprimé que ces aspects multimédias les aidaient à augmenter leurs motivations et leurs attentions. Cet aspect permet aux élèves de regarder un film sur un événement précis ou sur un concept. L'élève est plus enthousiaste pour apprendre avec cet outil qu'avec les autres outils pédagogiques.

- ***La dimension ludique du TNI/TBI*** : Les recherches traitant de cette question soulignent qu'en général il y a trois sortes d'utilisation des TIC en éducation : l'utilisation éducative ou pédagogique, l'utilisation sociale et l'utilisation ludique (Karsenti et Collin, 2011 ; Karsenti, Collin, Dupuis, Villeneuve, Dumouchel et Robin, 2012). L'aspect ludique des TIC en général et du TNI/TBI en particulier pousse les élèves à apprendre. Les élèves jouent sur le TNI/TBI avec les logiciels installés ou directement sur le web si le TNI/TBI est branché à Internet. Les élèves jouent aussi pendant leurs temps libres de même qu'ils peuvent également jouer pendant leurs activités sur un sujet précis : jeux mathématiques, etc. Pour réaliser ce type d'utilisation du TNI/TBI en mathématiques, l'enseignant divise les élèves en groupes, chaque groupe jouant pendant un temps précis. Il est évident qu'au cours du temps consacré aux jeux il y a des discussions et des interactions. Cela donne l'opportunité aux élèves d'apprendre les mathématiques en jouant. L'apprentissage est rendu plus intéressant, plus amusant et plus facile (Wall *et al*., 2005). Dans ce contexte Carson (2003) décrit que l'utilisation des jeux interactifs peut soutenir l'enseignement des mathématiques pour l'élève-joueur et pour l'ensemble des élèves grâce à la discussion avec toute la classe. Dans le même contexte Edwards, Hartnell et Martin (2002) ont constaté également que les bienfaits de l'usage des jeux éducatifs dans la classe ne s'arrêtent pas uniquement au soutien des élèves mais ils vont au delà de cela. Ces jeux peuvent introduire des changements sur la pensée et les comportements des élèves. Ils indiquent que « *non seulement les élèves ont pu jouer avec ce programme, mais ils ont commencé à affûter leurs réponses afin d'indiquer précisement leurs prise de décision et non deviner* » (Edwards *et al*., 2002, p. 31, traduction libre).

  L'utilisation ludique du TNI/TBI peut être une récompense pour les élèves. L'enseignant peut dire au meilleur élève en mathématiques qu'il a le droit de jouer au TNI/TBI tout seul pendant quelques minutes. Cette décision stimule tous les élèves à bien travailler, à se concentrer et à réfléchir afin de pouvoir jouer un jour tout seul sur

le TNI/TBI. Cependant il faut faire attention à ce que le jeu ne devienne pas le seul objectif des élèves.

2.4.2.3. Interactivité du TNI/TBI

L'un des principaux avantages demandés au TNI/TBI comme outil d'enseignement-apprentissage, c'est l'interactivité (BECTA, 2003a). Ce dispositif numérique augmente à la fois l'interaction enseignant-élèves, et, élèves-élèves (Lewin *et al*., 2008). Le TNI/TBI favorise l'interaction enseignant-élèves en raison des différentes façons de présenter les informations par l'enseignant (Glover *et al*., 2003 ; Lefebvre et Samson, 2013). Pour (Bakadam et Asiri, 2012 ; Hall et Higgins, 2005 ; Saint-Germain, 2011) l'usage du TNI/TBI augmente le niveau d'interactivité dans la salle de classe. Smith *et al*. (2005) estiment que l'interactivité enseignant-élèves est le principal avantage du TNI/TBI. Ils trouvent que l'interactivité soutenue par le TNI/TBI a deux dimensions : interactivité technique et interactivité pédagogique. Le TNI/TBI favorise le croisement entre ces deux types d'interactivité. Pour Beauchamp et Kennewell (2008), l'interactivité technique assure l'interactivité pédagogique, quand par exemple, des images, des films projetés obligent les élèves à discuter et à poser des questions. BECTA (2003a) souligne que le TNI/TBI favorise l'interaction et la discussion en classe. L'interaction élèves-élèves est plus élevée chez les élèves qui apprennent en utilisant le TNI/TBI que chez ceux qui apprennent en suivant les méthodes classiques (Zittle, 2004). En outre, le niveau d'interaction entre l'enseignant et les élèves est également plus élevé quand le TNI/TBI est utilisé dans la classe (Smith, Hardman et Higgins, 2006). La manière d'utiliser le TNI/TBI par l'enseignant est le facteur clé pour favoriser cet aspect. L'enseignant utilisant le TNI/TBI comme un outil complémentaire dans la classe plutôt que comme un outil intégré dans les pratiques pédagogiques réduit l'interaction prévue par l'utilisation du TNI/TBI (Greiffenhagen, 2000). Pour cela, l'enseignant doit apprendre à arbitrer et à gérer les nombreux axes d'interactions en classe (Lewin *et al*., 2008). En l'absence d'interactivité le TNI/TBI devient seulement un outil pour présenter les informations (Beauchamp et Kennewell, 2010). Il devient alors un simple outil visuel (Kennewell et Beauchamp, 2007).

2.4.2.4. Création d'environnements d'apprentissage interactifs avec le TNI/TBI

Le TNI/TBI permet de créer des environnements d'apprentissage où diverses représentations dynamiques peuvent être utilisées : visuelles, kinesthésique, sonores (BECTA, 2004 ; Digregorio et Sobel-Lojski, 2010 ; Wall *et al*., 2005). Le TNI/TBI permet aussi de

proposer des représentations diverses selon l'objet d'étude. Un élève dans l'étude de Wall et ses collaborateurs (2005) a mis en évidence cette capacité du TNI/TBI en disant qu' « *il aide parce que vous pouvez voir les choses, entendre et faire bouger les choses autour du tableau* » (Wall *et al*., 2005, p. 862, traduction libre). Cet outil permet également de faire des combinaisons entre ces supports multimodaux. L'enseignant peut, lors d'une séance de découverte du monde, joindre la représentation externe audio à la représentation externe visuelle, de telle façon que, lorsqu'un élève touche la carte de monde, il entend le phonème prononcé (continent, pays, ville…). Dans ce cas, les deux représentations (visuelle et sonore) forment un seul élément virtuel que la personne peut exploiter via deux canaux sensoriels (Magnat, 2013). En outre, le TNI/TBI permet d'apprendre en utilisant des ressources variées (textes, images fixes ou animées, vidéos, ressources en ligne…) (Kennewell et Beauchamp, 2007 ; Levy, 2002 ; Tataroglu et Erduran, 2010).

Le TNI/TBI permet également de manipuler physiquement les éléments de l'objet étudié. Ces représentations kinesthésiques peuvent être effectuées par l'enseignant ou par ses élèves. Dans ce cas, l'utilisation du TNI/TBI offre l'occasion de créer un environnement d'apprentissage intéressant. Dans cet environnement médiatisé par le TNI/TBI, l'élève devient un acteur actif et il s'engage dans toutes les procédures de l'apprentissage. Pour Bakadam et Asiri (2012), le TNI/TBI permet aux élèves de prendre une place dans le processus de l'apprentissage en leur permettant de dessiner, d'écrire, d'annoter sur la surface ou à faire glisser des objets ou des icônes. Un autre chercheur conclut que « *les TBI permettent aux enseignants de créer des séances dynamiques où chaque leçon devient une expérience d'apprentissage sur mesure. S'il est utilisé dans le bon chemin, l'apprentissage peut devenir plus interactif, amusant et attirant, ce qui permet d'augmenter l'engagement et la rétention du contenu* » (McIntyre-Brown, 2011, p. 3, traduction libre). Pourtant, la disponibilité du TNI/TBI en soi-même dans la salle de classe n'est pas suffisante pour assurer une amélioration considérable dans l'apprentissage des élèves (Miller, Glover et Averis, 2005a) et que la qualité d'interaction est le facteur clé dans la pédagogie de l'apprentissage (Kennewell, Tanner, Jones et Beauchamp, 2008). Le changement pédagogique est nécessaire afin que le TNI/TBI devienne un dispositif de transformation pour améliorer et favoriser l'apprentissage (Glover et Miller, 2001 ; Lefebvre et Samson, 2013). Selon Miller et ses collaborateurs (2005a, 2005b) il y a trois principales caractéristiques du TNI/TBI pouvant encourager l'apprentissage des élèves :

- La stimulation intrinsèque fournie, par la combinaison des voies visuelles, auditives et kinesthésiques et par l'utilisation de certaines manipulations du TNI/TBI : couleurs, ombrage, glisser-déposer, cacher-révéler, etc.
- L'attention soutenue tout au long de la situation d'enseignement-apprentissage par la participation des élèves ainsi que par le travail en groupe.
- L'apprentissage renforcé : le TNI/TBI donne l'occasion de présenter les cours en plusieurs couleurs, de les revoir en raison de la possibilité d'enregistrer les situations d'enseignement, etc.

L'aspect social, quant à lui, est l'un des avantages incontestable du TNI/TBI. Il permet de produire ensemble, d'échanger et de partager (Toussaint, 2010) les connaissances apprises avec les autres. Il permet aussi d'apprendre en faisant des erreurs « ensemble ». Les élèves ont souligné que la discussion et le partage du travail avec les autres leur ont permis d'examiner des idées et de donner des bonnes explications (Levy, 2002).

2.4.2.5. Impacts du TNI/TBI sur les conceptions pédagogiques

Cet outil numérique a introduit de réels changements dans les pratiques pédagogiques dans la salle de classe et a permis de faire évoluer la pédagogie elle-même. Ces changements touchent tous les aspects pédagogiques du processus d'enseignement et d'apprentissage : rôle de l'enseignant, pratiques pédagogiques, méthodes d'enseignement, place et rôle de l'élève, etc. Le TNI/TBI, en tant que dispositif technico-pédagogique, a permis de créer une nouvelle approche pédagogique centrée sur la construction du savoir plutôt que sur sa transmission. Le TNI/TBI a créé « *la pédagogie constructiviste* » (Skutil et Manenova, 2012, p. 123). Cette construction du savoir par le TNI/TBI est à la fois individuelle et collective et ce dispositif numérique favorise la pédagogie centrée sur l'apprenant (Lopez, 2010).

L'installation d'un TNI/TBI en classe ne fournit pas automatiquement un effet positif sur l'éducation. L'approche de l'enseignant est très importante et nécessite une sérieuse formation (Dostal, 2011). L'accent doit être mis sur la pédagogie plutôt que sur la technologie (Jewitta, Moss et Cardini, 2007).

2.4.2.6. Impacts du TNI/TBI sur les pratiques de résolution de problèmes par les élèves

Les recherches nous montrent que l'usage du TNI/TBI permet de résoudre certains problèmes que rencontrent les élèves[22] au cours de la vie scolaire. Damcott, Marsh et Landato

---

22 Pour aller plus loin, veuillez retourner vers la section « aspects pédagogiques de l'usage du TNI/TBI : § 1.4. de la première partie ».

(2000) ont analysé les évalutions formatives et sommatives des élèves dans les sciences physiques. Les chercheurs ont constaté, en analysant les examens antérieurs des élèves, qu'il y avait une mauvaise compréhension concernant quelques sujets dans les cours de physique. Les élèves trouvent qu'il est dificile de tracer des « isobars » sur les cartes météorologiques et de les utiliser pour prévoir le temps à venir. Les élèves ne parviennent pas à terminer un projet sur les tâches scolaires parce qu'ils ne comprennent pas comment analyser les données d'une image. Les élèves interprètent mal les données des diagrammes car il ne comprennent pas bien les informations de ce diagramme. Les chercheurs ont trouvé que l'utilisation du TNI/TBI a aidé les élèves à acquérir des connaissances dans les sciences physiques et qu'il a favorisé l'apprentissage des élèves. Ils ont conclu que les élèves du groupe témoin ont acquis des connaissances permettant de réduire les difficultés précédentes et ils ont obtenu de meilleurs résultats dans l'examen final par rapport à leurs camarades dans le groupe contrôle.

Les conclusions de Damcott et ses collaborateurs (2000) amènent à optimiser la capacité de cet outil pour introduire de réels changements efficaces dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques. Ces changements concernent effectivement les méthodes d'enseignement, la façon d'organiser les tâches, les activités scolaires, les démarches pour résoudre les problèmes, etc. Cela permet aussi d'accroître la performance des élèves et de faciliter la construction de leurs connaissances et compétences en mathématiques ainsi que de développer leurs motivations.

2.4.2.7. Impacts du TNI/TBI sur les performances et les réussites scolaires

Le débat sur le TNI/TBI concerne principalement les potentiels de cet outil pour améliorer et favoriser la performance et la réussite scolaire des élèves. Pour certains chercheurs dont Burton-Monney et Jauquier (2010), Karsenti *et al*. (2012), Marzano (2009) et Smith *et al*. (2005) et, Türel (2010), l'insuffisance des données issues de réelles recherches ne permet pas d'avancer en toute objectivité si l'usage du TNI/TBI améliore et soutient la performance scolaire et en conséquence favorise la réussite scolaire des élèves.

Lewin *et al*. (2008) ont réalisé une recherche mixte (quantitative et qualitative) auprès de 2000 élèves, dans 100 classes des écoles primaires réparties au niveau national en Angleterre. Cette recherche s'est déroulée pendant deux années scolaires (2004/2005 et 2005/2006). Les chercheurs ont conclu que, lorsque les enseignants ont enseigné en utilisant le TNI/TBI pendant deux ans, ils ont montré que les élèves avaient fait des progrès exceptionnels dans leurs résultats en mathématiques, en anglais et en sciences. Selon eux, il y a un rapport réel entre le temps consacré à l'utilisation du TNI/TBI et les effets attendus de cet

usage. Ces résulats montrent que la durée d'utilisation du TNI/TBI est très importante pour atteindre les résultats souhaités.

Dans son étude, Zittle (2004) a travaillé avec deux groupes (avec et sans TNI/TBI) pour l'apprentissage des mathématiques. Pour ces deux groupes, il a appliqué un pré-test et un post-test pour mesurer les connaissances apprises par les élèves. Il a conclu que l'amélioration du niveau des élèves en mathématiques dans le post-test est plus grande chez les utilisateurs du TNI/TBI. Lopez (2010), a confirmé que les résultats des élèves, en mathématiques et en lecture, dans les classes animées par le TNI/TBI ont été augmentés significativement par rapport aux résultats des élèves dans les classes traditionnelles. L'auteur indique que les élèves dans les classes utilisant le TNI/TBI ont dépassé en mathématiques leurs camarades des classes traditionnelles. Swan et ses collaborateurs (2008) ont conclu que la comparaison entre les résultats du groupe ayant appris les mathématiques en utilisant le TNI/TBI et ceux n'ayant pas utilisé le TNI/TBI, montrent qu'il y a une différence légèrement favorable pour ceux qui ont appris avec le TNI/TBI. Les conclusions de Torff et Tirotta (2010) vont dans le même sens : ils ont observé une augmentation des performances scolaires chez les élèves ayant utilisé le TNI/TBI comparativement à ceux qui ne l'ont pas utilisé. Pour Al-Qirim (2011), le TNI/TBI est un outil ou plutôt un environnement favorisant le développement des connaissances chez les élèves grâce à ses caractéristiques tactiles et interactives. Ces caractéristiques aident également les enseignants à délivrer facilement un contenu à leurs élèves. Pour d'autres chercheurs le TNI/TBI a un effet indirect sur les résultats et l'apprentissage des élèves : il améliore les pratiques pédagogiques, les modalités de l'enseignement et de l'apprentissage, l'interaction dans la classe, etc. Cela conduit évidement à améliorer les résultats et les performances des élèves dans les domaines enseignés. « *Les tableaux blancs interactifs ont un grand potentiel comme outil pour améliorer les pratiques pédagogiques en classe et, finalement, améliorent les résultats des élèves* » (Marzano, 2009, p. 82, traduction libre).

Le TNI/TBI peut améliorer les résultats scolaires des élèves. Il peut stimuler et augmenter leur participation active (Bakadam et Asiri, 2012). Cette participation accrue dans l'usage du TNI/TBI prend deux dimensions fondamentales : la participation verbale et la participation physique (Smith *et al*., 2005). L'usage du TNI/TBI peut augmenter la participation cognitive, sociale et physique des élèves (Hennessy, Deaney, Ruthven et Winterbottom, 2007). En utilisant cet outil numérique, le rythme des situations d'enseignement-apprentissage devient plus rapide et les questions des élèves sont beaucoup plus ouvertes (Levy, 2002 ; Smith *et al*., 2006 ; Smith, *et al*., 2005). Le TNI/TBI peut donc

améliorer les processus d'enseignement et d'apprentissage en améliorant les niveaux d'interaction, de communication et de collaboration (Northcote *et al*., 2010).

Par contre, les conclusions de Duroisin *et al*. (2011) vont dans une direction complètement différente. Il ont trouvé que les performances scolaires des élèves mesurées en terme de progression, ne sont pas significativement influencées par l'utilisation du TNI/TBI. Ils ont constaté que « *la dynamique d'apprentissage* » a été influencée par le TNI/TBI et cela « *diffère fortement en fonction de la modalité d'usage du TBI privilégiée* » (Duroisin *et al*., 2011, p. 257). Cette conclusion nous amène à celle de Bibeau (2001) qui affirme que « *l'intégration des technologies ne garantit pas de meilleurs résultats scolaires aux élèves. De nombreux facteurs, notamment l'approche pédagogique privilégiée et la façon dont la technologie est mise en œuvre et utilisée dans la classe, jouent un rôle crucial dans l'obtention de ces résultats* » (Bibeau, 2001, para. 16). Les résultats de Martin (2007) ne montrent pas - en ce qui concerne la performance de l'écrit des enfants - d'amélioration significative de la description des caractéristiques à la suite des situations d'enseignement animées par le TNI/TBI. Le chercheur indique que la rédaction spontanée a montré une plus grande amélioration dans le groupe du TNI/TBI. Higgins, Beauchamp et Miller (2007) ont réalisé une étude pendant deux années scolaires pour mesurer l'impact du TNI/TBI sur la réussite et la performance scolaire des élèves. Ils ont conclu qu'il n'y a aucune différence significative observée dans les résultats des élèves dans les tests entre les écoles ayant utilisé le TNI/TBI et les écoles qui ne l'ont pas utilisé.

2.4.3. Principales contraintes liées à l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire

Les recherches conduites sur l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire mettent en évidence certaines contraintes ou certains problèmes techniques et pédagogiques liés à l'utilisation de cet outil en classe. Ces contraintes influencent, évidemment, le processus d'enseignement et d'apprentissage et peut produire à des effets négatifs sur l'utilisation et l'intégration du TNI/TBI.

Les recherches montrent que les problèmes techniques sont les principaux obstacles auxquels sont confrontés les utilisateurs du TNI/TBI (Miller *et al*., 2005b) : blocage du tableau (Glover et Miller, 2001 ; Hall et Higgins, 2005 ; Somyürek, Atasoy et Özdemir, 2009 ; Wall *et al*., 2005), soleil brillant sur le tableau et empêchant de voir correctement les écrits du tableau (Hall et Higgins, 2005 ; Smith *et al*., 2005), ombre des élèves portée sur le tableau (Hall et Higgins, 2005 ; Smith *et al*., 2005), délai pour mettre en route le TNI/TBI (allumage, calibrage et recalibrage) (Al-Qirim, 2011 ; Wall *et al*., 2005), utilisation

de certaines couleurs et taille de certains caractère n'apparaissant pas clairement (Al-Qirim, 2011 ; Levy, 2002).

Le manque de formation initiale et continue chez les enseignants est lui aussi un obstacle (Smith *et al*., 2005 ; Somyürek *et al*., 2009 ; Türel, 2010 ; Villemonteix et Béziat, 2013) ainsi que le manque de connaissances et de compétences technologiques et/ou pédagogiques (Al-Qirim, 2011 ; Glover et Miller, 2001 ; Hall et Higgins, 2005 ; Jeunier *et al*., 2005 ; Lefebvre et Samson, 2013 ; Slay *et al*., 2008 ; Villemonteix et Béziat, 2013).

Enfin, les recherches nous montrent qu'il y a des obstacles organisationnels et pédagogiques dans l'usage du TNI/TBI comme le manque de soutien technique et de maintenance (Lefebvre et Samson, 2013 ; Somyürek *et al*., 2009 ; Villemonteix et Béziat, 2013), le temps pour préparer les situations d'enseignement (Glover et Miller, 2001 ; Miller *et al*., 2005b) ainsi que le manque de ressources et de matériels pédagogiques (Dostal, 2011 ; Glover et Miller, 2001 ; Lefebvre et Samson, 2013 ; Somyürek *et al*., 2009).

Türel (2010) a mis lui aussi en évidence des problèmes techniques auxquels se confrontent les enseignants : les problèmes techniques et un soutien inadéquat seraient susceptibles d'amoindrir l'enthousiasme des élèves ainsi que celui des enseignants. Dans le même sens, l'étude de Villemonteix et Béziat (2013) montre que les problèmes techniques, le manque de soutien et le manque de compétences chez les enseignants viennent en tête des contraintes freinant l'exploitation du TNI/TBI.

Ces contraintes et limites sont liées à la façon de gérer l'usage du TNI/TBI par l'enseignant, par la direction de l'école et par les instances supérieures éducatives. Pour Bibeau (2001) il y a trois principaux acteurs dans le processus d'enseignement-apprentissage des TIC : la direction, l'enseignant et les élèves. Il précise que chacun de ces acteurs a un rôle primordial à jouer lors de l'intégration et l'usage des TIC.

> Le rôle de la direction est d'amorcer l'innovation et de piloter la réingénierie de l'école. Le rôle du personnel enseignant est d'innover et de transformer la pédagogie, de guider l'élève dans ses apprentissages et de l'informer du potentiel immense, mais aussi des limites de ces technologies. La direction et toute l'équipe-école doivent faire en sorte que la technologie contribue à consolider la relation élève-enseignant et à la rendre plus humaine. En aucun cas, la technologie ne doit se substituer à l'enseignant ou à l'enseignante ou occulter la relation privilégiée qu'il entretient avec l'élève. (Bibeau, 2001, para. 9)

Pour appliquer la remarque de Bibeau sur le TNI/TBI, nous pouvons dire qu'il est important d'identifier les tâches entre les différents acteurs et de bien préparer les conditions nécessaires pour l'utilisation et l'intégration du TNI/TBI. L'enseignant joue un rôle majeur pour motiver les élèves dans l'utilisation du TNI/TBI. S'il ne change pas ses méthodes

d'utilisation du TNI/TBI, ses méthodes pédagogiques, l'enthousiasme des élèves s'amoindrira avec le temps. Pour éviter cela, l'enseignant devra changer de temps en temps de types d'activités réalisées avec le TNI/TBI. Il devra aussi varier les modalités de son usage : en grand groupe, en petits groupes et en individuel. L'enseignant devra aussi changer ses pratiques pédagogiques, sinon son usage ne sera d'aucune utilité. « *L'intégration réussie des TBI dans les environnements d'enseignement et d'apprentissage nécessite un changement dans les pratiques pédagogiques des enseignants* » (Slay *et al*., 2008, p. 1323, traduction libre). Il est nécessaire aussi de former les enseignants, les aider à préparer les ressources et leur donner un soutien important. « *La formation est nécessaire pour les futurs utilisateurs lors de l'introduction de ces tableaux. Cette formation devrait inclure des instructions techniques et des discussions pédagogiques* » (Sundberg, Spanteb et Stenlunda, 2012, p. 253, traduction libre). Türel (2010) estime que les enseignants doivent être clairs sur les stratégies et les techniques à employer avec le TNI/TBI. Les autorités éducatives devraient donc mettre en place une stratégie pour l'introduction, l'utilisation et l'intégration du TNI/TBI. Celle-ci devra définir les rôles et les responsabilités de chaque acteur dans les différents niveaux des méthodes éducatives.

2.4.4. Dans quels domaines et disciplines l'usage du TNI/TBI est-il possible ?

Selon nos lectures, nous trouvons que les recherches concluent que le TNI/TBI peut être utilisé dans tous les domaines et les disciplines scolaires sans aucune distinction. Northcote *et al*., (2010) et Türel et Johnson (2012) le TNI/TBI peut être utilisé dans n'importe quels domaines et disciplines scolaires (mathématiques, sciences, langues, etc.). Dostal (2011) souligne qu'« *il peut être incorporé dans l'enseignement des sciences, la géographie, les mathématiques, la physique, mais aussi dans la chimie, la musique et l'éducation artistique, etc.* » (Dostal, 2011, p. 205, traduction libre). Wall *et al*. (2005) présentent comme un avantage très important la possibilité d'utiliser le TNI/TBI dans toutes les matières scolaires.

Une synthèse de la littérature au sujet du TNI/TBI nous permet de conclure que la majorité des recherches mettant l'accent sur l'efficacité de l'usage du TNI/TBI dans les disciplines suivantes : mathématiques, langues, physique, histoire, géographie. Nous présenterons également à titre d'exemple un résumé de trois recherches touchant trois domaines différents de l'usage du TNI/TBI : mathématiques, langues et géographie.

Concernant les mathématiques où les TNI/TBI sont massivement implantés dans ce domaine comme le souligne Leroy (2007) « *les mathématiques sont une des disciplines qui utilisent le plus les TBI à l'heure actuelle* » (Leroy, 2007, p. 2). Cet enthousiasme des

professeurs de mathématiques pour l'usage du TNI/TBI peut s'interpréter en disant que « *ceux-ci ont pu y trouver un nombre important d'outils facilitant l'enseignement de certains savoirs et savoir-faire (outils de géométrie dynamique, instruments virtuels propres aux logiciels - rapporteur, règle, compas -, reconnaissance de figures, émulateur de calculatrice, tableur, etc.)* » (Leroy, 2007, p. 2). Ball (2003) a mis en évidence l'efficacité du TNI/TBI dans les cours de mathématiques et a conclu que le TNI/TBI permet de changer complètement le rythme de l'apprentissage des élèves. Dans les classes où les enseignants utilisent « bien » le TNI/TBI, les élèves apprennent plus rapidement et ils peuvent apprendre plus de choses que selon une méthode courante. Le TNI/TBI rend l'apprentissage des mathématiques plus dynamique grâce à la diversité des ressources. Ball (2003) affirme encore que le TNI/TBI encourage les interactions et les discussions sur les concepts et sur les activités réalisées en classe, ce qui permet de développer les connaissances des mathématiques chez les élèves. BECTA (2006) indique que le TNI/TBI est une source idéale pour la discussion en classe en fournissant des occasions de poser des questions et de stimuler l'exploration.

En ce qui concerne les langues, les recherches affirment que le TNI/TBI favorise et facilite l'apprentissage des langues et que le TNI/TBI peut être utilisé dans les différentes activités linguistiques : ponctuation, analyse de la phrase, enrichissement des phrases, révision d'un texte, etc. Les recherches concluent que la possibilité d'enregistrer tous les travaux effectués sur le TNI/TBI (Al-Qirim, 2011 ; Saint-Germain, 2011) permet d'avoir une « mémoire » pour chaque travail réalisé en classe durant l'année et de revenir sur ce travail à tout moment. Le TNI/TBI augmente l'interaction et la discussion dans la classe, ce qui permet de partager les diverses idées entre les élèves. BECTA (2003a) souligne que le TNI/TBI offre également « *plus d'opportunité d'interaction et de discussion dans la salle de classe* » (BECTA, 2003a, p. 2, traduction libre). Ces recherches estiment que les potentialités pédagogiques du TNI/TBI permettent aux élèves d'acquérir des nouvelles connaissances et de développer leurs compétences linguistiques (Gage, 2011 ; Mège, 2010 ; Schmid, 2008 ; Vertallier-Monet, 2013). Pour Smith *et al*. (2005), la diversité des ressources pédagogiques amenées par le TNI/TBI permet aux élèves de lier ces différentes ressources en soulignant que « *la possibilité de combiner l'information visuelle et auditive sont renforcées afin de faciliter le processus d'apprentissage d'une langue vivante étrangère, que les apprenants peuvent faire des liens entre ce qu'ils voient et ce qu'ils entendent* » (Smith *et al*., 2005, p. 93, traduction libre). Ce qui permet de rendre les cours plus dynamiques, plus actifs et plus intéressants pour les élèves.

Pour la géographie, Baffico (2009), a confirmé que le TNI/TBI est un outil pédagogique favorable pour enseigner cette discipline et a conclu que celui-ci permet de développer la réflexion géographique chez les élèves et de favoriser l'interaction entre les élèves et l'enseignant et entre les élèves eux-mêmes. « *Le Tableau Blanc Interactif apparaît comme un outil pédagogique puissant, parfaitement en adéquation avec les problématiques de la « géographie scolaire ». Son « potentiel d'interaction » permet de renforcer considérablement les liens intellectuels entre le professeur et les élèves : il favorise l'échange, la discussion, la concertation et finalement la production géographique commune* » (Baffico, 2009, p. 83).

2.4.5. À quel niveau scolaire peut-on utiliser le TNI/TBI ?

La majeure partie des recherches existantes dans ce domaine s'intéresse à l'utilisation du TNI/TBI dans l'enseignement pré-universitaire. Les avantages pédagogiques (interactivité, motivation, polyvalence, multimédias, aspect ludique…) de cet outil apparaissent plus clairement chez les élèves du primaire, du collège et du lycée que chez les étudiants. C'est probablement la raison pour laquelle les recherches se sont orientées plutôt vers l'enseignement pré-universitaire. Cependant, les différentes recherches réalisées dans ce domaine confirment que le TNI/TBI est utilisable dans tous les niveaux scolaires : de l'école maternelle à l'enseignement supérieur et même dans l'enseignement à distance. Dostal (2011) souligne que « *les tableaux blancs interactifs peuvent être utilisés dans tous les niveaux de l'éducation : pour les enfants d'âge préscolaire, les enfants de l'école primaire ou secondaire ainsi que les étudiants universitaires* » (Dostal, 2011, p. 210, traduction libre). En ce qui concerne l'usage du TNI/TBI dans l'enseignement pré-universitaire plusieurs recherches ont mis en évidence la question de l'usage de cet outil dans ces niveaux scolaires. Les travaux de (Beauchamp, 2004 ; Lee et Boyle, 2003 ; Swan *et al*., 2008 ; Türel, 2011 ; Tataroglu et Erduran, 2010 ; Torff et Tirotta, 2010) montrent les aspects positifs de l'usage du TNI/TBI en milieu scolaire. Dans l'enseignement supérieur, on peut citer les travaux de Damcott et ses collaborateurs (2000) et ceux de Al-Qirim (2011). Dans l'enseignement à distance on retient les travaux de Bell (2002) et Abrams et Haefner (1998) cité par Smith *et al*. (2005).

2.5. Conclusion du chapitre

Les recherches conduites sur le TNI/TBI nous montrent que cet outil est généralement perçu de manière positive par les enseignants. Ceux-ci ont un avis favorable dans l'usage du TNI/TBI en classe. Ils estiment que le TNI/TBI s'intègre aisément dans les pratiques pédagogiques courantes, et que son utilisation contribue à améliorer les processus

d'enseignement et d'apprentissage. Les recherches montrent également que les élèves ont une attitude positive vis-à-vis de l'utilisation du TNI/TBI. Ils sont enthousiastes pour l'utiliser. Selon les recherches explorées, les représentations visuelles et manipulables montrées par le TNI/TBI augmentent la motivation, l'attention, le plaisir et l'intérêt à l'apprentissage chez les élèves. L'usage de cet outil numérique accroît aussi leurs engagements, leurs participations, leurs concentrations et leurs implications dans les situations d'enseignement-apprentissage. Enfin, l'usage du TNI/TBI augmente les possibilités d'interaction au sein de la classe entre l'enseignant et les élèves et entre les élèves eux-mêmes. Il aide aussi au développement positif de l'estime de soi.

PARTIE II : Cadre théorique de la recherche

Cette partie comprend quatre chapitres :

Le chapitre I est consacré au traitement de la question de la médiation instrumentale en se concentrant sur l'approche instrumentale de Rabardel. Nous présenterons tout d'abord la distinction entre le concept « outil » et le concept « instrument » en nous appuyant sur les travaux de Bruillard (1997). Puis, nous mettrons en lumière le concept d'instrument psychologique avant de focaliser notre réflexion sur l'instrument matériel. Ensuite, nous démontrerons les concepts fondamentaux de l'approche instrumentale de Rabardel. Nous mettrons en lumière les activités faites au sein d'environnement instrumenté en analysant les types et les modalités d'activités médiatisées. Nous conclurons en montrant les potentiels cognitifs des instruments matériels dans la didactique des mathématiques en mettant en évidence les potentialités du TNI/TBI pour l'enseignement-apprentissage des mathématiques.

Le chapitre II porte sur la théorie de l'activité. Nous présenterons, dans un premier temps, un bref historique du développement de cette théorie. Nous mettrons en lumière, dans un deuxième temps, la pertinence et les apports de la théorie de l'activité en sciences de l'éducation. Nous nous focaliserons, dans un troisième temps, sur les trois générations de l'évolution de cette théorie. Nous nous concentrerons, enfin, sur la théorie de l'activité d'Engeström en soulignant les principes théoriques du modèle d'Engeström et ses applications à notre recherche.

Le chapitre III se base sur l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction. Nous présenterons les fractions du point de vue mathématiques en mettant l'accent sur l'importance et les différentes significations de cette notion. Nous montrerons aussi comment la notion de fraction est présentée dans les programmes et les manuels scolaires en France. Nous nous focaliserons également sur la représentation et la visualisation des fractions avec et sans le TNI/TBI en soulignant certaines fonctionnalités de cet outils numérique qui contribuent à faciliter et à concrétiser l'enseignement et l'apprentissage de cette notion. Nous présenterons la question du développement de la notion de fraction chez l'enfant en nous appuyant sur les travaux de Piaget et ses collaborateurs (1948) et ceux de Parat-Dayan et Vonéche (1991), avant de montrer les difficultés de l'apprentissage des fractions.

Le chapitre IV pose la problématique de cette recherche à la suite de nos lectures. Après avoir présenté notre problématique, nous présenterons les sous-questions et les hypothèses qu'il nous semble nécessaire de se poser pour traiter notre problématique.

1. Autour de l'approche instrumentale

Ce chapitre est constitué de six sous-chapitres : les approches théoriques disponibles en sciences de l'éducation pour étudier la relation homme-machine (§ 1.1.), la distinction entre l'outil et l'instrument (§ 1.2.) permet de comprendre la différence entre la vision outillée et instrumentale accordée aux TICE dont le TNI/TBI, la mise en œuvre d'une définition du concept instrument (§ 1.3.) permet de comprendre la nature et la caractéristique de ce concept, la présentation de l'instrument psychologique (§ 1.4.) permet de comprendre la relation et la différence entre celui-ci et l'instrument matériel. Les deux derniers sous-chapitres traitent la question de l'approche instrumentale selon Rabardel (§ 1.5.) et les objectifs de notre recours à ce cadre conceptuel (§ 1.6.) pour traiter notre problématique.

1.1. Approches théoriques de la relation homme-machine

Les recherches s'intéressant à l'usage des TICE dans les activités humaines ne poursuivent pas une seule approche théorique pour comprendre et interpréter la relation entre l'homme et la technologie. Au contraire, ces recherches font appel à plusieurs approches, parfois contradictoires. Flocher et Rabardel (2004) distinguent trois approches sur la relation homme-machine : celles qui sont axées sur l'*interaction* entre l'homme et la machine (IHM), celles qui considèrent l'homme et la machine comme un *système* engagé dans une tâche (SHM) et, la dernière qui étudie la *médiation* de l'activité par l'usage des artefacts. Ces approches se complètent et ne sont pas alternatives.

Dans l'approche d'interaction, l'homme et la machine sont considérés comme deux entités hétérogènes à propos desquelles il s'agit de créer un milieu pour leur interaction par le dispositif de l'interface. Alors que l'approche systèmique considère l'homme et la machine comme les deux composants d'un système fonctionnel engagés ensemble dans la réalisation d'une tâche donnée. L'approche de médiation quant à elle, se concentre sur l'usage humain des outils culturels. La médiation de l'activité humaine à travers les artefacts est vue comme le fait central qui transforme les rapports du sujet au monde ainsi que les fonctions psychologiques. Elle en conditionne aussi le développement. Les différents outils issus de la culture sont des artefacts médiateurs de l'action et de l'activité finalisée des opérateurs qui tranforment les tâches et les activités. Ils font l'objet de transmission, d'appropriation et de développement au sein de communautés, dans les contextes professionnels comme dans ceux de la vie quotidienne (Flocher et Rabardel, 2004).

Les deux premières approches décrivent et formalisent le fonctionnement humain par rapport à ses aptitudes et limites physiologiques et cognitives pour une meilleure adaptation

des systèmes techniques à l'homme. Ces approches privilégient « *d'une part, les caractéristiques de l'homme directement en relation avec l'interface (anthropométrie, capacités motrices, perspectives, cognitives) et, d'autre part, les processus cognitifs impliqués dans la réalisation de tâches dans les systèmes complexes (planification, raisonnement, mémoire, attention, vigilance…)»* (Flocher et Rabardel, 2004, p. 265).

L'approche de la médiation quant à elle cherche à identifier le rôle des artefacts dans la réalisation de l'activité et la façon dont ils peuvent aider le sujet à développer ses compétences dans tel ou tel domaine. « *Les approches de l'activité médiatisée privilégient l'activité située et s'attachent à identifier les invariants d'activité que développent les sujets dans les classes de situations et les domaines de leurs activités, le rôle des artefacts pour l'action, le développement des ressources pour l'activité et pour les sujets eux-mêmes* » (Flocher et Rabardel, 2004, p. 265).

Dans notre recherche, nous nous intéressons particulièrement à l'approche de l'activité médiatisée, parfois appelé « *l'approche instrumentale* ». Dans notre travail, nous pouvons considérer que le TNI est un instrument ou un artefact et non un simple outil technologique au service de l'enseignement-apprentissage. Le TNI/TBI est un médiateur de l'action et de l'activité réalisée dans la classe entre l'enseignant et les élèves. Cet instrument transforme les tâches et les activités, ce qui permet aux apprenants de s'approprier des connaissances et de développer leurs compétences dans la discipline donnée.

1.2. De l'outil à l'instrument

Dès l'introduction et l'utilisation de l'informatique en éducation les chercheurs ont été confrontés à une première difficulté, celle des termes utilisés pour décrire cette nouvelle technologie. En effet, ceux-ci concernent tant la place de l'informatique dans le système éducatif, que le regard des usagers et des acteurs sur cette nouvelle technologie, ainsi que les résultats attendus de l'introduction et de l'intégration de différents dispositifs technologiques en milieu scolaire. S'est donc posée la question suivante : est-ce que l'informatique est un outil ou plutôt un instrument ? Chaque terme en effet assigne une place différente à l'informatique dans le système éducatif. Sachant que linguistiquement les deux termes (outil et instrument) semblent synonymes dans plusieurs contextes. Cependant, entre ces deux notions, il y a des différences importantes.

Selon Bruillard (1997) l'informatique, au début des années quatre-vingts, est vue soit comme une discipline à part entière (objet d'enseignement), soit comme un outil intervenant d'une manière transversale dans les différentes disciplines scolaires. L'aspect « outil » a tendu

à occuper une place importante dans le discours courant vers la fin des années quatre-vingts. Ce regard sur l'informatique contribuait à restreindre le rôle essentiel de l'informatique à celui de moyen au service de l'enseignement. La dénomination d'outil, à propos d'informatique, est donc très restrictive par rapport à ce qu'elle est vraiment au niveau du système éducatif. « *Réduire l'informatique à un outil c'est la cantonner dans des activités de production limitées sans remettre en cause les processus même de production ou les connaissances qui y sont attachées et la finalité même de ces productions* » (Bruillard, 1997, p. 111).

Les regards portés sur les TICE comme outils d'enseignement-apprentissage ou comme instruments ne se ressemblent pas du tout. La première vision considère le dispositif technologique comme un simple moyen au service de quelqu'un ou de quelque chose. Tandis que la seconde vision estime le dispositif comme un élément essentiel du processus d'enseignement-apprentissage. Ainsi Bruillard (1997) souligne que « *parler de l'informatique comme outil, c'est avant tout la considérer comme un moyen. De là à n'y voir qu'un simple moyen éducatif, une technologie au service de l'éducation, il n'a qu'un pas souvent trop vite franchi* […] *Adopter une perspective instrumentale, c'est se concentrer sur les activités dans lesquelles l'apport des instruments est essentiel : des moyens, certes, attachés aux tâches, non en tant que complément ou substitut, mais comme des parties intégrantes* » (Bruillard, 1997, p. 113).

Contamines, George et Hotte (2003) ajoutent que l'outil est en premier lieu conçu et réalisé par une personne ou une équipe afin de répondre à un objectif. Alors que, dans l'artefact sont inscrits des modes opératoires prévus (voir figure 6). Par ailleurs, Rabardel (1995) souligne que ces deux notions se distinguent par leur orientation. « *Les termes d'instrument et d'outil servent le plus souvent à distinguer des classes d'objets techniques. Ainsi, toujours dans l'exemple du mécanisme, les instruments sont, en général, orientés vers la prise d'information et les outils vers la transformation* » (Rabardel, 1995, p. 80).

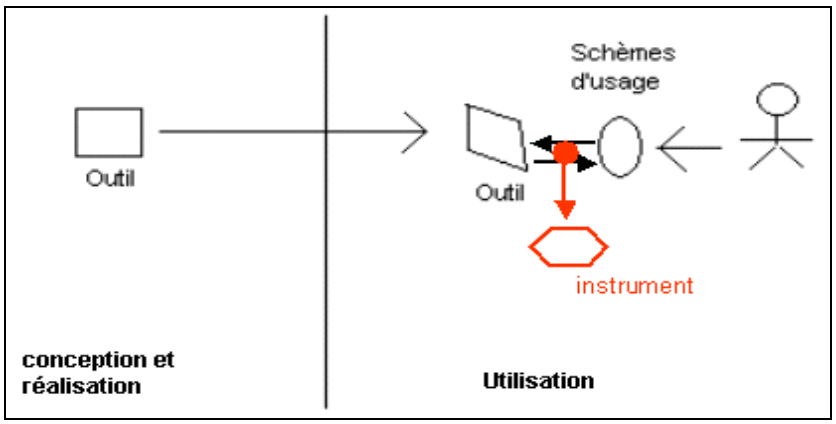


FIGURE 6 – *Distinction entre outil et instrument d'après Contamines et al., (2003)*

Pour Bruillard (1997), l'informatique produit des outils (effecteurs) et également des instruments (capteurs).

> L'informatique peut être vue comme une méta-technologie (un méta-outil ou un méta-instrument), c'est-à-dire une technologie permettant de fabriquer et de simuler différents outils et instruments […] son champ d'application ne se limite pas à la production. L'informatique intervient aussi bien dans le domaine de l'action, que dans ceux de l'observation et de la communication. Si l'outil façonne la matière, l'instrument joue sur la dualité transformation/perception. En informatique, il s'agit d'instrument permettant la transformation des objets et des représentations particulières de ces objets. (Bruillard, 1997, pp. 106-107)

L'approche de Bruillard est harmonisée avec celle de Simondon. Ce dernier distingue les instruments des outils par analogie avec les organes biologiques. Pour lui, l'outil est un médiateur pour l'action. Il prolonge et adapte les effecteurs organiques. Alors que l'instrument est l'inverse de l'outil, il prolonge et adapte les organes des sens. Il est un capteur et non un effecteur. Il sert à prélever de l'information tandis que l'outil sert à exercer une action (Simondon, 1969).

Considérer les différents dispositifs technologiques dont le TNI/TBI comme un outil d'enseignement-apprentissage réduit en effet leurs places et leurs rôles dans l'introduction de réels changements en éducation. Cela contribue également à changer et à modifier l'objectif de l'introduction et de l'intégration de ces dispositifs dans le système éducatif. Cette vision « outillée » des dispositifs TICE permet de les considérer comme des « décors » plutôt que comme une partie des processus d'enseignement-apprentissage. La vision instrumentale, quant à elle, permet d'estimer les TICE comme une partie primordiale et essentielle du système éducatif. Cela conduit à s'interroger sur la meilleure manière d'intégrer ces dispositifs technologiques dans les pratiques quotidiennes en classe afin de favoriser et d'augmenter la performance et la réussite scolaire des élèves.

1.3. Construction d'une définition de l'instrument

Le dictionnaire Trésor de la Langue Française (cité par Bruillard, 1997, p. 104) définit l'instrument comme un objet fabriqué en vue d'une utilisation particulière, souvent manuelle, pour faire ou créer quelque chose, pour exécuter ou favoriser une opération dans une technique, un art, une science, etc. : instruments de musique, instruments de mesure, instruments d'optique, instruments d'astronomie, etc.

Rabardel (1995) affirme que l'instrument se définit par les usages qui lui sont reconnus. Dans ce sens Bruillard (1997) trouve que la notion d'effectuation apparaît dans la définition de l'instrument ainsi que dans celle de l'outil. Cependant l'outil semble plus

directement lié à l'action sur la matière, alors que l'instrument correspond à d'autres usages plus généraux et moins concrets.

1.4. Autour du concept d'instruments psychologiques

Parler de l'instrument matériel sans aborder les instruments psychologiques nous paraît difficile. Car ces deux instruments sont en relations mutuelles même s'ils n'ont pas la même forme. Le concept d'instrument psychologique est issu des travaux de Vygotsky dans les années 1930. Celui-ci développe le concept d'instrument psychologique comme « *médiateur entre le sujet et lui-même ou les autres sujets. L'instrument psychologique constitue, à ce moment du développement de sa pensée, un type d'instrument particulier correspondant à des artefacts spécifiques (plans, langage, signes, schémas...)* » (Rabardel, 2002, p. 275). Pour Vygotsky l'instrument psychologique est adapté à l'instrument dans le travail. « […] *tout comme l'instrument de travail est un lien entre l'action du sujet et les objets matériels, qui structure profondément les relations qu'entretient le sujet avec les objets, l'instrument psychologique structure les processus naturels de la pensée humaine* » (Vergnaud, 2000, p. 33). Par ailleurs, Rabardel (1995) indique que le point de vue développé par Vygotsky consiste en deux points essentiels : distinguer des types d'instruments en fonction de ce sur quoi ils permettent au sujet d'agir (le monde matériel, le psychisme propre ou celui des autres) et, de proposer une unité d'analyse des activités instrumentées : l'acte instrumental.

Vygotsky donne quelques exemples d'instruments psychologiques : le langage, les diverses formes de comptages et de calculs, les moyens mnémotechniques, les symboles algébriques, les œuvres d'arts, l'écriture, les schémas, les diagrammes, les cartes, les plans, tous les signes possibles, etc. Selon Vergnaud (2000) le langage est, pour Vygotsky, le principal instrument psychologique.

> Les instruments psychologiques sont des élaborations artificielles ; ils sont sociaux par nature et non pas organiques ou individuels ; ils sont destinés au contrôle des processus du comportement propre ou celui des autres, tout comme la technique est destinée au contrôle des processus de la nature. […] intégré dans le processus comportemental, l'instrument psychologique modifie le déroulement et la structure des fonctions psychiques en déterminant, par ses propriétés, la structure du nouvel acte instrumental, tout comme l'instrument technique modifie le processus d'adaptation naturelle en déterminant les formes des opérations de travail. (Vygotsky, 1930, pp. 39-40)

Par ailleurs, Vygotsky montre que l'instrument psychologique et l'instrument technique ne sont pas similaires. Il souligne que ces deux instruments se différencient essentiellement par leurs directions durant l'action ou l'activité en général. Pour lui,

l'instrument psychologique s'adresse au psychisme et au comportement, alors que l'instrument technique constitue un élément intermédiaire entre l'activité de l'homme et l'objet externe. Cet instrument est destiné à obtenir un changement dans l'objet même. En outre, Vygotsky estime que l'instrument psychologique *« ne provoque pas de changement dans l'objet ; il tend à exercer une influence sur le psychisme propre (ou celui des autres) ou sur le comportement. Il n'est pas un moyen d'agir sur l'objet. Dans l'acte instrumental se manifeste par conséquent une activité relative à soi-même et non à l'objet »* (Vygotsky, 1930, p. 43).

1.5. Approche instrumentale selon Pierre Rabardel

Rabardel (1995) propose une approche de la notion d'instrument issue d'une approche anthropocentrique. Cette approche s'intéresse aux relations entre l'individu et les outils technologiques d'un point de vue anthropocentrique afin de comprendre le processus de cette médiation (Train, 2013). Dans cette approche, Rabardel se focalise sur l'utilisateur sans oublier évidement le rôle primordial de la technologie sur l'activité de celui-ci. Il considère les objets matériels fabriqués, les logiciels et les systèmes technologiques comme des machines. Ces objets matériels fabriqués sont considérés comme étant des faits anthropologiques. La théorie de Rabardel repose sur l'importance de la médiation instrumentale, la différenciation entre artefact et instrument, et enfin la création des relations entre l'utilisateur et l'objet. « *L'approche instrumentale repose sur la distinction entre artefact et instrument : selon cette approche, un objet crée par l'homme demeure un artefact tant qu'il n'a pas été assimilé par l'acteur qui va s'en servir. Il devient alors un instrument, au cours où il est incorporé à l'organisation de l'action du sujet »* (Rabardel et Pastré, 2005, p. 1).

Rabardel a emprunté les concepts d'*activités* et d'*instruments cognitifs* aux travaux de Vygotsky et de Léontiev, de même qu'il a emprunté le terme de *schème* aux travaux de Piaget. Ce dernier s'est concentré sur la pensée scientifique plutôt que sur l'activité pratique. Il s'est centré également sur l'individu en lui-même sans prendre en compte la dimension sociale de cet individu. Piaget se focalise donc dans ses travaux sur le « *sujet épistémique* » (Brassac, 2003, p. 207). Pourtant il s'intéresse au rôle de l'interaction avec l'environnement dans le développement de l'intelligence. Sur ce point (interaction entre le sujet et le milieu) Piaget et Vygotsky s'accordent. Ils pensent que le mécanisme de la pensée et le développement de cette pensée proviennent du croisement entre le sujet et son milieu. Mais ils ne sont pas d'accord sur la nature de cet environnement. Pour Piaget, le milieu est matériel,

alors que pour Vygotsky et Rabardel, il est à la fois matériel et social. « *L'approche instrumentale est donc une approche pour laquelle la cognition est située matériellement et socialement* » (Contamines *et al*., 2003, p. 163).

1.5.1. De l'artefact à l'instrument

Selon Rabardel (1995) l'artefact est une partie de l'instrument. Ce dernier ne se réduit pas à l'artefact. Pourtant, cet artefact devient peu à peu un instrument qui peut servir le sujet pour effectuer une tâche ou une activité. Ce statut d'instrument s'effectue par un processus de genèse instrumentale qui porte à la fois sur l'artefact et sur le sujet lui-même.

Pour bien comprendre la réalité de l'instrument, il nous apparait très utile de mettre en lumière la question du passage de l'artefact à l'instrument. Nous nous focaliserons sur trois sections essentielles des travaux de Rabardel.

1.5.1.1. Distinction entre l'artefact et l'instrument

La théorie de Rabardel repose avant tout sur la distinction entre l'artefact (outil nu) offert au sujet et l'instrument qui résulte d'un processus d'appropriation et de développement des schèmes d'utilisation. Cet instrument est construit par le sujet lors de ses activités. Rabardel part des termes « objet technique » ou « artefact » pour définir « l'instrument ». Pour cela il propose la notion d'artefact comme un terme alternatif des notions « objets techniques » et « instruments ». Pour lui, l'artefact est un concept neutre, ne spécifiant pas un type de rapport particulier à l'objet, et permettant de créer différents types de relations entre le sujet et l'objet. L'artefact du point de vue de Rabardel désigne donc « *toute chose ayant subi une transformation, même minime, d'origine humaine, elle est donc compatible avec un point de vue anthropocentrique, sans spécifier celui-ci plus avant. Elle présente, d'autre part, l'avantage de ne pas restreindre la signification aux choses matérielles (du monde physique) en comprenant sans difficulté les systèmes symboliques qui peuvent aussi être des instruments* » (Rabardel, 1995, p. 59). De ce point de vue, l'artefact n'est pas une posture instrumentale : il n'est pas en soi un instrument. C'est-à-dire l'instrument et l'artefact ne se confondent pas et donc l'artefact ne représente pas la totalité d'un instrument : « *un artefact n'est pas un instrument achevé* » (Rabardel, 1995, p. 93). Pourtant cet artefact peut être institué comme un instrument par l'utilisateur qui lui donne le statut de moyen pour parvenir aux objectifs de son action ou de son activité (Clot, 1999). Cette acquisition de statut instrumental est fort différente selon les sujets et pour un même sujet selon les situations et les moments. L'instrument se distingue donc de l'artefact et instaure une entité mélangée du sujet et de l'artefact (Train, 2013).

Concernant l'instrument, Rabardel (1995) donne deux niveaux de définition à cette notion : une conceptualisation technique/matérielle et une conceptualisation psychologique. Le premier définit l'instrument comme un artefact matériel inscrit en situation dans un usage comme un moyen d'action pour l'utilisateur. Alors que le deuxième définit l'instrument comme une entité mixte qui tient à la fois du sujet et de l'objet.

Pour le premier niveau, Rabardel souligne que l'instrument est unanimement considéré comme une entité intermédiaire, un moyen terme, voire un univers intermédiaire, entre les deux autres entités que sont le sujet et l'objet sur lequel porte l'action. Selon cette acception, l'instrument est adapté à l'utilisateur autant qu'à l'objet. Cette adaptation ne porte pas seulement sur des propriétés matérielles mais elle porte aussi sur des propriétés cognitives et sémiotiques, en fonction du type d'activité dans lequel l'instrument est destiné à s'insérer. Cette position intermédiaire de l'instrument lui donne la propriété de « médiateur ». Il médiatise les relations entre le sujet et l'objet vers lequel l'action à l'aide de l'instrument est dirigée. L'instrument, selon cette acception prend généralement trois formes essentielles. L'instrument est un *moyen de l'action* ou de l'activité en général. L'instrument est un *moyen de capitalisation de l'expérience* et de la connaissance accumulées. L'instrument est une *entité bifaciale*, mixte, à la fois artefact et schèmes sociaux d'utilisation (Rabardel, 1997).

Quant au deuxième niveau, Rabardel affirme que l'instrument ne peut se réduire à l'artefact. L'instrument est donc une entité mixte, qui tient à la fois du sujet et de l'objet. L'instrument est une entité composite qui comprend une composante « artefactuelle » et une composante « schématique ». Dans cette perspective, l'instrument est constitué « *d'une part, d'un artefact, matériel ou symbolique, produit par le sujet ou par d'autres ; d'autre part, d'un ou des schèmes d'utilisation associés, résultant d'une construction propre du sujet, autonome, ou d'une appropriation de schèmes sociaux d'utilisation formés extérieurement à lui* » (Rabardel, 1995, pp. 117-118).

Au-delà de ces définitions de l'instrument, Rabardel (1999) approfondit cette notion sur trois principaux points afin de bien identifier ce concept et de le distinguer de l'artefact. L'artefact n'est pas obligatoirement matériel. Il peut, en effet, avoir un statut symbolique, comme par exemple, les cartes, les graphiques, les tables de multiplications, etc. L'identité même de l'instrument ne se réduit pas simplement à l'artefact matériel ou symbolique. La fraction de l'artefact considérée comme moyen d'action par le sujet ne constitue pas la totalité de l'instrument. « *Ce n'est donc pas la totalité de l'artefact qui constitue l'instrument du sujet, mais seulement une fraction de celui-ci qu'il a sélectionnée et dont il a élaboré les propriétés pertinentes pour l'action au cours de la genèse instrumentale. L'instrument et*

l'artefact ne se confondent pas : l'instrument réel du sujet résulte d'une élaboration progressive » (Rabardel, 1999, p. 210).

L'instrument est le résultat de l'usage d'un outil. Il n'est pas seulement une entité matérielle mais plutôt une entité bifaciale. Cette entité se compose de deux composantes essentielles : l'artefact et les schèmes d'utilisation. Dans l'artefact, sont inscrits des modes opératoires prévus par le ou les concepteurs. La composante artefactuelle est « *composée de* ***fonctions constituantes****. Ces fonctions sont celles qui ont été prévues par le ou les concepteurs. Dans l'usage, ces fonctions ne sont pas les seules présentes. Il y a aussi des* ***fonctions constituées*** *qui sont celles qui ont été créées par l'usager durant l'utilisation de l'artefact. Parfois, aucune fonction constituante n'est utilisée mais l'usager fait tout de même un usage particulier de l'artefact. Cela signifie que ces fonctions constituées ont émergé dans l'usage* » (Contamines *et al*., 2003, p. 164). Concernant la deuxième composante (schèmes d'utilisation), nous l'aborderons en détail ci-dessous.

Pour Rabardel (1995) les deux composantes de l'instrument sont associées l'une à l'autre. Cependant cette relation primordiale est une relation d'indépendance relative. C'est-à-dire, un même schème d'utilisation peut effectivement s'appliquer à une diversité d'artefacts appartenant à la même classe, mais aussi relevant de classes voisines ou différentes. Au contraire, un même artefact est capable de s'insérer dans un grand nombre de schèmes d'utilisation qui vont lui attribuer des sens et quelquefois des fonctions différentes. Rabardel (2005) exprime ce genre de relations entre les deux composantes de l'instrument en disant que « *l'indépendance relative des artefacts et des schèmes est à la fois une des conditions d'adaptation du sujet et des organisations et une des sources de différenciation des propositions d'instrumentation qui conduit à des résultats parfois très surprenants pour les concepteurs et les décideurs* » (Rabardel, 2005, p. 256).

En conclusion, nous pouvons dire que l'instrument, selon la théorie de Rabardel, n'est pas seulement un outil matériel mais qu'il est aussi un schème qui explique comment on peut l'utiliser pour effectuer une activité. « *La notion d'instrument chez Rabardel ne caractérise pas un objet particulier, mais définit simultanément un objet et un mode particulier d'utilisation de cet objet, ou encore, dit autrement, à la fois un objet et son usage* » (Blandin, 1997, p. 417).

1.5.1.2. Autour des schèmes d'utilisation

La notion de « schème » avant qu'elle ne soit reprise et développée dans les travaux de Rabardel a été introduite et définie par Piaget (1936) puis par Vergnaud (1991). Rabardel

(1995) souligne que les schèmes, selon l'acception « piagetienne », constituent les moyens du sujet à l'aide desquels il peut assimiler les situations et les objets auxquels il est confronté.

> Nous appelons **schème** d'une action ce en quoi elle est répétable, transposable ou généralisable, autrement dit sa structure ou **forme** par opposition aux objets qui lui servent de contenus variables. Mais sauf dans le cas des comportements héréditaires (mouvements spontanés d'ensemble, réflexes ou instincts) cette forme n'est pas constituée préalablement à son contenu : elle s'élabore en interaction avec les objets auxquels s'applique l'action en formation…ce processus dynamique comporte donc deux pôles indissociables : un pôle d'**assimilation** des objets au schème, donc d'intégration de ceux-là et de construction de celui-ci (cette intégration et cette construction ne faisant qu'un), et un pôle d'**accommodation** à chaque situation particulière. (Piaget, Grize, Szeminska et Bang, 1968, p. 205)

Le schème d'une action, selon Piaget, est donc l'ensemble structuré des caractères généralisables de l'action, c'est-à-dire ceux qui permettent de répéter la même action ou de l'appliquer à de nouveaux contenus (Beth et Piaget, 1961). Dans un autre ouvrage, « *la naissance de l'intelligence chez l'enfant (1936)* », Piaget exprime que les schèmes sont les produits d'une activité continue qui leur est immanente et dont ils constituent les moments successifs de cristallisation.

En outre, les schèmes, du point de vue de Vergnaud, sont des organisateurs de l'activité. « *Le schème est une forme invariante d'organisation de l'activité et de la conduite pour une classe de situations déterminée* » (Vergnaud, 2007, p. 17).

Rabardel (1995), quant à lui, a développé le concept du schème en construisant son propre schème, dit *schème d'utilisation*. Celui-ci permet de rendre compte des processus d'adaptation de l'activité à la multiplicité de milieux extérieures et de leur généralisation par rapport aux contenus auxquels ils s'appliquent. Deux grands processus sont en question : le premier processus montre que les schèmes sont assimilateurs, c'est-à-dire qu'ils peuvent s'appliquer à plusieurs sortes d'artefacts. Le second proccesus indique que les schèmes sont accommodateurs, ce qui signifie qu'ils peuvent se tranformer lorsque la situation change (Béguin et Rabardel, 2000). Selon l'approche de Rabardel, l'évolution des schèmes, et du sujet provient de deux processus complémentaires : l'incorporation des choses au sujet, c'est le processus d'*assimilation* et l'autre l'*accommodation* aux choses elles-mêmes. Ainsi, Rabardel utilise les schèmes d'utilisation pour modèliser des situations d'activités instrumentées (Rabardel et Samurçay, 2006).

Un schème d'utilisation est donc une « *organisation active de ''expérience vécue, qui intègre le passé, et qui constitue une référence pour interpréter des données nouvelles. C'est donc une structure qui a une histoire, qui se transforme au fur et à mesure qu'elle s'adapte à*

des situations et des données plus variées, et qui est fonction de la signification attribuée à la situation par l'individu » (Béguin et Rabardel, 2000, p. 46). Dans ce contexte, Contamines et ses collaborateurs (2003) soulignent qu'un schème d'usage est une structure cognitive mobilisée par l'individu dans l'action pour utiliser l'outil à des fins précises. Pour Rabardel (1995), les schèmes d'utilisation sont donc effectivement en liaison avec les artefacts ainsi qu'avec les objets de l'activité.

> Les schèmes d'utilisation sont liés, d'une part aux artefacts qui sont suceptibles d'avoir statut de moyen, d'autre part aux objets sur lesquels ces artefacts permettent d'agir. Ils sont organisateurs de l'action, de l'utilisation, la mise en œuvre, l'usage de l'artefact. Ils prennent en compte et s'appuient sur les propriétés de l'artefact, elles-mêmes organisatrices. Cependant, les schèmes d'utilisation ne s'appliquent pas directement, ils doivent être instanciés en fonction du contexte spécifique de chaque situation. Ils s'actualisent alors sous forme de procédure adéquate aux singularités de la situation. (Rabardel, 1995, p. 116)

Enfin pour Rabardel (Rabardel, 2001) les schèmes d'utilisation ont à la fois deux dimensions d'existence : la dimension privée et la dimension sociale. La première est propre à chaque individu et « *tient au caractère singulier de l'élaboration et de l'histoire des schèmes par chacun d'entre nous. Ainsi, ce sont les caractéristiques propres à chaque individu des schèmes d'écriture manuelle qui rendent l'écriture de chacun d'entre nous spécifique et reconnaissable* » (Flocher et Rabardel, 2004, pp. 259-260). La seconde tient à ce que les schèmes s'élaborent au cours d'un processus où le sujet n'est pas isolé. Les autres utilisateurs, mais aussi les concepteurs des artefacts, contribuent effectivement à cette émergence des schèmes.

Les schèmes d'utilisation peuvent remplir en effets plusieurs fonctions selon la situation. Ils peuvent effectuer « *des fonctions épistémiques tournées vers la compréhension des situations, des fonctions pragmatiques tournées vers la transformation de la situation et l'obtention de résultats, des fonctions heuristiques orientant et contrôlant l'activité* » (Rabardel, 1995, p. 116).

Ceux-ci portent sur deux dimensions de l'activité. La première concerne les activités relatives aux tâches secondes, c'est-à-dire celles relatives à la gestion des caractéristiques et propriétés spécifiques de l'artefact. La seconde correspond aux activités premières ou principales, c'est-à-dire les activités orientées vers l'objet de l'activité, et pour lesquelles l'artefact est un moyen de réalisation.

Rabardel (1995) distingue trois statuts des schèmes au sein des schèmes d'utilisation par l'interaction entre le sujet et l'artefact :

- Schèmes d'usage : ceux-ci sont relatifs aux interactions avec l'artefact. Ils sont orientés vers la gestion des caractéristiques et propriétés de l'artefact lui-même. Le but pricipal de ces schèmes est de gérer tout simplement les interactions avec l'artefact.
- Schèmes d'action instrumentée : ceux-ci sont relatifs à l'object principale de l'activité. La signification de ces schèmes est obtenue par l'acte global ayant pour but d'opérer des transformations sur l'objet pricipal de l'activité. Ces schèmes incorporent, à titre de constituants, les schèmes d'usage. De plus, ils sont constitutifs de ce que Vygotsky appelait les « actes instrumentaux », pour lesquels il y a recomposition de l'activité dirigée vers le but principal du sujet du fait de l'insertion de l'instrument.
- Schèmes d'activité collective instrumentée : ceux-ci concernent les situations d'activité où plusieurs acteurs travaillent avec le même artefact ou encore une même classe d'artefacts qui peuvent être utilisés simultanément ou conjoinement par un collectif de travail pour la réalisation d'une tâche commune ou partagée. Rabardel (1995) souligne que ces schèmes portent sur deux axes « *d'une part sur la spécification des types d'actions ou d'activité, des types de résultats acceptables, etc.* […] *d'autre part, sur la coordination des actions individuelles et l'intégration de leurs résultats comme contribution à l'atteinte des buts communs* » (Rabardel, 1995, p. 115).

Rabardel (1995) considère que le caractère des schèmes d'usage ou des schèmes d'activité instrumentée ne se réfère pas à une propriété spéciale du schème en lui-même, mais plutôt à sa situation dans l'activité achevée du sujet. Il affirme qu'un même schème peut donc, selon les situations, avoir un statut de schème d'usage ou de schème d'action instrumentée. Il qualifie les schèmes d'utilisation comme des « schèmes sociaux d'utilisation », parce que selon lui *« les schèmes font l'objet de transmission, de transferts, plus ou moins formalisé : depuis les renseignements transmis d'un utilisateur à l'autre, jusqu'aux formations structurées autour des systèmes techniques complexes, en passant par les divers types d'aides à l'utilisateur (notices, modes d'emploi, assistances diverses incorporées ou non dans l'artefact lui-même)* » (Rabardel, 1995, p. 115).

Les schèmes sociaux d'utilisation ont les mêmes propriétés générales que les schèmes de Piaget comme l'assimilation des situations nouvelles auxquelles le sujet est confronté. L'assimilation permet de « *mettre en œuvre des formes de l'activité préorganisée tout en prenant en compte la singularité instantanée et, à un certain niveau, la diversité des situations qui caractérise l'extension de la classe des situations. L'assimilation concerne autant les caractéristiques de l'artefact (schèmes d'usage) que la relation à l'objet, aux*

autres sujets et aux situations (schèmes d'activité instrumentée) » (Flocher et Rabardel, 2004, p. 260). En outre, au moment où les artefacts ou les situations sont soumis à l'assimilation, c'est le processus d'accommodation qui devient, pour une certaine durée, prépondérant. Dans ce contexte, Rabardel précise que « *le processus d'accommodation aboutit à la transformation de schèmes disponibles, à leur réorganisation, fragmentation et recomposition, assimilation réciproque et coordination, qui conduisent progressivement à de nouvelles compositions de schèmes permettant la maîtrise renouvelée et reproductible de la nouvelle classe de situations, et, au delà, des potentialités étendues d'assimilation et d'accommodation* » (Rabardel, 1995, p. 117).

Les trois niveaux de schèmes d'utilisation sont associés les uns avec les autres. Chaque type de ces schèmes peut être, soit une source pour un autre schème, soit le résultat. Les types de schèmes « *sont dans des relations de dépendance mutuelle : à partir des schèmes d'usage et des schèmes d'action instrumentée peuvent émerger, se recomposer et se généraliser des schèmes d'activité collective instrumentée. Inversement, les schèmes d'activité collective instrumentée sont une source à partir de laquelle des schèmes de type shèmes d'activité instrumentée et schèmes d'usage peuvent se développer, évoluer, se recomposer, etc.* » (Rabardel, 1995, p. 115).

Pour éclairer les effets structurants des artefacts sur l'activité, Rabardel (1995) analyse l'*activité requise* et l'*ouverture du champ des possibles* comme des notions qui caractérisent les contraintes de la situation d'activité avec instrument. L'activité requise est liée aux différents types de contraintes qui touchent les artefacts et qui conditionnent l'action des sujets. L'ouverture du champ des possibles, quant à elle, renvoie aux possibilités d'actions qui s'offrent aux sujets. Rabardel précise trois types de contraintes :

- Contraintes de modalités d'existence ;
- Contraintes de finalisation ;
- Contraintes de structuration de l'action.

Pour Trouche (2002) les contraintes des artefacts informatiques sont aussi regroupées en trois grandes catégories :

- *Des contraintes internes* (contraintes psychologiques) liées à la nature technique du matériel. Il s'agit d'informations disponibles chez l'utilisateur sur l'artefact utilisé pour effectuer une tâche. Ces informations ne sont pas modifiables par l'utilisateur.
- *Des contraintes de commandes* liées à l'existance et à la syntaxe des différentes commandes. Elles concernent des informations accessibles à l'interface et sont à la disposition de l'utilisateur pour les utiliser ou modifier pour obtenir un résultat donné.

- *Des contraintes d'organisation* liées à l'ergonomie générale de l'artefact. Elles concernent la structuration des informations et des commandes disponibles. Ces contraintes sont accesibles à l'interface de l'artefact et l'utilisateur peut utiliser et modifier (dans certaines limites) les informations de ce type de contraintes pour avoir un résultat prévu.

1.5.1.3. Genèses instrumentales : instrumentation et instrumentalisation

La transformation d'un artefact en instrument, par les utilisateurs, se fait par un processus de *genèse instrumentale* (Rabardel, 1995). Elle désigne le processus d'élaboration et d'évolution progressive, individuelle ou collective de l'instrument au cours de l'activité. Ces élaborations instrumentales résultent de l'interaction entre les deux composantes de l'instrument et elles « *portent à la fois sur les artefacts tant au plan structurel que fonctionnel, que sur le sujet lui même (les objets de l'activité, les formes de l'activité et leurs organisateurs que sont les représentations et les schèmes)* » (Rabardel, 2002, p. 283). Les genèses instrumentales ont une durée variable. Elles peuvent, selon la nature de l'activité mais aussi selon la nature de l'artefact et le degré de compétence de l'individu utilisateur, prendre de quelques minutes à plusieurs années (Contamines *et al*., 2003). Ces genèses instrumentales sont intégrées par les sujets dans leurs activités productives en interagissant avec l'artefact. Pour Nijimbere (2013) lors de ce processus un même artefact peut, pour différents utilisateurs, se voir attribuer diverses fonctions, caractéristiques de l'élaboration d'instruments. « *Le concept de "genèse instrumentale" permet de saisir, d'un même mouvement, l'évolution des artefacts liée à l'activité de l'utilisateur et l'émergence des schèmes d'utilisation comme participant d'un même processus de genèse et d'élaboration instrumentales. Les genèses instrumentales apparaissent aux deux pôles de l'entité instrumentale* » (Béguin et Rabardel, 2000, p. 45). Rabardel (1995) montre que les genèses instrumentales présentent deux dimensions essentielles et indissociables (voir figure 7). La première est orientée vers le sujet lui-même : c'est l'instrumentation. Tandis que la seconde est orientée vers l'artefact : c'est l'instrumentalisation. Lors du processus d'instrumentation, c'est l'utilisateur qui évolue et qui apprend. Ce sont les schèmes d'utilisation qui évoluent, se transforment, se créent et s'incorporent aux schèmes déjà existants chez l'utilisateur. Au cours du processus d'instrumentalisation, c'est l'artefact qui évolue. Ce sont l'émergence de nouvelles propriétés fonctionnelles pour l'artefact (fonctions constituées) et l'institution des fonctions constituantes par le sujet. Ce processus prend appui sur les caractéristiques de

l'artefact, sur la prescription d'utilisation fournie par le concepteur et sur le rôle que joue l'artefact dans l'action du sujet.

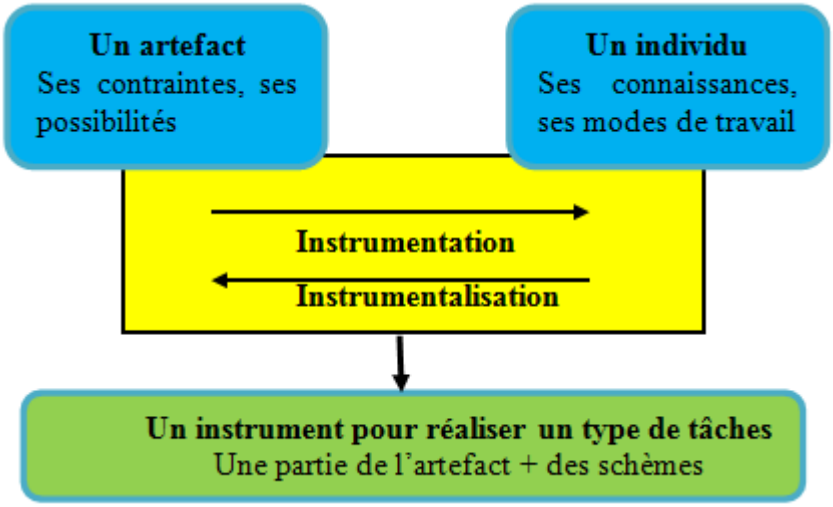


FIGURE 7 – *La genèse instrumentale comme une combinaison de deux processus d'après Trouche (2007)*

Pour Rabardel (1995) l'instrumentalisation comporte deux niveaux : local et durable. Au niveau local, l'instrumentalisation est liée à une action particulière et aux conditions de son déroulement. Dans ce cas, l'artefact est donc instrumentalisé pendant un moment seulement et perd ensuite cette propriété. Alors qu'au niveau durable la fonction acquise est conservée d'une manière permanente comme une propriété de l'artefact en lien avec une classe d'actions, d'objets de l'activité et de situations. Dans ces deux cas, il n'existe pas de transformation matérielle de l'artefact lui-même. Il s'est uniquement enrichi de propriétés nouvelles, acquises momentanément ou durablement. Béguin et Rabardel (2000) montrent qu'il y a un troisième niveau dans les processus d'instrumentalisation. Les fonctions acquises peuvent être inscrites dans l'artefact lui-même par une modification de son fonctionnement et de sa structure. L'artefact est donc matériellement modifié.

Trouche (2007), indique que les processus d'instrumentalisation passent par quelques phases essentielles. « *…un stade de* ***découverte*** *et de* ***sélection*** *des fonctionnalités jugées pertinentes, un stade de* ***personnalisation*** *(l'usager met l'artefact à sa main), un stade de* ***transformation*** *de l'outil, parfois dans des directions non prévues par le concepteur : modification de la barre de menus, stockage de programmes de jeux, exécution automatique de certaines tâches* » (Trouche, 2007, p. 25). Celui-ci souligne que pour analyser les processus d'instrumentation, il est tout à fait primordial d'étudier tout d'abord les *contraintes* et les *potentialités* d'un artefact relativement à un certain type de tâches. Enfin, il démontre

que dans les artefacts informatiques les contraintes et potentialités sont liées à la transposition informatique[23].

L'usage régulier de l'artefact permet de développer l'expérience de l'utilisateur par la réalisation de certaines tâches ou certaines activités ainsi que la découverte et l'approfondissement de sa connaissance des caractéristiques de cet artefact. La relation répétée entre le sujet et l'artefact permet de développer son expertise. Dans ce contexte Rabardel indique que « *la découverte progressive des propriétés intrinsèques de l'artefact par les sujets s'accompagne de l'accommodation de leurs schèmes, mais aussi de changements de signification de l'instrument résultant de l'association de l'artefact à de nouveaux schèmes* » (Rabardel, 1995, p. 143).

Béguin et Rabardel (2000) affirment que les deux composantes duales de la genèse instrumentale sont le fait du sujet. Mais ce qui distingue ces deux processus, c'est l'orientation de l'activité. Dans le processus d'instrumentation, l'activité du sujet est en développement, tandis que dans le processus d'instrumentalisation, c'est l'artefact qui évolue. Les deux processus contribuent donc de manière solidaire, et souvent dialectique, à l'émergence et à l'évolution des instruments, même si, selon les situations, l'un d'eux peut être plus développé, dominant, voire seul mis en œuvre. Pour ceux-ci l'instrumentalisation peut être regardée comme un processus d'enrichissement des propriétés de l'artefact. Ce processus prend appui sur des caractéristiques et propriétés spécifiques de l'artefact, et leur donne un statut en fonction de l'action en cours dans la situation. Dans ce contexte, Rabardel indique que ces propriétés peuvent toutefois se conserver au-delà de l'action en cours. Elles peuvent avoir aussi le statut de fonction acquise. « *Au-delà de l'action en cours, ces propriétés intrinsèques peuvent conserver le statut de fonction acquise. Elles constituent alors, pour le sujet, une caractéristique, une propriété permanente de l'artefact, ou plus exactement de la composante artefact de l'instrument. La fonction acquise est une propriété extrinsèque, attribuée par le sujet pour que l'artefact puisse être constitutif d'un instrument* » (Rabardel, 1995, p. 141). L'auteur présente les caractères des processus d'instrumentation en montrant les éléments constitutifs de cette dimension de la genèse instrumentale. La genèse des schèmes, l'assimilation de nouveaux artefacts aux schèmes, l'accommodation des schèmes, sont pour lui tout à fait constitutifs des processus d'instrumentation.

---

23 La transposition informatique est définie par (Balacheff, 1994) comme suit « *un travail sur la connaissance qui en permet une représentation symbolique et la mise en œuvre de cette représentation par un dispositif informatique, qu'il s'agit ensuite de ''montrer'' la connaissance ou de la ''manipuler''* » (Balacheff, 1994, p. 14).

Malgré la distinction fonctionnelle entre les processus d'instrumentalisation et les processus d'instrumentation, il y a une relation vitale qui lie ces deux processus. « *L'instrumentalisation et l'instrumentation sont corrélatives : elles renvoient l'une à l'autre, même si elles ne sont ni nécessairement simultanées, ni nécessairement de même ampleur dans chaque cas* » (Rabardel, 2005, p. 258).

Rabardel affirme que dans le processus de genèse instrumentale, il n'y a pas de distinction temporelle entre conception et usage d'artefact comme c'est le cas dans un schéma classique. Les utilisateurs, en tant qu'acteurs du processus instrumental, sont également acteurs du mouvement d'ensemble de la conception. Pour Rabardel, le processus de conception ne s'arrête pas au seuil de l'usage, mais il continue pendant celui-ci, sous forme de genèses instrumentales. L'auteur souligne que les genèses instrumentales se situent dans un processus d'ensemble où les fonctions constituantes et les fonctions constituées se joignent dans des filiations réciproques les unes par rapport aux autres (voir figure 8). Les processus d'instrumentation participent eux aussi au processus global de conception en s'inscrivant dans un cycle : modes opératoires prévus par les concepteurs, schèmes d'utilisation élaborés par les utilisateurs, nouveaux modes opératoires prévus par les concepteurs à partir des schèmes d'utilisation. Les processus d'instrumentalisation, quant à eux, s'inscrivent dans un cycle parallèle au précédent : fonctions constituantes de l'artefact (définies par les concepteurs), fonctions constituées (par les utilisateurs), inscription de ces fonctions constituées dans une nouvelle génération d'artefacts par les concepteurs (voir figure 8).

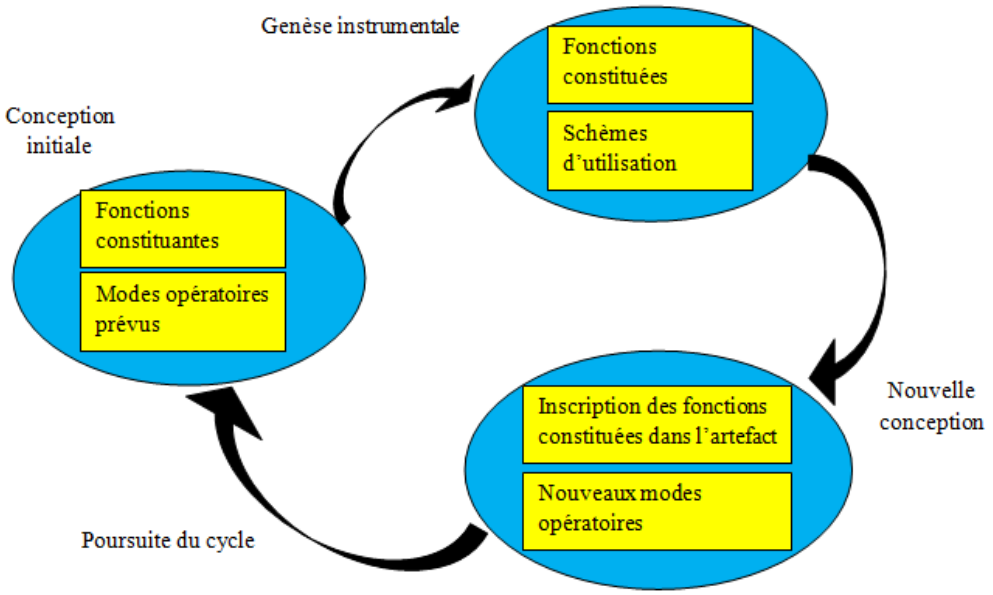


FIGURE 8 – *Inscription des processus de genèse instrumentale dans le cycle d'ensemble de la conception d'un artefact d'après Rabardel (1995)*

1.5.2. Autour des activités instrumentées : types et modalités

L'approche instrumentale de Rabardel s'inscrit dans la théorie de l'activité en mettant l'accent sur la place des instruments, notamment cognitifs, dans l'activité du sujet. La médiation de l'activité par les artefacts est un fait central de la théorie de Rabardel, transformant les rapports du sujet au monde et conditionnant leur développement (Train, 2013).

1.5.2.1. Types d'activités : productives et constructives

Rabardel distingue entre deux types d'activités : l'activité productive (l'objet) et l'activité constructive (les pratiques). L'activité productive se concentre sur l'exécution de tâches et sur l'acomplissement de projets, alors que l'activité constructive se focalise sur la construction de ressources. Celles-ci sont des instruments, des compétences, des schèmes et des conceptualisations, des savoirs, des savoir-faire, etc. (Flocher et Rabardel, 2004). Le sujet dans l'activié constructive produit les conditions et les moyens de l'activité à venir (Rabardel et Samurçay, 2003 ; cité par Ollagnier-Beldame, 2006).

Ces deux types d'activités se différencient par leur horizon temporel et par leur objectif. L'activité productive s'inscrit dans un horizon temporel court alors que l'activité constructive se situe dans la durée. L'activité productive est « *orientée vers l'atteinte des buts en situation ainsi que la configuration des situations* » (Rabardel, 2005, p. 254). Tandis que l'activité constructive est *« orientée vers l'accroissement, le maintien, la reconfiguration des ressources du sujet pour l'activité productive à venir* » (Rabardel, 2005, p. 254).

Par ailleurs, le sujet de ces activités est variable (physique, cognitif, social…) selon les besoins et les attentes des individus. Dans l'approche de Rabardel le sujet en lui même n'est plus comme un point de passage, actif ou non, entre des situations sociales, mais il est comme un facteur d'unification entre ces deux contextes cognitifs. « *Le sujet* […] *n'est pas seulement une entité physique, cognitive ou sociale interagissant avec un dispositif technique, une instrumentation, une situation etc. C'est un sujet inscrit dans des rapports historiques, culturels et fonctionnels aux objets, ressources et conditions de son activité, aux autres sujets et à lui-même* » (Rabardel, 2005, p. 253).

Les deux types d'orientation de l'activité amènent à distinguer également deux unités d'analyse différentes. Dans l'activité productive, c'est l'activité médiatisée qui est retenue parce qu'elle sauvegarde les propriétés caractéristiques des individus, des outils et des contextes. Cette unité permet de parer à deux sortes de réductionnisme : « *l'oubli de la mise en forme de l'action par les outils culturels ; l'oubli de l'activité de l'individu au profit d'un*

déterminisme mécanique par les outils » (Flocher et Rabardel, 2004, p. 254). Alors que dans l'activité constructive, c'est l'appropriation des outils et des usages, et le développement des instruments et des individus qui sont retenus (Ollagnier-Beldame, 2006).

1.5.2.2. Modalités d'activités instrumentées

Le modèle de situation d'activités instrumentées (S.A.I.)

Ce modèle représente la diversité et l'enchevêtrement des relations et des interactions entre les différentes entités dans une situation d'activité instrumentée. Le modèle SAI (voir figure 9) repose sur trois pôles comme le souligne Rabardel (1995) : le sujet (utilisateur, opérateur, travailleur, agent…), l'instrument (l'outil, l'instrument, la machine, le produit…) et l'objet (matière, objet de l'activité…).

Dans ce modèle, le sujet et l'objet interagissent de façon directe ou/et indirecte (médiatisée). Ces interactions n'ont pas le même niveau de fréquence ou de présence lors de la réalisation d'une activité. « *Au-delà des interactions directes sujet-objet (S-Od), de multiple autres interactions doivent être considérées : les interactions entre le sujet et l'instrument (S-I), les interactions entre l'instrument et l'objet sur lequel il permet d'agir (I-O), et enfin les interactions sujet-objet médiatisées par l'instrument (S-Om). De plus cet ensemble est plongé dans un environnement constitué par l'ensemble des conditions dont le sujet doit tenir compte dans son activité finalisée. Chacun des pôles et chacune des interactions* […] *sont eux-mêmes susceptibles d'être en interaction avec l'environnement ainsi défini* » (Rabardel, 1995, pp. 65-66). Le modèle SAI constitue, comme le souligne Rabardel, un outil primordial pour analyser une tâche et une activité médiatisée.

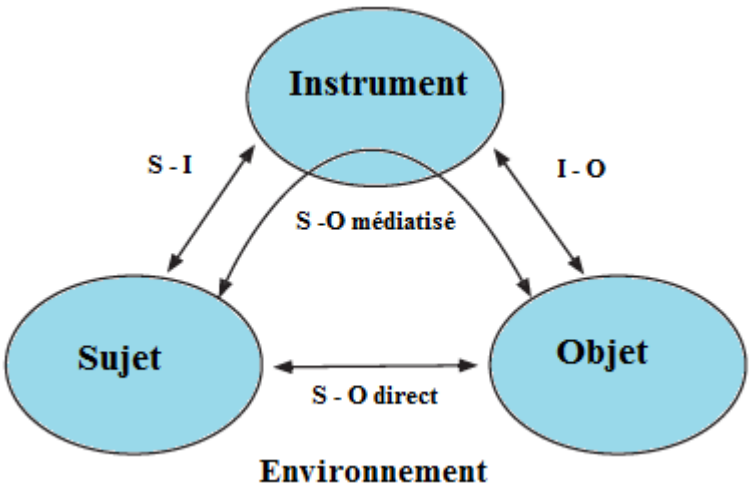


FIGURE 9 – *Modèle SAI : la triade caractéristique des situations d'activités instrumentées d'après Rabardel (1995)*

Le modèle de situation d'activités collectives instrumentées (S.A.C.I.)

Pour répondre aux besoins liés à la mise à disposition des dispositifs consacrés au travail collectif, Rabardel a développé le modèle SAI en ajoutant un quatrième élément à ce modèle. Un nouveau modèle apparaît désormais : le modèle S.A.C.I. Dans ce modèle, des nouvelles interactions du sujet avec sa communauté apparaissent (voir figure 10).

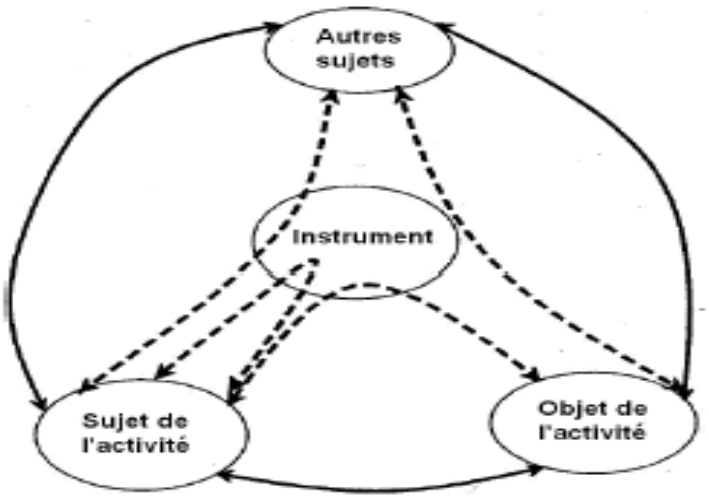


FIGURE 10 – *Modèle SACI des situations d'activités collectives instrumentées*[24] *d'après Flocher et Rabardel (2004)*

Rabardel (1995) souligne que, dans le modèle SACI, la médiation par les instruments prend trois orientations essentielles : vers l'objet de l'activité, vers les autres sujets, et vers soi-même. Par ailleurs, l'auteur précise que les rapports entre les acteurs au sein de l'activité instrumentée mettent en jeu trois modes fondamentaux de médiation : la médiation principale, les médiations interpersonnelles et les médiations réflexives.

La médiation principale montre que l'activité est orientée vers un objet. Flocher et Rabardel (2004) distinguent deux catégories : les médiations épistémiques et les médiations pragmatiques. Les médiations épistémiques ont pour objectif essentiel de prendre connaissance de l'objet de l'activité, tandis que les médiations pragmatiques concernent pricipalement l'action sur l'objet de l'activité. Dans la médiation épistémique, l'instrument est un moyen qui permet d'avoir la connaissance de l'objet, alors que dans la médiation pragmatique l'instrument est un moyen d'une action transformatrice dirigée vers l'objet (Rabardel, 1995).

24 Les flèches pointillées représentent les trois orientations de la médiation par les instruments. Tandis que les flèches pleines représentent les relations non médiatisées.

En ce qui concerne les médiations interpersonnelles, elles concernent l'ensemble des dimensions socialement inscrites dans les activités. L'objectif de ce type de médiation est de reconnaître les autres et d'agir avec eux. « *Le sujet est également en rapport avec d'autres sujets, notamment lorsque l'activité est réalisée en collectivité, il convient donc de prendre en compte des médiations interpersonnelles, inter-sujets, qui peuvent prendre le caractère spécifique de médiation collaborative lorsqu'il s'agit de travail collectif* » (Rabardel, 2005, p. 255). Ces médiations peuvent être épistémiques ou pragmatiques. Elles peuvent également prendre d'autres formes selon la nature de l'activité : médiation collaborative, médiation intersubjective, médiation sociale, etc.

Les médiations réflexives concernent le sujet dans son rapport avec lui-même. Il s'agit de se connaître, de se gérer, de se transformer soi-même.

1.5.3. Exploitation de l'approche instrumentale dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques

L'introduction, l'utilisation et l'intégration d'outils technologiques dans le domaine des mathématiques constituent un processus en constante évolution. De nouveaux outils apparaissent continuellement (calculatrices de bureau, calculatrices scientifiques, calculatrices graphiques, calculatrices symboliques, ordinateurs, ordinateurs portables, logiciels, TNI/TBI, etc.) et sont mis à la disposition des enseignants et de leurs élèves. Ces outils apparaissent en effet comme une opportunité exceptionnelle de renouveler et d'optimiser l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques dans tous les niveaux scolaires de l'école primaire à l'Université (Guin et Trouche, 2002). L'objectif de l'intégration d'outils technologiques dans le domaine des mathématiques devrait soutenir et renforcer la qualité de l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Dès l'intégration des TICE en mathématiques, la question s'est posée sur la nécessité de suivre un cadre conceptuel pour étudier la relation entre le sujet et les mathématiques à travers l'outil technologique mis à la disposition du sujet. Les chercheurs ont poursuivi plusieurs approches théoriques pour décrire la meilleure façon d'exploiter les TICE en mathématiques. Parmi les approches répandues dans ce domaine on trouve l'approche instrumentale. Celle-ci a ouvert des nouveaux horizons dans l'exploitation des outils technologiques dans les différents domaines scientifiques particulièrement en mathématiques.

Plusieurs recherches en didactique des mathématiques ont employé l'approche instrumentale dans le domaine des mathématiques. Citons ci-après de façon non exhaustive des travaux sur l'usage de l'approche instrumentale dans l'apprentissage des mathématiques

dans un environnement informatisé. Trouche (Guin et Trouche, 2002) a conduit une recherche sur l'approche instrumentale de l'apprentissage des mathématiques dans des environnements de calculatrices symboliques. L'auteur a montré l'utilité de l'approche instrumentale pour comprendre l'impact des outils technologiques sur l'activité mathématique et sur la construction des connaissances chez les élèves. Falcade (2006), dans sa thèse, s'est focalisée sur l'approche instrumentale pour analyser le rôle de trois outils du logiciel Cabri-Géomètre en terme d'instrument de médiation sémiotique dans le cas de l'enseignement-apprentissage de notions mathématiques particulières, les notions de fonctions et graphes de fonctions. Haspekian (2005), s'est appuyée sur l'approche instrumentale de Rabardel pour analyser l'utilisation du tableur pour l'enseignement et l'apprentissage de l'algèbre et pour cerner les potentiels offerts par le tableur dans ce domaine. Train (2013) s'est aussi intéressé dans sa recherche doctorale à l'utilisation de l'approche instrumentale pour analyser l'usage du TNI/TBI par les professeurs de mathématiques. L'auteur a eu comme objectif d'étudier les pratiques enseignantes médiées par le TNI/TBI.

1.5.3.1. Genèses instrumentales des enseignants

Comme tout nouvel outil technologique, le TNI/TBI passe par un processus de genèse instrumentale avant de recevoir le statut d'instrument. Ce processus a une double orientation : vers le sujet, c'est l'instrumentation, et vers l'artefact, c'est l'instrumentalisation (Rabardel, 1995). Le processus de genèse instrumentale est propre à chaque enseignant afin que celui-ci se l'approprie. Ce processus est variable d'un enseignant à l'autre selon plusieurs facteurs. Les savoirs, les savoir-faire et les expériences dans l'exploitation du TNI/TBI sont en tête de ces facteurs. L'appropriation du TNI/TBI permet évidement à l'enseignant de tirer profit de potentiels cognitifs de cet artefact mis à sa disposition. « *La machine doit certes aider l'homme à accomplir une tâche mais celui-ci doit "subir" un apprentissage pour bénéficier de cette aide* » (Rabardel, 1995, p. 55). L'appropriation des outils technologiques, comme le souligne Jouët (2000), se réduit aux significations subjectives et sociales que revêt l'usage pour l'individu, à des modes d'emploi particuliers de l'interface avec la machine. Elle peut aussi recouvrer la mise en œuvre d'une réelle autonomie dans la construction des usages. La construction de l'appropriation, du point de vue de Jouët (2000) met donc en jeu des processus d'acquisition de savoirs (découverte de la logique et des fonctionnalités de l'objet), de savoir-faire (apprentissage des codes et du mode opératoire de la machine), et d'habiletés pratiques.

Les compétences des enseignants dans l'utilisation pédagogique du TNI/TBI jouent donc le rôle d'optimiser l'apprentissage des fractions chez les élèves ou de rendre cet apprentissage déplaisant pour ceux-ci. Autrement dit le décalage entre ce que l'enseignant est capable de faire sur le TNI/TBI et ce qu'il doit faire réellement sur cet outil a un impact pour rendre l'apprentissage plus ou moins ennuyeux pour les élèves. L'enseignant qui ne maitrise que les fonctions de bases du TNI/TBI pour l'animation des cours sur les fractions démotivera, au fil du temps, les élèves à l'usage du TNI/TBI. L'enseignant, de son côté, perdra progressivement son enthousiasme vers cet outil.

L'utilisation du TNI/TBI dans les cours sur les fractions nécessite de la part de l'enseignant d'adapter cet instrument numérique à l'enseignement des fractions (instrumentation du TNI/TBI) et de modifier sa manière habituelle d'enseigner les fractions (instrumentalisation du TNI/TBI). Face à cette situation, l'enseignant développe des attitudes méthodologiques liées à l'enseignement des fractions avec le TNI/TBI. L'enseignant transforme progressivement ses méthodes d'apprentissage en règles d'apprentissage et se trouve dans une situation d'instrumentation (Raby et Baillé, 1997 ; cité par Magnat, 2013). L'enseignant doit développer aussi ses schèmes d'utilisation pour enrichir les potentiels pédagogiques du TNI/TBI dans le but de tirer profit de cet artefact dans l'enseignement-apprentissage des fractions. Dans ce cas, l'enseignant se trouve dans une situation d'instrumentalisation. Celui-ci doit aussi se focaliser plus précisément sur l'usage continu du TNI/TBI dans les situations d'enseignement sur les fractions afin que ce dernier soit instrumentalisé d'une manière permanente. Il est possible qu'un enseignant puisse commencer par le niveau local d'instrumentalisation du TNI/TBI mais ce type d'usage ne devrait pas durer longtemps. Il ne devrait pas être la seule méthode d'exploitation du TNI/TBI dans les pratiques pédagogiques.

Au cours de la genèse instrumentale du TNI/TBI, l'enseignant peut prolonger les fonctions constituantes produites par les concepteurs du TNI/TBI. Il introduit donc des fonctions nouvelles momentanément ou durablement de ce dispositif (fonctions constituées). Celles-ci permettent principalement l'établissement des rapports d'adéquation entre l'instrument et la situation. Les fonctions constituées dans certains cas anticipent les fonctions constituantes futures. C'est le cas où les utilisateurs sont amenés à produire des artefacts nouveaux, ou lorsque les concepteurs institutionnels s'inspirent des fonctions constituées créées par les utilisateurs pour les implémenter et en faire des fonctions constituantes d'une nouvelle génération d'artefact. Dans ce cas, l'usage du TNI/TBI s'inscrit « *dans un double*

déterminisme : celui de l'offre technique d'une part et celui des pratiques professionnelles en cours d'autre part » (Train, 2013, p. 38).

La construction des genèses instrumentales des enseignants liées au TNI/TBI en mathématiques est influencée en effet par une série de conditions matérielles ainsi que cognitives. Ces deux conditions se complètent et ne sont pas alternatives. L'articulation entre ces deux séries de conditions « optimalise » les genèses instrumentales des enseignants en mathématiques.

Les conditions matérielles du TNI/TBI sont les logiciels l'accompagnant et les différents périphériques. Après l'acquisition du TNI/TBI, l'enseignant doit penser à utiliser les logiciels et les périphériques. En géométrie l'enseignant peut utiliser certains logiciels comme *Instrumenpoche*, *Géogébra*, *Gabri*. Pour les fractions il peut utiliser *PHET interactive stimulation*[25]. Les logiciels jouent un rôle pour aider les élèves à comprendre et à conceptualiser les différentes notions mathématiques. Ils aident aussi l'enseignant à transmettre les contenus.

Les conditions cognitives, quant à elles, regroupent les savoirs et les compétences de l'enseignant qui utilise le TNI/TBI. L'enseignant doit être bien formé pour utiliser le TNI/TBI et ses périphériques dans tous les domaines scolaires. En particulier pour les mathématiques, l'enseignant doit être capable d'exploiter les potentiels du TNI/TBI dans le calcul, la géométrie, les nombres, les fractions, les grandeurs et les mesures, etc.

Se pose alors la question de la formation des enseignants à l'utilisation du TNI/TBI. La formation initiale doit permettre aux enseignants de se familiariser avec les potentiels pédagogiques du TNI/TBI et les logiciels qui l'accompagnent. Les enseignants ont besoin de temps en temps de suivre une formation continue sur les différentes nouvelles modalités et stratégies d'exploitation du TNI/TBI. La formation doit aussi recouvrir l'utilisation du TNI/TBI dans toutes les matières scolaires parce que l'usage du TNI/TBI varie d'une matière à l'autre. Autrement dit, la formation ne doit pas rester cantonnée dans le cadre général de l'usage du TNI/TBI mais elle doit plutôt prendre en compte la particularité de chaque domaine scolaire. La formation ne doit pas enfin se concentrer exclusivement sur l'aspect technique du TNI/TBI mais elle doit aussi mettre l'accent sur **l'aspect pédagogique** qui en est la pierre angulaire.

1.5.3.2. Genèses instrumentales des élèves

---

25 C'est logiciel gratuit développé par l'Université du Colorado aux Etats-Unis. Il est téléchargeable via le lien suivant : https://phet.colorado.edu/fr/search?q=fractions, consulté le 18/03/2015.

Dans les cours sur les fractions instrumentés par le TNI/TBI, il y a deux utilisateurs qui manipulent le TNI/TBI de façon plus ou moins équitablement : l'enseignant et les élèves. Dans notre recherche le TNI/TBI est vu à la fois comme un instrument d'enseignement des fractions pour l'enseignant et comme un instrument d'apprentissage pour les élèves. L'enseignant transmet à ses élèves le contenu des cours sur les fractions. Les élèves reçoivent ce contenu à l'aide de cet instrument. Le TNI/TBI est donc un objet à la fois d'instrument d'apprentissage pour les élèves et d'instrument d'enseignement pour l'enseignant.

L'appropriation des instruments par les élèves est analysée par les deux composantes duales de la genèse instrumentale : l'instrumentation et l'instrumentalisation. L'intérêt porté à l'instrumentation des artefacts par les élèves amène à une meilleure prise en compte des processus de transformations des objets d'enseignement dans un système informatique et de ses effets potentiels sur l'apprentissage des élèves. Le processus d'instrumentalisation souligne la nécessité d'étudier la contribution des élèves à la construction des instruments et d'inscrire cette construction dans l'usage (Train, 2013).

L'appropriation des instruments par l'enseignant influence plus ou moins la construction des genèses instrumentales des élèves. Lors de la construction des genèses instrumentales de l'enseignant, les élèves observent les différentes modalités et stratégies suivies par l'enseignant pour l'exploitation du TNI/TBI. Au fil du temps, les élèves seront capables de distinguer entre les différents schèmes d'utilisation du TNI/TBI et de choisir les plus pertinents. Ces derniers aident les élèves au fur et à mesure de la construction de leurs propres genèses instrumentales. Les élèves peuvent donc se familiariser et s'approprier le TNI/TBI grâce aux réelles expériences vécues dans la classe avec leur enseignant. À cet égard, l'enseignent a pour rôle de gérer les genèses instrumentales des élèves et d'accompagner ces derniers dans toutes les procédures d'appropriation. L'enseignant assure en effet la gestion de la situation didactique instrumentée du TNI/TBI. Il assure également les modes d'exploitation des artefacts des élèves.

L'influence des genèses instrumentales des enseignants sur celles des élèves a amené les théoriciens à mettre en lumière le rôle primordial de l'enseignant dans leurs constructions. Ce rôle joué par l'enseignant dans la transformation des artefacts des élèves en instruments conduit évidemment les chercheurs à se poser la question sur la complexité de la construction et de la conduite des instruments des élèves pour les utiliser. La complexité vient du fait que la construction des genèses instrumentales des élèves est un acte à la fois individuel et collectif. Pour comprendre et organiser cette relation mutuelle entre l'enseignant et les élèves, Trouche (2003, p. 39) a proposé le terme *d'orchestration instrumentale*. Selon lui,

l'orchestration instrumentale prend en considération la nécessité de guider les élèves dans les genèses instrumentales et dans l'évolution et l'équilibre de leurs systèmes d'instruments. L'orchestration est donc définie par des agencements, des artefacts de l'environnement, correspondant à chaque phase d'une situation, leurs modes d'exploitation et leurs articulations. La notion d'orchestration instrumentale couvre la partie du scénario d'exploitation didactique destinée à la conduite des instruments. Elle prend en compte les modes d'exploitation des artefacts (par les différents acteurs) disponibles dans l'environnement. Le scénario d'exploitation didactique assemble les modes de gestion de la situation didactique elle-même et les modes de gestions des artefacts (Trouche, 2003). Pour celui-ci le scénario d'exploitation didactique organise la mise en scène de situations didactiques dans un environnement donné. Le scénario d'exploitation didactique assure donc la coordination et l'intégration entre ces deux modes de gestion.

La transformation du TNI/TBI en instrument pour l'utilisation des travaux mathématiques est influencée par les actions de l'élève qui manipule le TNI/TBI. L'élève manipulant le TNI/TBI joue un rôle dans la construction des genèses instrumentales des élèves. L'élève pilotant le TNI/TBI est vu par ses homologues comme un référent, un guide, un auxiliaire, voire un médiateur. L'orchestration dans cet aspect favorise une gestion collective d'une partie des processus d'instrumentalisation et d'instrumentation (Trouche, 2003). Les manipulations faites par le pilote[26] est vu par tous les élèves. Cela lui permet bien sûr de produire sa contribution à la mise en œuvre des instruments de la classe entière. De même ceci donne des informations à l'enseignant sur ses schèmes d'action instrumentée en construction. L'enseignant peut guider, par sa tablette interactive sans fil ou directement sur le TNI/TBI, le pilote de celui-ci et en conséquence guider tous les élèves de la classe. L'échange, entre l'enseignant et le pilote du TNI/TBI et entre celui-ci et ses camarades dans la classe, permet d'étayer la dimension sociale des schèmes d'action instrumentée. C'est-à-dire renforcer la socialisation des genèses instrumentales des élèves. Ces actions permettent de prendre en charge collectivement une part de la genèse instrumentale pour assister à la constitution des systèmes d'instruments (Trouche, 2003).

Le modèle SACI (Rabardel, 1995) nous permet en effet d'examiner et de comprendre cette relation complexe entre ces différentes entités lors de la transformation des artefacts des élèves en instruments pour l'apprentissage des mathématiques. Ce modèle nous ouvre des

26 Dans le texte, on utilise ce terme pour désigner l'élève manipulant le TNI. Ce mot n'est pas utilisé pour l'enseignant.

perspectives pour étudier le rôle de l'enseignant ainsi que des élèves dans les situations mathématiques instrumentées. Ces situations nécessitent avant tout de bien organiser et planifier les activités instrumentées avec le TNI/TBI afin d'atteindre les buts attendus. Une comparaison entre la définition de Rabardel du terme « instrument » et les définitions classiques de cette notion, nous montre que les définitions du terme d'instrument ne permettent guère de saisir ce qu'est réellement l'instrument du point de vue de l'utilisateur et de son activité. La plupart de ces définitions se constituent du point de vue technocentrique et généralement elles ignorent le rôle de l'homme lui-même comme sujet actif et efficace (Rabardel, 2000).

Le système d'instruments des élèves résulte donc d'un processus à la fois individuel et social. Ce système d'instruments est social par nature à cause des connaissances intégrées dans les artefacts et des relations que tout individu entretient avec l'institution de travail dans laquelle il s'inscrit. Il est aussi social par intérêt, à cause de la productivité acquise par le partage et l'échange interpersonnel (Trouche, 2003).

En conclusion, nous pouvons dire que la compréhension des genèses instrumentales des élèves dans l'apprentissage des mathématiques dans un environnement instrumenté du TNI/TBI nécessite de saisir l'articulation entre les schèmes sociaux et les schèmes individuels (Trouche, 2003).

1.5.4. L'instrument n'est pas neutre

Au vu des rôles et des fonctions attribués par les instruments, Rabardel (1995) a conclu que les instruments ne sont pas conceptuellement neutres dans l'activité. Peraya (1999) souligne que le dispositif et l'artefact technologique contribuent à la configuration du message, à son sens et à sa signification. Ces conclusions nous amènent bien entendu à penser toujours à orienter les instruments vers les objectifs visés de leur utilisation dans les champs didactiques et pédagogiques. Dans notre situation, l'objectif est l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction en utilisant le TNI/TBI. Comment pouvons-nous donc profiter des potentiels pédagogiques du TNI/TBI pour favoriser l'apprentissage des fractions chez les élèves de l'école primaire ? Comment pouvons-nous exploiter le TNI/TBI pour aider les élèves à conceptualiser et à comprendre ce concept abstrait ? L'utilisation du TNI/TBI pour atteindre ces objectifs a, bien sûr, un effet sur la construction des savoirs mathématiques chez les élèves, sur le développement de leurs compétences et sur leurs conceptualisations des fractions. Ce n'est pas uniquement le concepteur du TNI/TBI mais aussi les schèmes d'utilisation de cet outil qui ont un rôle sur l'apprentissage des élèves.

1.6. Objectif de la mise en œuvre de l'approche instrumentale dans notre recherche

L'atout principal de l'approche instrumentale par rapport aux autres approches théoriques est une approche pluridimensionnelle (affective, socio-culturelle, cognitive). Elle prend en compte les différents acteurs des processus d'enseignement et d'apprentissage. Elle prend aussi en considération le rôle de chaque acteur et la relation vitale entre ces acteurs pour atteindre le but visé. Nous pouvons signaler que les approches technologiques se centrent fondamentalement sur les systèmes techniques. Elles ne se réfèrent pas, ou peu, à l'activité de l'utilisateur de l'instrument et parfois elles ignorent complètement l'utilisateur. Au contraire, dans l'approche de Rabardel, nous voyons bien que l'accent est mis sur l'utilisateur autant que sur l'instrument, sans oublier, bien sûr, l'objet de l'enseignement. Nous pouvons donc dire que l'approche instrumentale permet de réaliser un équilibre entre les entités engagées dans la situation d'enseignement-apprentissage.

Comme notre recherche s'intéresse aux effets cognitifs de l'usage du TNI/TBI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions, nous trouvons alors que l'approche instrumentale est particulièrement adaptée pour atteindre l'objectif de cette étude. Elle nous permet de « *comprendre la nature et l'ampleur des transformations des tâches et des activités dans l'usage des artefacts et* […] *de saisir les modalités du développement des individus au travers des processus d'appropriation (développement de ressources pour l'action, développement des compétences* » (Flocher et Rabardel, 2004, p. 245).

Baser ainsi notre travail sur l'approche instrumentale de Rabardel nous permet d'analyser attentivement les rôles de l'élève et de l'enseignant pendant la réalisation d'une tâche mathématique (genèses instrumentales des élèves et des enseignants). L'approche instrumentale nous conduit à comprendre la place et le rôle du TNI/TBI pour exécuter les tâches lors de l'enseignement-apprentissage des fractions. Cette approche nous permet également de nous focaliser également sur l'objet (mathématiques) vers lequel est dirigée l'action des élèves à l'aide de l'instrument (TNI). Puisque le TNI est utilisé à la fois par l'enseignant et les élèves, l'approche de Rabardel nous ouvre des horizons pour étudier les relations complexes entre les différentes entités du modèle SACI. L'approche instrumentale nous permet de comprendre et d'analyser les activités individuelles et collectives pratiquées lors de l'enseignement-apprentissage des fractions.

1.7. Conclusion du chapitre

Nous avons vu que l'approche instrumentale se focalise sur l'individu sans oublier le rôle principal des technologies sur l'activité de celui-ci. Cette approche repose sur trois concepts fondamentaux : la distinction entre l'artefact et l'instrument, les schèmes sociaux d'utilisation et la genèse instrumentale avec sa double orientation. Vers le sujet, c'est l'instrumentation, vers l'artefact, c'est l'instrumentalisation. L'artefact du point de vue de Rabardel est une partie de l'instrument qui devient au fur et à mesure un instrument. Celui-ci peut servir l'individu à réaliser son activité. Les activités instrumentées par le TNI/TBI peuvent être, soit individuelles, soit collectives. Dans le modèle collectif, les schèmes individuels et les schèmes sociaux sont associés pour atteindre l'objectif commun à l'ensemble du groupe. L'appropriation du TNI/TBI permet à l'enseignant d'augmenter les effets de potentialités cognitives de cet instrument. Pour une meilleure exploitation du TNI/TBI en mathématiques, l'enseignant est invité à développer ses schèmes d'usage afin qu'il puisse parfaire les caractéristique cognitives du TNI/TBI. L'appropriation du TNI/TBI par l'enseignant a un effet sur la construction des genèses instrumentales des élèves. Ceux-ci observent les différents schèmes employés par l'enseignant pour l'exploitation du TNI/TBI. Ils peuvent progressivement identifier les différents schèmes d'utilisation du TNI/TBI et sélectionner les plus adéquats.

2. Autour de la théorie de l'activité

Ce chapitre est formé de neuf sous-chapitres : un sommaire historique du développement de cette approche théorique (§ 2.1.) en mettant l'accent sur les contributions des grands fondateurs dans ce domaine, la présentation de l'utilité du cadre de la théorie de l'activité en sciences de l'éducation (§ 2.2.), l'exposé de trois grandes générations de la théorie de l'activité (§ 2.3.) permettant d'apporter plus de précisions sur les principes théoriques de chaque génération, la présentation des niveaux hiérarchiques de l'activité selon Léontiev (§ 2.4.) permettant de comprendre l'analyse d'une activité. Nous décrivons ensuite la théorie de l'activité selon Engeström (§ 2.5.), l'application de ce modèle théorique à notre recherche (§ 2.6.) et les objectifs de notre recours à ce modèle pour analyser les activités effectuées en utilisant le TNI (§ 2.7.). Les deux derniers sous-chapitres se focalisent sur la mise en œuvre de la théorie de l'activité de l'enseignement-apprentissage des mathématiques en utilisant des outils technologiques (§ 2.8.) et enfin nous présentons une articulation entre la théorie de l'activité et l'approche instrumentale (§ 2.9.).

2.1. Quelques aspects historiques de la théorie de l'activité

La théorie de l'activité est issue de la psychologie sociale qui démontre que les connaissances se construisent et se développent par des interactions sociales entre les individus vivants au sein de la société. De même elle suggère aussi que la dimension sociale est au cœur de l'activité humaine.

La théorie de l'activité a été initiée par les psychopédagogues russes du XXème siècle notamment Lev Vygotsky et son collègue Alexis Léontiev. Puis elle a été développée en 1987 par Yrjö Engeström.

Vygotsky a conceptualisé, dans les années 1930, la notion de médiation. Dans son article « *La méthode instrumentale en psychologie* » Vygotsky a élaboré le premier aspect théorique s'intéressant à l'activité médiatisée par les outils ou les signes. Pour lui la médiation est le fait central de la psychologie. Il considère que l'usage des moyens artificiels transforme les fonctions psychologiques. Pour Vygotsky, la relation du sujet avec l'objet sur lequel porte l'action n'est pas directe : il y a un médiateur, un moyen, autrement dit un instrument (voir figure 12, p. 110). Vygotsky estime que les artefacts culturels jouent un rôle très important en « médiant » le sujet avec l'objet. Ces artefacts visent « *à obtenir tel ou tel changement dans l'objet même* » (Vygotsky, 1930, p. 43). La théorie de l'activité de Vygotsky se concentre donc sur la médiation par l'outil/instrument/artefact.

Léontiev, de son côté, a poursuivi les travaux de Vygotsky et il a joué un rôle important dans le développement de la théorie de l'activité. Il s'est concentré sur le concept de médiation en se focalisant sur l'aspect collectif de l'activité (Leontiev, 1981). Léontiev dans son ouvrage intitulé « *Activité, conscience, personnalité* », publié en 1975, indique que « *l'usage de moyens artificiels, le passage à une activité médiée, changent fondamentalement toutes les opérations psychologiques tout comme l'usage d'outils sans limites change l'étendue des activités dans lesquelles les nouvelles fonctions psychologiques peuvent opérer* » (Léontiev, 1975). Pour Léontiev, l'activité est un processus qui se réalise dans la vie réelle des individus, au sein du monde qui les entoure. C'est un être social dans toute la variété et la richesse de ses formes (Léontiev, 1975). En d'autres termes, l'activité du point de vue de Léontiev est une structure composée d'un sujet et d'un objet. Le lien entre ces deux éléments, comme le soutenait Vygotsky, n'est pas direct, il se fait par une médiation. Léontiev dans son approche se concentre essentiellement donc sur les activités collectives basées sur les actions individuelles séparées.

Engeström (1987), quant à lui, a publié, en 1987, son ouvrage s'inscrivant dans le cadre du développement de la théorie de l'activité. Dans cet ouvrage, Engeström s'est inspiré

de l'approche historico-culturelle des psychopédagogues soviétiques de l'école de Vygotsky. Engeström se concentre sur les activités collectives médiatisées par l'instrument pour atteindre un objectif. Il prend également en compte les diverses relations et les nombreuses interactions menées entre les acteurs dans une situation d'apprentissage. Engeström a introduit le concept de « *communauté* » qui représente l'ensemble des sujets qui partagent le même objet et le même motif. De même il a introduit d'autres termes comme « *les règles et la division du travail* » qui organisent à la fois la relation entre les sujets eux-mêmes et entre ces derniers et l'objet.

En somme, les travaux de Vygotsky, Léontiev et Engeström se complètent. Chacun a ajouté une véritable dimension à la théorie de l'activité. En outre, nous pouvons dire que si Vygotsky est le fondateur de la théorie de l'activité, Engeström est celui qui a donné son importance et son ampleur au sens collectif de cette théorie.

2.2. Pertinence du cadre de la théorie de l'activité en sciences de l'éducation

La théorie de l'activité occupe actuellement une place importante dans l'environnement de l'enseignement et de l'apprentissage particulièrement après l'introduction et l'utilisation des outils technologiques. L'usage des outils technologiques en éducation a mis en lumière le besoin d'étudier l'interaction homme-machine (IHM). De plus, cet usage -qui peut être collectif- des outils technologiques nécessite une collaboration, une coopération et une interaction sociale entre les différents acteurs pour accomplir telle ou telle tâche. Dans ce contexte Poyet (2014) souligne qu'aujourd'hui la théorie de l'activité est « *largement exposée et exploitée par les travaux sur les interactions homme-machine, permet une meilleure compréhension de ces interactions et offre un cadre théorique pertinent pour la conception et l'analyse des systèmes informatisés en s'attachant à la finalité, aux contraintes et aux spécificités de l'activité humaine* » (Poyet, 2014, p. 41).

Dans le domaine des sciences humaines il y a toujours une dichotomie entre l'individu et le social. Comment peut-on alors combiner l'aspect individuel avec celui du social afin d'étudier les différentes méthodes humaines ? La solution offerte par la théorie de l'activité est d'introduire un concept intermédiaire, un contexte minimal pour étudier les actions individuelles qui sera pris en compte comme unité d'analyse : le concept d'activité. La théorie de l'activité nous offre donc un ensemble de perspectives pour l'analyse de l'activité humaine ainsi qu'un ensemble de concepts pour la décrire (Bourguin, 2000).

L'individu et le contexte de l'activité occupent donc une place centrale dans la théorie de l'activité. Cette dernière définit le sujet (enseignant ou élève par exemple) par rapport à

son activité avec l'objet et avec les autres sujets dans l'environnement. Pour comprendre les relations entre les différentes entités, la théorie de l'activité prend en compte l'aspect social et matériel (artefact) lors de l'exécution d'une activité. En outre, la théorie de l'activité accorde une importance capitale à l'internalisation des artefacts par le sujet au cours de leur utilisation. La théorie de l'activité considère donc l'artefact comme un médium, un moyen intermédiaire ou un dispositif technique. Cette vision est très proche de celle de Pierre Rabardel (1995) qui trouve que l'artefact est un instrument non achevé, un outil, une machine, un objet technique ou un moyen d'action pour le sujet. Pourtant, Rabardel et Léontiev n'ont pas exactement la même vision envers l'artefact. Rabardel considère l'artefact comme un outil et ce n'est pas le cas chez Léontiev. Pour ce dernier, « *l'outil n'est pas seulement un objet de forme particulière, aux propriétés physiques déterminées ; il est aussi un objet social, c'est-à-dire ayant un certain mode d'emploi élaboré socialement au cours de travail collectif, et attaché à lui.* […] *disposer d'un outil ne signifie pas simplement le posséder, mais maitriser le moyen d'action dont il est l'objet matériel de réalisation* » (Leontiev, 1976, pp. 74-75). Donc, la notion d'outil chez Leontiev (1976) et chez Engeström (1987) a presque la même signification que celle d'un instrument chez Rabardel (1995).

2.3. Trois générations de la théorie de l'activité

Dans ses réflexions Engeström estime que la théorie de l'activité a évolué à travers trois générations de chercheurs (Engeström, 2001).

La première génération, centrée sur les travaux de Vygotsky a créé le concept de *médiation*. Vygotski a montré comment les artefacts culturels peuvent « médier » les actions humaines. L'idée de Vygotski sur la médiation des actions humaines par des objets culturels (médiateurs) était une vraie révolution à cette époque parce que la médiation permettait de surmonter la rupture entre l'individu et la société. Selon cette approche, l'individu ne pouvait plus être compris sans ses moyens culturels et la société ne pouvait plus être comprise sans prendre en compte les individus qui produisaient et utilisaient des artefacts. Au cours de cette période, les recherches avaient tendance à se concentrer particulièrement sur l'individu et ses actions individuelles.

La deuxième génération, grâce aux travaux de Léontiev s'est orientée vers *le caractère collectif de l'activité*. Leontiev a expliqué la différence cruciale entre une action individuelle et une activité collective. L'approche de Léontiev a conduit les chercheurs à analyser les interactions entre les individus et la communauté, et, à comprendre la façon dont les objectifs collectifs sont réalisés, par exemple par la division du travail. Les travaux de

Léontiev ont donc permis de prendre en considération l'action individuelle et l'activité collective.

Dans **la troisième génération**, Engeström (2000) souligne que les travaux de la théorie de l'activité doivent être produits pour analyser un système collectif d'activité, médié par les artefacts et orienté vers l'objet *au sein d'un réseau, et en relation avec d'autres systèmes d'activités*. Dans cette optique la théorie de l'activité a besoin de développer des outils conceptuels pour comprendre le dialogue, les divers points de vue et les réseaux d'interaction des systèmes d'activité.

2.4. À propos des niveaux hiérarchiques de l'activité

Léontiev (1981) propose de distinguer trois niveaux hiérarchiques de l'activité : activité, action, opération (voir figure 11) :

- L'activité (le niveau le plus élevé) est en relation étroite avec un objectif conscient, une motivation et peuvent donner lieu à plusieurs actions. L'activité est associée à un motif, menée par la communauté et orientée vers l'objet. Une seule activité peut être réalisée par une chaîne d'actions selon la situation (Kuuti, 1996).
- L'action (le niveau intermédiaire), quant à elle, est subordonnée à des buts spécifiques. Les actions se réalisent par des opérations qui sont des procédures compilées et associées à un but. L'action peut être menée par un individu ou un sous-groupe d'individus. Une seule action peut, d'une part, servir plusieurs activités et, d'autre part, peut être réalisée par une série d'opérations.
- L'opération (le niveau le plus bas) représente les conditions nécessaires d'exécution ou autrement dit les chemins nécessaires pour parvenir aux buts ciblés. Ces opérations compilées donnent lieu à des actions et sont menées par un individu ou par un instrument pour remplir les conditions nécessaires à la réalisation d'une action.

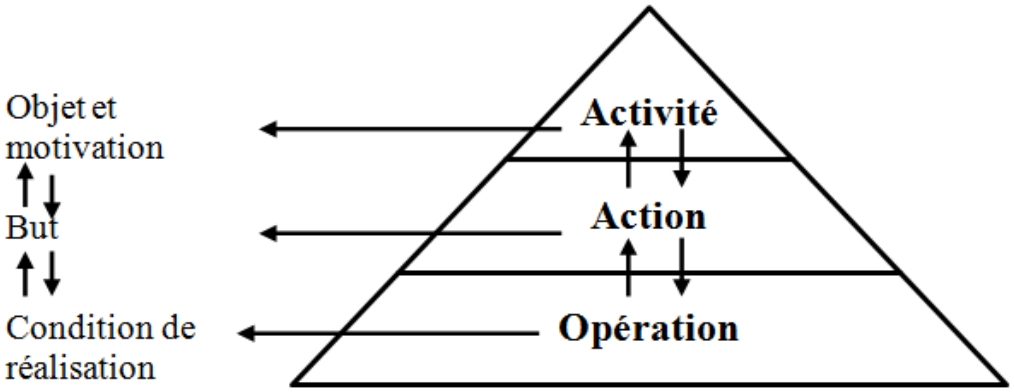


FIGURE 11 – *Niveaux hiérarchiques de l'activité d'après Léontiev (1981)*

Ces trois niveaux d'activité sont dans une relation d'interdépendance (voir figure 11). Chaque niveau est à la fois une condition pour le niveau supérieur et un contexte pour le niveau inférieur. L'échec ou la réussite dans un niveau donné a donc des conséquences sur les deux autres niveaux et peut perturber ou assurer le déroulement de l'activité (Poyet, 2015). Cette relation d'interdépendance entre les trois niveaux d'activité rend dificile la détermination de la limite entre activité, action et opération. De même, quand la limite entre les niveaux d'activités est identifiable, elle peut effectivement changer si le sujet se confronte à une nouvelle situation. Par exemple, si le but d'une action se modifie ou se transforme, l'action change évidement et elle va passer au niveau supérieur (activité), ce qui exige pour le sujet d'analyser cette nouvelle situation. Dans ce contexte Léontiev souligne que « *l'activité est une unité molaire, non additive, de la vie du sujet réel, concret. Dans un sens plus étroit, c'est-à-dire au plan psychologique, c'est une unité de la vie médiatisée par le reflet psychique, la fonction réelle de ce dernier consistant à orienter le sujet dans le monde concret. En d'autres termes, l'activité n'est pas une réaction ni un ensemble de réactions mais un système qui a une structure, ses passages et ses transformations internes, son développement* » (Léontiev, 1975, p. 91).

Kuuti (1996) souligne qu'une activité se décompose en plusieurs actions ou en chaînes d'actions. Une action à son tour se décompose en diverses opérations. L'auteur donne l'exemple suivant pour comprendre cette relation entre les niveaux d'activité. Kuuti (1996) précise que « réaliser une recherche dans un thème» est une activité proposée à l'individu. Pourtant, « faire des recherches bibliographiques », « participer à des conférences », « écrire des articles », sont des actions. Par contre « usage des logiciels » et « sélection des mots convenables » sont des opérations. Pour Kuuti (1996) les activités n'ont pas toujours le caractère individuel. Elles peuvent être réalisées collectivement par une chaîne d'actions ou par un réseau d'actions qui sont liées les unes avec les autres par le même objet et le même motif. Enfin, ces niveaux hiérarchiques de l'activité ne sont pas figés : une action devenue routinière pourra être considérée comme une opération.

2.5. Théorie de l'activité d'Engeström

Dans le cadre de cette recherche, nous nous intéressons à étudier les activités individuelles (du sujet) et collectives (de la communauté) exécutées lors de l'enseignement-apprentissage des mathématiques à l'école primaire dans un environnement d'enseignement-apprentissage équipé d'un TNI. Nous avons retenu un cadre conceptuel développé par Engeström en 1987 pour analyser l'activité réalisée au sein de la classe. Quelles sont donc les

principes de la théorie d'activité d'Engeström ? Comment peut-on l'appliquer à notre recherche ?

2.5.1. Principes théoriques du modèle d'Engeström

Engeström a réfléchi à la théorie de l'activité à partir du modèle classique développé par Vygotski. Ce dernier souligne que la relation entre le sujet et l'objet n'est pas directe mais elle est médiée par un artefact (voir figure 12, partie gauche). Dans ce modèle, le lien associatif du sujet avec son objet se fait à l'aide de l'instrument (Vygotsky, 1930, 1978). L'idée de Vygotski sur la médiation culturelle des actions est généralement exprimée en triade : sujet, objet, artefact médiateur (voir figure 12, partie droite). Donc, deux liens s'instaurent dans ce modèle : sujet-artefact et artefact-objet au lieu du lien direct sujet-objet.

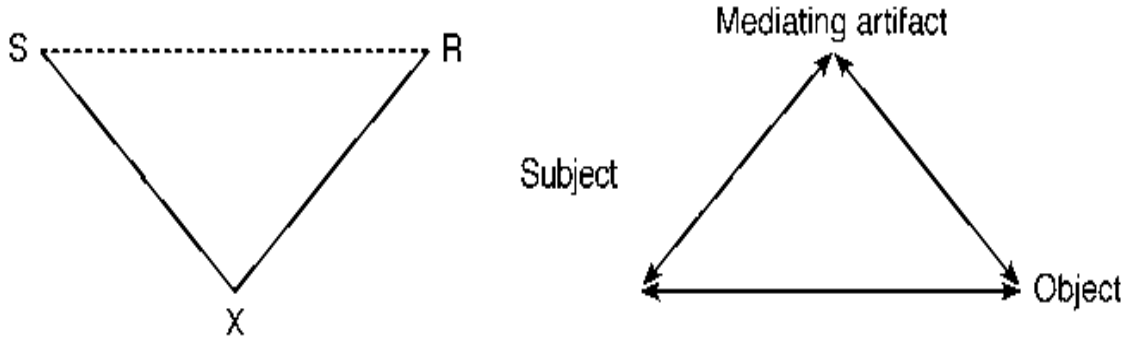


FIGURE 12 – *Structure de l'activité médiatisée selon Vygotski (Engeström, 2001, p. 134)*

Engeström a complété le modèle triangulaire (sujet, outil, objet) de Vygotski en ajoutant l'élément « communauté » et deux médiateurs : les règles et la division du travail (voir figure 13 ci-dessous).

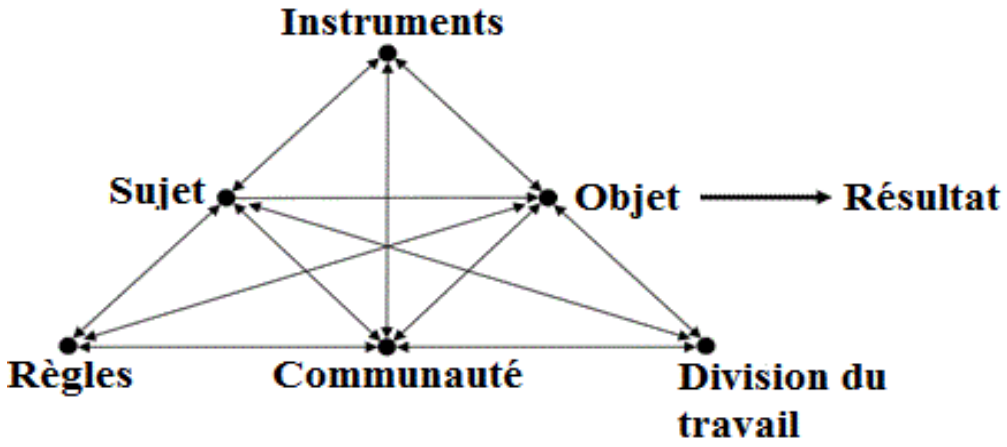


FIGURE 13 – *Modèle d'un système d'activités humaines d'après Engeström (1999)*

La figure 13 représente, de façon systématique, non seulement le lien qui s'établit entre un sujet et un objet lorsqu'ils entrent en interaction, mais aussi l'ensemble des relations

dont dépend cette interaction. Le modèle d'Engeström se compose de quatre triangles essentiels : sujet-outils-objet, sujet-règles-communauté, objet-division du travail-communauté et sujet-objet-communauté. Le sous-triangle supérieur (sujet-outils-objet) peut être considéré comme la « *pointe de l'iceberg* » qui représente les actions individuelles et collectives intégrées dans un système d'activité collective (Engeström, 2001). Alors que le triangle du bas (sujet-communauté-objet) représente un processus reliant l'objet à une communauté de travail qui contribue, avec le sujet, à produire ou à transformer l'objet (Poyet, 2015).

Dans le modèle d'Engeström, il existe des médiateurs qui médiatisent la relation entre les différentes entités dans un système d'activités humaines. La relation entre le sujet et l'objet est médiatisée par l'outil, celle entre la communauté et le sujet est médiatisée par des règles explicites ou implicites. Enfin, la relation entre la communauté et l'objet est elle-même médiatisée par une forme de division du travail. L'ensemble de ces relations constitue un système de relations dynamiques qui s'adapte régulièrement pour garder une certaine stabilité productrice.

Dans l'activité, selon l'approche d'Engeström, le sujet a un objectif, qui aboutit à un résultat. Pour ce faire, le sujet utilise des instruments et agit au sein d'une communauté à la quelle il appartient. Sa relation avec cette communauté est définie par des règles. Pour parvenir au but, il peut être nécessaire de diviser le travail au sein de la communauté. Selon l'approche d'Engeström, l'apprentissage est le résultat d'une activité humaine réalisée dans une communauté et médiatisée par des instruments matériels ou symboliques.

Dans le modèle d'Engeström, comme dans le cas du modèle de Léontiev, l'activité humaine est au cœur de l'analyse. Cette activité regroupe des entités qui incluent à la fois les artefacts (technologiques ou symboliques), la communauté, les sujets qui utilisent ces artefacts et le contexte dans lequel a lieu l'activité. Pourtant ces divers éléments ne peuvent pas être appréhendés indépendamment les uns des autres, parce qu'il y a une relation mutuelle entre ces éléments, chaque élément influençant un autre.

2.5.2. Pôles du modèle de la théorie de l'activité d'Engeström

Engeström (1987) estime que l'activité humaine se manifeste par l'interrelation dynamique et réciproque de différentes entités. Cette activité ne peut pas être comprise par l'analyse statique d'une seule entité (le sujet par exemple). Engeström montre les différentes entités nécessaires pour représenter l'activité humaine dans un modèle (Martel, 2005). Le modèle d'Engeström se compose de six pôles :

- Sujet : cet élément peut être individuel ou collectif. Le chercheur le choisit pour l'analyser : l'enseignant, l'élève ou un sous-groupe d'élèves. Le sujet fait des actions sur son objet étudié, en utilisant des instruments précis, pour avoir le résultat souhaité.
- Objet : matière qui est visée par l'activité. Autrement dit, c'est la tâche à réaliser par le sujet en utilisant des instruments mis à disposition. Dans notre cas, les fractions sont l'objet.
- Outils : outils matériels ou symboliques qui médiatisent l'activité comme le tableau numérique interactif.
- Communauté : ensemble des sujets qui partagent le même objet d'activité et le même motif comme les élèves d'une classe.
- Division du travail : comprend à la fois la répartition horizontale des actions entre les sujets, et la répartition verticale des pouvoirs entre les membres de la communauté. Par exemple, la tâche que chaque sujet doit réaliser entièrement pour accomplir l'activité.
- Règles : font référence aux normes, conventions, habitudes implicites ou/et explicites qui maintiennent et régulent les actions et les interactions à l'intérieur du système comme les règlements appliqués dans une classe.
- Résultat : but à atteindre de l'activité, c'est-à-dire, utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs.

2.5.3. Triades de nœuds : un modèle opératoire du modèle d'Engeström

La théorie de l'activité d'Engeström (1987) nous procure un cadre théorique important pour analyser les activités d'enseignement-apprentissage des fractions réalisées dans les classes observées dans le cadre de notre recherche. Le modèle conceptuel d'Engeström nous permet de regrouper à la fois l'activité de l'individu et celle d'un point de vue collectif. Durant ce processus il y a différents éléments qui influencent cette même activité et qui doivent être pris en compte. Tout au long de notre recherche nous nous focaliserons sur ces caractères individuels et collectifs pour analyser les activités faites au sein de la classe dans un environnement d'apprentissage instrumenté par le TNI.

Le modèle théorique d'Engeström (1987) se compose de plusieurs triades qui constituent le modèle d'activité humaine. L'étude de ces triades est importante parce qu'elle nous permet de comprendre la nature des relations entre les entités de chaque triade et de reconnaitre l'ampleur de l'influence du médiateur sur l'ensemble du travail. Sachant qu'il est difficile « *d'analyser toutes les relations qui influencent les activités d'apprentissage, en*

raison de la multitude des paramètres interdépendants mais il se peut que cette complexité soit réduite en examinant une par une des triades de nœuds » (Lewis, 1998, p. 18).

Dans notre travail, nous décrivons les actions du sujet et celles de la communauté pour l'activité d'enseigner-apprendre les mathématiques. Nous nous focalisons sur les triades qui incluent la notion « sujet » ainsi que « communauté » parce qu'elles sont les plus nécessaires pour comprendre les interactions (enseignant-élève, élève-élève et enseignant/élève-TNI), de coopération et de collaboration lors de l'enseignement-apprentissage des mathématiques en utilisant le TNI. Nous prendrons donc en compte dix triades impliquant le(s) sujet(s) et la communauté. Ces triades sont extraites de la figure 13 ci-dessus.

Il est important de noter que s'agissant de la théorie de l'activité d'Engeström, nous analysons plus particulièrement deux types de relation associative au cœur de ce modèle. La première, est la relation sujet-outil-objet, pierre angulaire du modèle de Vygotsky (1930) et de celui d'Engeström (1987). La deuxième s'intéresse à l'étude de la relation sujet-communauté-objet tout en tenant compte du rôle des différents éléments qui ont un impact sur cette relation.

2.5.3.1. Triade 1 : Sujet-Outil-Objet

Cette triade est identique à celle de Vygotsky. Dans ce modèle, comme le souligne Vygotsky (1930), la relation entre le sujet et l'objet n'est pas directe car elle est médiatisée par un artefact ou un instrument. Le sujet et l'objet interagissent donc à travers une médiation. Par exemple, l'enseignant transmet à ses élèves des contenus mathématiques en utilisant le TNI/TBI. Il essaie, selon ses compétences technico-pédagogiques, d'exploiter tous les potentiels pédagogiques du TNI/TBI afin de bien démontrer et expliquer des notions en mathématiques. Par exemple, le TNI/TBI permet de concrétiser les concepts mathématiques abstraits pour faire comprendre aux élèves. Ces derniers, de leur côté, reçoivent ce contenu via cet outil. Autrement dit, le TNI/TBI est, d'une part, un instrument de transmission du contenu à enseigner et d'autre part, un instrument de perception.

2.5.3.2. Triade 2 : Sujet-Règles-Objet

Dans cette triade les règles médiatisent la relation du sujet avec son objet. Ces règles imposées par l'utilisation du TNI/TBI peuvent être implicites ou explicites. Elles génèrent, selon le contexte et selon les appropriations des usagers, des contraintes supérieures au bénéfice qu'il procure à l'utilisateur du TNI/TBI. Ces règles doivent être compréhensibles pour l'utilisateur du TNI/TBI (disponibilité, accès au TNI/TBI…). L'enseignant qui permet à

ses élèves d'utiliser eux-mêmes le TNI/TBI (règle), doit les entrainer à différentes façons de les manipuler. Sinon cette règle conduira à des contraintes dans le processus de l'usage.

2.5.3.3. Triade 3: Sujet-Division du travail-Objet

Dans cette triade la division du travail est vue comme le médiateur entre le sujet et l'objet. La division du travail peut, selon Poyet (2014), générer des contraintes individuelles à l'utilisateur. L'enseignant peut en utilisant le TNI/TBI répartir les fonctionnalités entre les élèves lors du traitement d'un concept mathématique. Cependant cette division du travail entre les sujets peut générer des contraintes individuelles et en conséquence des contraintes pour l'ensemble de classe.

2.5.3.4. Triade 4 : Sujet-Communauté-Objet

Ce triangle représente un processus reliant l'objet à une communauté du travail qui contribue avec le sujet à produire ou à transformer l'objet (Poyet, 2014). L'élève après l'explication de son enseignant peut reproduire des connaissances en mathématiques. Lors de ce processus l'élève agit avec ses camarades et avec son enseignant ou s'appuie sur ceux-ci.

2.5.3.5. Triade 5 : Communauté-Outil-Objet

Dans cette triade l'outil médiatise la relation entre la communauté et l'objet. Ce triangle représente l'usage collectif d'un outil pour atteindre à un but commun. L'enseignant peut, après avoir expliqué une notion en mathématiques, répartir les élèves en plusieurs groupes. Il donne à chaque groupe un exercice à réaliser sur le TNI/TBI. Les élèves travaillent conjointement au sein du TNI/TBI pour résoudre l'exercice en cours. Dans cette triade le TNI/TBI joue un rôle d'organisateur ou de facilitateur à l'organisation collective du travail de la communauté des élèves.

2.5.3.6. Triade 6 : Communauté-Outil-Sujet

Dans cette triade l'outil médiatise la relation du sujet avec sa communauté dans laquelle il agit et s'appuie. Un élève intervient au TNI/TBI pour répondre à une question donnée. Au moment de cette intervention, cet élève agit avec la communauté des élèves pour justifier sa réponse. De même les élèves dans la classe agissent avec lui pour avoir des explications sur la méthode suivie pour résoudre l'exercice. Le TNI/TBI dans ce cas joue donc un rôle d'organisateur du travail collectif au sein de la classe.

2.5.3.7. Triade 7 : Communauté-Règles-Sujet

Ce triangle représente un processus reliant le sujet à une communauté de travail qui contribue, avec le sujet, à produire ou à transformer l'objet. Ce processus est médiatisé par

des règles. C'est-à-dire, lors du travail en groupe ou collectif (§1.5.4.6.) il y a bien sûr des règles qui organisent l'environnement d'apprentissage. Ces règles peuvent être des normes, des conventions, des habitudes, des procédures administratives ou des relations sociales. En outre, les règles peuvent être vérifiées par l'analyse des rôles qui permet de voir si certaines règles ont été respectées ou non (Simon, Gerard et Thevenin, 2008).

2.5.3.8. Triade 8 : Communauté-Division du travail-Sujet

La division du travail est vue comme l'organisation du travail de la communauté dans l'objectif d'étudier l'objet. Lors du travail coopératif ou collectif, une division du travail est mise en place pour répartir les fonctionnalités entre le sujet et la communauté. Dans un travail collectif l'enseignant explique et démontre aux élèves des concepts mathématiques par l'intermédiaire du TNI/TBI. Puis les élèves sont invités au tableau pour résoudre l'exercice afin de mesurer leur compréhension des concepts abordés en classe. Pour le travail en petit groupe (coopératif) au sein du TNI/TBI, il y a une répartition du travail entre les membres du groupe. C'est-à-dire, lorsqu'un élève est en train de manipuler le TNI/TBI, le reste du groupe complète le travail de l'individu sur le TNI/TBI. Donc, la division du travail est liée à la responsabilité de chacun des élèves par rapport aux autres élèves.

2.5.3.9. Triade 9 : Communauté-Division du travail-Objet

La relation entre la communauté et l'objet est médiatisée par une forme de division du travail. Cette répartition du travail au sein de la communauté peut être nécessaire pour parvenir au but de l'activité. La division du travail nécessite de déterminer le rôle de chaque individu au sein du groupe. Lors du travail en groupe nous pouvons identifier les rôles suivants : un lecteur, un animateur, un scripteur, un leader.

2.5.3.10. Triade 10 : Communauté-Règles-Objet

Dans cette triade la relation entre la communauté et l'objet est gouvernée par une série de règles. Dans ce triangle, comme le souligne Lewis (1998), le problème est de savoir comment les règles permettent à la communauté d'atteindre son objectif commun. Dans ce modèle, il est important que les individus de la communauté, d'une part, reconnaissent l'importance des règles pour atteindre le but commun et d'autre part acceptent ses règles en les appliquant lors de la réalisation de l'activité commune.

2.6. Application de la théorie de l'activité d'Engeström à notre recherche

Dans notre recherche nous étudions plus particulièrement l'activité de l'enseignant et des élèves. Notre recherche se focalise sur l'approche d'Engeström pour étudier les

différentes activités mathématiques réalisées, en utilisant le TNI/TBI, au sein de la classe. Nous ne pouvions pas observer l'activité de tous les élèves dans la classe, pour cela il nous fallait travailler avec un petit groupe qui travaille et apprend ensemble les fractions (objet). Nous distinguons donc ici les activités de la classe entière (macro groupe) de celles du petit groupe (micro groupe). Cette distinction nous a permis d'avoir, d'une part, une image globale des activités (collectives et individuelles) faites en classe, le rôle des individus et de la communauté dans la réalisation de l'activité et d'autre part, cela nous a permis de voir au plus près les différentes activités (coopératives et individuelles) réalisées au sein du groupe. Cela nous a aussi aidé à identifier la place et le rôle de l'individu et de la communauté lors de la réalisation de l'activité. Enfin en observant les élèves cela nous a permis de vérifier le respect des règles qui médiatisent la relation du sujet avec sa communauté. Les élèves dans les deux cas (classes entières ou petits groupes) travaillent et apprennent un objet (les fractions) pour atteindre un objectif qui est la compréhension et la conceptualisation des fractions. Chaque individu (sujet) utilise le TNI (instrument) et agit avec les autres élèves (communauté). En considérant que les petits groupes sont des groupes structurés, il y a alors des règles ou protocoles de communication (Lewis, 1998) qui organisent l'environnement d'apprentissage. De même, une division du travail est mise en place pour identifier le rôle de chaque sujet lors de l'apprentissage (voir figure 14).

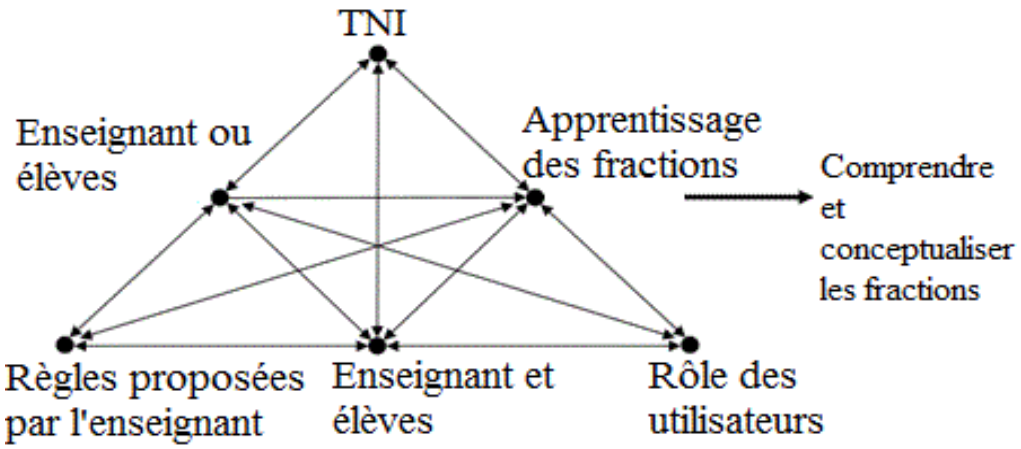


FIGURE 14 – *Application de la théorie de l'activité d'Engeström à notre situation*

2.7. Objectifs de la mise en œuvre de la théorie de l'activité dans notre recherche

L'apprentissage des fractions se fait par des activités complexes réalisées, au sein d'une communauté, à l'aide du TNI. Ce dernier ne médiatise pas seulement la relation des élèves (communauté) avec leur apprentissage des fractions (objet), mais aussi la relation

interpersonnelle entre les sujets. Cet apprentissage se traduit par une production intellectuelle ou cognitive chez les élèves. Lors de l'apprentissage des fractions, les élèves sont mis en situation de « faire » et de « se faire plaisir » plutôt que d'écouter seulement ce que l'enseignant dit sur les fractions. Ils participent, sur le TNI, en répondant à quelques questions ou en résolvant quelques « situations-problèmes » ou encore en manipulant le TNI à partir des consignes de l'enseignant. En outre, ils interagissent avec l'enseignant, avec le TNI et entre eux.

L'usage du TNI/TBI place les élèves dans l'action. C'est par une série d'actions organisées que doivent accomplir les élèves pour parvenir à leur but d'apprentissage (la compréhension et la conceptualisation des fractions). L'apprentissage des fractions s'accomplit en grand groupe ou en petits groupes. Dans les deux cas, l'enseignant est l'encadrant des travaux des élèves. Chaque groupe réalise la tâche donnée dans le temps imparti. Puis il présente sa solution sur le TNI/TBI et il justifie la méthode suivie pour parvenir à ce résultat. Durant cet apprentissage, trois interactions sont identifiées : entre les élèves et le TNI/TBI, entre les élèves et l'enseignant et entre les élèves eux-mêmes.

Il nous semble que la théorie de l'activité est le champ conceptuel optimal qui nous permet, d'une part, d'examiner les différentes activités faites lors de l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI et d'autre part, d'analyser les différentes sortes d'interactions (enseignant-élèves, élèves-élèves, enseignant-TNI, élève-TNI) remarquées lors de l'enseignement-apprentissage des fractions.

2.8. Mise en œuvre de la théorie de l'activité à l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques

Plusieurs approches sont disponibles pour analyser la construction des connaissances mathématiques par les élèves comme l'approche constructiviste fondée sur les travaux de Piaget (1961). Celle-ci se focalise sur la représentation mentale des connaissances par les élèves. Il existe également des analyses basées sur les représentations sémiotiques ou les registres de représentation développées par Duval (1995).

L'introduction, l'utilisation et l'intégration d'outils technologiques, notamment celles qui permettent de travailler et d'apprendre collectivement, en milieu scolaire a invité les pédagogues à développer de nouvelles approches fondées sur la construction sociale des connaissances par l'intermédiaire des instruments mis à disposition. Selon Hitt (2013), en raison du caractère socioculturel de l'apprentissage dans la classe de mathématiques, il y a des

représentations qu'il n'est pas possible d'étudier exclusivement dans le cadre théorique des registres de représentation de Duval.

La théorie de l'activité comme une approche se focalisant sur l'aspect socioculturel médiatisé par un instrument peut être une approche adaptée pour analyser la construction collective des connaissances des élèves dans un environnement instrumenté par un instrument technologique tel que le TNI. Dans l'approche de la théorie de l'activité, la construction et la représentation des connaissances ont tendance à se former par des interactions entre les élèves eux-mêmes et entre ceux-ci et l'enseignant. La médiation est donc la pierre angulaire de la théorie de l'activité d'Engeström.

Nous nous appuyions donc sur l'approche d'Engeström (1987) pour analyser la construction des connaissances de la notion de fraction. Le triangle d'Engeström nous permet d'appliquer la division du travail face à une tâche sur les fractions. Ce travail se fait en individuel, en petits groupes ou en grand groupe. En nous appuyant sur la théorie d'Engeström nous avons aussi pu identifier et analyser le rôle joué par le TNI pour instrumenter les différentes relations en classe. Notre travail est donc lié à l'analyse de ce qui se passe dans la classe pendant le déroulement des séances sur les fractions. Nous nous concentrons plus particulièrement sur l'analyse des processus de résolution de situations-problèmes fractionnaires. Durant cette période de résolution et de construction, on étudie les différentes interactions, les manipulations d'objets sur le TNI et les différentes modalités de travail. Le sujet dans ces activités est, soit un élève, soit un groupe d'élèves, soit l'enseignant ou encore la classe entière avec l'enseignant.

L'enseignant propose une activité sur telle ou telle notion mathématique. Puis, il précise les modalités de déroulement de cette activité. Les modalités du travail sur le TNI/TBI peuvent être individuelles, en petits groupes ou en collectif. Au cours de certaines activités, on peut constater une imbrication entre ces différentes divisions du travail (voir figure 15). L'enseignant met en commun les règles à suivre lors du traitement de cette activité. En recourant à une approche socioculturelle, la coopération et la collaboration entre les élèves sont, en règle générale, les deux principales règles à respecter et à appliquer. Lors du travail en petits groupes, comme le souligne Hitt (2013), ce sont les élèves ayant le plus de pouvoir de conviction qui dirigent le groupe vers telles ou telles méthodes pour résoudre le problème.

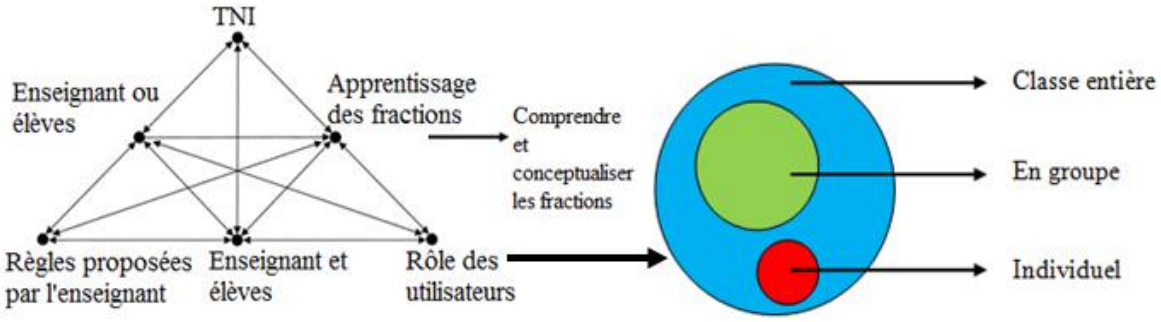


FIGURE 15 – *Application de la théorie de l'activité d'Engeström à notre travail mettant l'accent sur la division du travail*

Pendant le déroulement des activités, la manipulation kinesthésique des fractions sur le TNI/TBI par les élèves est très importante. Les représentations visuelles et kinesthésiques faites sur le TNI/TBI jouent un rôle non seulement dans le déroulement de l'activité mais aussi pour capter l'attention et la concentration des élèves lors de l'enseignement-apprentissage (Alcheghri, 2014). Cette période de représentation et de visualisation permet de valider ou non la méthode suivie par l'élève ou le groupe d'élèves. Les interactions entre les élèves par le TNI/TBI ont comme objectifs d'enrichir et d'améliorer le travail fait par un élève ou un groupe d'élèves. Le processus de validation passe bien évidement par les interactions entre les élèves eux-mêmes et entre ceux-ci et l'enseignant. Cette période de discussion devant toute la classe permet de confronter des idées différentes. Elle donne également aux élèves l'opportunité de préciser leurs idées. Lors des interactions, le rôle de l'enseignant est de gérer et d'orienter les discussions entre les élèves. Il questionne les élèves, demande des arguments, promeut un débat, etc. L'enseignant peut alors, selon les activités, valider une, deux ou trois méthodes. Dans ce cas, il explique à ses élèves la différence entre les méthodes validées. Après la validation du travail d'un élève, l'enseignant passe directement au processus d'institutionnalisation. Dans ce processus l'enseignant va mettre en commun les résultats de cette activité en résumant ce qui a été produit par les élèves. Le rôle du TNI/TBI est essentiel dans toutes les phases du déroulement de l'activité. Il médiatise les relations interpersonnelles entre les différents acteurs de la classe, représente les idées et les propositions des élèves, joue un rôle de médiation sémiotique, etc. Le TNI est donc un objet à la fois d'instrument d'apprentissage pour les élèves et d'instrument d'enseignement pour l'enseignant (Alcheghri, 2015a).

La théorie de l'activité permet de créer une nouvelle approche dans l'enseignement-apprentissage des mathématiques : une approche dans un contexte socioculturel. Dans cette approche, les compétences individuelles de chaque élève sont prises en compte et exploitées

pour l'ensemble des élèves. C'est un paradigme se focalisant sur la construction sociale des connaissances et sur la réussite collective.

2.9. Articulation entre approche instrumentale et théorie de l'activité

2.9.1. Pourquoi nous appuyons-nous sur l'approche instrumentale et la théorie de l'activité dans notre recherche ?

L'objectif de cette recherche est d'identifier et d'analyser l'influence du TNI/TBI dans l'enseignement et l'apprentissage des fractions au cycle III de l'école primaire. Pour atteindre cet objectif nous avons mis l'accent sur trois thématiques du TNI/TBI : 1) l'interactivité technico-pédagogique ; 2) les modalités de travail ; 3) les supports multimodaux (visuels et manipulables). Pour ce faire, nous nous sommes appuyé sur deux champs conceptuels : l'approche instrumentale de Rabardel et la théorie de l'activité d'Engeström. Nous avons croisé ces deux cadres théoriques pour, d'une part, comprendre et analyser finement les rôles joués par le TNI/TBI dans l'enseignement-apprentissage des fractions et d'autre part, parce que ni l'approche instrumentale ni la théorie de l'activité ne peuvent pas à elles seules répondre clairement à nos questions de recherches.

L'approche instrumentale s'inscrit dans la théorie de l'activité tout en ayant des caractéristiques qui lui sont propres. Cette remarque s'applique également à la théorie de l'activité qui a aussi ses spécificités. Le fait d'articuler ces deux cadres conceptuels nous a permis de prendre en considération une grande gamme de variables dans l'environnement instrumenté d'un TNI/TBI et de constater ses effets sur l'enseignement-apprentissage des mathématiques. Le croisement entre l'approche instrumentale de Rabardel et la théorie de l'activité d'Engeström est donc pertinent, ces deux approches théoriques n'étant pas contradictoires mais se complétant.

Avec l'approche instrumentale, nous avons pu étudier et analyser la construction des genèses instrumentales des enseignants ainsi que celles des élèves liées au TNI/TBI dans le domaine des mathématiques. Nous avons eu aussi la possibilité de prendre en compte les schèmes sociaux d'utilisation du TNI/TBI en mathématiques. Comment se constituent-ils, et se développent-ils au fur et à mesure ? En outre, l'approche instrumentale nous a ouvert des perspectives pour analyser l'activité médiatisée par un instrument tel que le TNI. Le modèle SAI (activité individuelle) nous a permis de comprendre les différents liens entre Sujet-TNI-Objet pour étudier l'ensemble des interactions dans une activité instrumentée d'un TNI/TBI. Enfin, le modèle SACI (activité collective), nous a ouvert la possibilité d'étudier les activités

collectives instrumentées. Au-delà des rapports montrés dans le modèle SAI, il y a évidement des interactions interpersonnelles occupant une place importante.

La théorie de l'activité nous a amené à analyser les activités individuelles et collectives réalisées à l'aide du TNI. Les deux médiateurs de cette théorie (règles et division du travail) nous ont donné une image sur le mécanisme d'organisation et de déroulement de l'activité instrumentée d'un TNI. Dans ce modèle conceptuel, les interactions occupent une place primordiale. En outre, la théorie de l'activité d'Engeström donne une place importante à la communauté, cette dernière regroupant tous les individus partageant le même objet et le même motif.

2.10. Conclusion du chapitre

L'aspect principal dans la théorie de l'activité d'Engeström est la médiation. Selon la théorie de l'activité d'Engeström, le sujet a un objectif, qui aboutit à un résultat. Pour atteindre cet objectif, le sujet utilise des instruments (technologiques ou symboliques) et agit au sein de la communauté. La relation entre le sujet et sa communauté est définie par certaines règles explicites ou implicites. La division du travail au sein de la communauté peut être nécessaire pour parvenir au but attendu de l'activité. Selon l'approche d'Engeström, l'apprentissage est le résultat d'une activité humaine réalisée dans une communauté et médiatisée par des instruments. Cette approche permet d'identifier la place et le rôle de l'individu et de la communauté lors de la réalisation de l'activité instrumentée par le TNI. Celui-ci médiatise à la fois la relation entre les élèves et les mathématiques et la relation interpersonnelle entre eux.

3. Enseignement-apprentissage de la notion de fraction

Ce chapitre est divisé en huit sous-chapitres : les raisons pour lesquelles nous avons choisi d'étudier la notion de fraction (§ 3.1.), la présentation des étapes du développement cognitif chez l'enfant selon Piaget (§ 3.2) permettant de situer cognitivement les élèves de notre étude, la présentation de la notion de fraction (§ 3.4.) du point de vue mathématiques, selon les programmes et les manuels scolaires en France, l'usage des fractions dans la vie courante (§ 3.4.). Les deux sous-chapitres suivants se focalisent sur la représentation des fractions (§ 3.5.) et le développement de la notion de fraction chez l'enfant (§ 3.6.). Dans les deux derniers sous-chapitres, nous présentons quelques difficultés (§ 3.7.) et quelques situations-problèmes des élèves dans l'apprentissage des fractions (§ 3.8.).

3.1. Pourquoi avoir choisi l'étude de la notion de fraction ?

Nous avons choisi la notion de fraction entre toutes les notions mathématiques enseignées à l'école primaire pour deux principales raisons. En effet, nos lectures dans les recherches conduites sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques à l'école primaire nous ont montré que cette notion est l'une des notions les plus difficiles. Cette notion ne nécessite pas de maîtriser simplement les opérations de calculs mais aussi de savoir la représenter par des figures. Identifier la relation entre le numérateur et le dénominateur pose aussi des problèmes pour certains enfants à cet âge. La façon de représenter et de visualiser les fractions et les supports utilisés pour aider les élèves à concrétiser les fractions sont les sources principales de l'ambiguïté de la notion de fraction (Carette *et al*., 2009 ; Coquin et Camos, 2006). La deuxième raison de ce choix vient de notre relation avec quelques amis et collègues qui enseignaient à l'école primaire quand nous étions en Syrie. Ils avaient beaucoup de mal à enseigner et faire comprendre cette notion à leurs élèves. Certains d'entre eux pensaient que les fractions sont trop abstraites et que les enfants, à cet âge, ne sont pas prêts à les conceptualiser et à les apprendre.

3.2. Développement cognitif de l'enfant

Il nous apparaît important de mettre en lumière la question du développement cognitif chez l'enfant pour bien situer et comprendre la nature des problèmes cognitifs que les élèves de CM1 et de CM2 rencontrent pour apprendre et conceptualiser les notions mathématiques dont des fractions. Comment la connaissance se construit-elle ? Le psychologue suisse Jean Piaget a consacré une part importante de ses travaux à cette question.

3.2.1. Facteurs de développement cognitif selon Piaget

Piaget (1964) distingue quatre facteurs jouant des rôles très importants dans le développement mental chez l'enfant.

- Le facteur de la maturation nerveuse qui donne de nouvelles possibilités d'action sur l'environnement. La maturation neurologique est un facteur nécessaire dans la genèse du développent mental de l'enfant, mais il n'est pas suffisant. Il n'explique pas tout le mécanisme du développement. C'est donc un facteur parmi d'autres jouant un rôle dans le développement cognitif de l'enfant.
- L'exercice et l'expérience acquis dans l'action effectuée sur les objets que l'environnement offre à l'enfant. Piaget distingue deux types d'expériences : physique et logico-mathématique (Bak, 2006).

- Les interactions et les transmissions sociales : Piaget a donné une importance au rôle des facteurs sociaux dans la construction des comportements et de ces notions chez l'enfant.
- Le facteur d' « équilibration » des structures cognitives. Piaget voit ce terme en tant que processus et pas seulement d'équilibres. Dans sa théorie, Piaget, met l'accent sur « l'équilibration majorante » en tant que corrigeant et complétant les formes précédentes d'équilibres (Piaget, 1975).

3.2.2. Les stades du développement selon Piaget

Piaget (1964) distingue quatre grandes stades du développement cognitif chez l'enfant. Pour chaque stade, Piaget définit des sous-stades. Dans cette sous-section, nous n'entrons pas dans les détails de chaque stade parce que cela ne fait pas partie des objectifs de notre recherche. Par contre nous mettons en lumière les principales caractèrestiques de chaque stade pour situer la position des élèves de CM1 et de CM2 par rapport au développement cognitif de l'enfant.

- Stade « sensori-motrice » (de la naissance à 2 ans) : à ce stade, la pensée de l'enfant est sans langage ni concept. Ses regards sont fixes et suivent les mouvements autour de lui. L'intelligence sensori-motrice est une intelligence essentiellement pratique. Elle se construit en présence de l'objet ou de la personne et elle s'appuie sur la perception et le mouvement.
- Stade pré-opératoire (2 - 7 ans) : l'intelligence pré-opératoire apparaît avec l'apparition des représentations mentales, de la fonction symbolique (sémiotique) et de l'imitation. À ce stade la pensée représentative naît chez l'enfant. Ce stade se caractèrise par le développement de l'apparition du dessin, du jeu symbolique et de l'image mentale (Bak, 2006). L'aspect social, les intérêts et les valeurs commencent à prendre une place chez l'enfant. Dans le stade pré-opératoire, l'enfant n'arrive pas à faire une opération sur le nombre. Il peut mémoriser à court terme la suite des nombres mais il n'a pas acquis la conservation numérique.
- Stade des opérations concrètes (7 - 12 ans) : à ce stade une stabilité s'installe au niveau des concepts permettant la réversibilité mentale chez l'enfant. L'opération faite par l'enfant est une action intériorisée susceptible d'être généralisée et inversée. Dans le stade opératoire concret, l'enfant est en mesure d'acquérir la notion de causalité. Il est également capable de faire des conservations des équivalences quantitatives, des longueurs, des surfaces, des poids et des volumes. L'enfant parvient à ce stade à

acquérir la conservation numérique. Il sait que chaque nombre est à la fois une unité distincte et une unité ordonnée. Chaque nombre est à la fois cardinal (quantité) et ordinal (rang). Pour Piaget (1964), la notion de nombre se développe comme une structure linguistique : chaque nombre a sa place et sa valeur signifiante par rapport aux autres nombres. L'aspect social continue à se développer en donnant de l'importance à la camaraderie et aux jeux avec les autres. Le sentiment de justice morale et d'autonomie commence à apparaître chez l'enfant.

– Stade des opérations formelles (12 - 16 ans) : cette étape du développement se caractérise par la capacité de raisonner sur le plan des relations entre le réel et le possible. Les notions de nombre, de volume, de poids et les structures logiques (classification, équivalecne…) sont acquises par l'enfant. L'enfant, à ce stade, est capable d'exécuter des opérations sur d'autres opérations. La pensée de l'enfant, à ce niveau, suit la méthode hypothético-déductive (Sarrazy, n.d.). L'enfant est capable de raisonner dans l'abstrait sans aucun appui réel sur le concret. Il utilise la réalité concrète, uniquement pour vérifier les synthèses logiques qui ont été faites.

3.3. Les différents aspects des fractions

Plusieurs didacticiens et mathématiciens reconnaissent que l'enseignement et l'apprentissage des fractions est l'une des objectifs les plus importants à l'école primaire. Ils montrent aussi que la notion de fraction pose beaucoup de problèmes autant pour l'enseignant que pour les élèves (Bolon, 1992 ; Carette *et al.*, 2009 ; Coquin et Camos, 2006). L'enseignant est confronté à des problèmes pour faire comprendre cette notion. Les élèves, quant à eux, rencontrent beaucoup de difficultés pour acquérir ce nouveau concept.

3.3.1. Les fractions : point de vue mathématiques…

À quel sens mathématique est attachée la notion de fraction ?

3.3.1.1. Définition des fractions

Le concept de fraction est très ancien et remonte historiquement à l'Egypte antique. À cette époque, les fractions du numérateur 1 (fractions unitaires) étaient largement présentes. Que veut donc dire une fraction ? Linguistiquement, le dictionnaire Robert dans l'édition de 2014 défini le mot fraction venant du mot latin « *fractio* » signifiant « *briser* » et par extension ce mot est devenu « une partie d'une totalité ». Une fraction des élèves est bonne en mathématiques (une partie), le démarrage du TNI a duré une fraction de minute (un fragment). Alors que mathématiquement, le concept de fractions est défini comme suit : « *une fraction se compose de deux entiers séparés par une barre horizontale. Le nombre supérieur*

s'appelle le numérateur. Le nombre inférieur s'appelle dénominateur. Le dénominateur est toujours différent de zéro. Deux fractions $\frac{a}{b}$ *et* $\frac{c}{d}$ *sont équivalentes si ad=bc : elles désignent alors le même rationnel* » (Corrieu, 1999, p. 66). Une fraction est donc l'écriture d'un nombre. Les fractions sont une façon de représenter un nombre entier. Elles permettent de traiter de façon plus satisfaisante des problèmes de partages, de mesures (longueur, masse, aire et volume), de repérages d'un point sur une ligne.

Dans la fraction $\frac{2}{4}$, le nombre 2 représente le nombre de parts choisies de l'unité alors que le nombre 4 représente le nombre total de parts d'une unité donnée. Dans la part ci-dessous (voir figure 16), le numérateur représente les parties coloriées (2 parties) tandis que le dénominateur indique le nombre de parties considérées (4 parties égales). Les parts coloriées de l'unité sont au numérateur, alors qu'au dénominateur correspond le nombre de parts que l'on veut partager (voir figure 16). Au niveau vocabulaire, la fraction $\frac{2}{4}$, se lit « deux quatrième » ou « deux sur quatre ».

Il est important de souligner que le point essentiel pour comprendre et conceptualiser la notion de fraction est de repérer en combien de parts égales est partagée l'unité et en combien de parts sont reportées (voir les conditions de la notion de fraction dans la section focalisée sur les études de Piaget, 1948, §3.6.1.).

FIGURE 16 – *Une part se répartit en 4 parties égales (2 coloriées et 2 non coloriées)*

3.3.1.2. Types de fractions

En mathématiques nous distinguons deux types de fractions : les fractions ordinaires et les fractions décimales. Ces dernières sont des fractions dont le dénominateur est une puissance de 10 : 10, 100, 1000, 10000, etc. Par exemple, $\frac{2}{10}$, $\frac{5}{100}$, $\frac{17}{1000}$, $\frac{215}{10000}$ sont des fractions décimales. Nous pouvons dire que dans la fraction décimale l'unité est divisée en 10, 100, 1000, etc. et que le dénominateur représente l'unité décimale qui a plusieurs ordres de fractionnement de l'unité : dixièmes, centièmes, millièmes, etc. La fraction décimale $\frac{1}{10}$ est une unité décimale du premier ordre, dite « dixièmes ». La fraction $\frac{1}{100}$ est une unité décimale

du deuxième ordre, dite « centièmes ». La fraction $\frac{1}{1000}$ est une unité décimale du troisième ordre, dite « millièmes ».

Les fractions décimales peuvent être écrites sous deux formes mathématiques :

1) Soit sous forme d'un nombre décimal, c'est-à-dire avec une écriture à virgule : 0.29.
2) Soit sous forme d'une fraction ordinaire : $\frac{29}{100}$.

$\frac{29}{100}$ = 29 divisé par 100 = 0.29, donc 0,29 est l'écriture décimale exacte correspondant à $\frac{29}{100}$. De même 0.29 = $\frac{29}{100}$, donc $\frac{29}{100}$ est l'écriture fractionnaire exacte correspondant à 0.29. Donc, $\frac{29}{100}$ est équivalent à 0.29.

Le passage d'une forme d'écriture à l'autre est possible. Pour transformer une fraction décimale en nombre décimal, on écrit le numérateur, à la droite duquel on sépare, par une virgule, autant de chiffres décimaux qu'il y a de zéros au dénominateur. Les fractions décimales suivantes, $\frac{385}{100}$, $\frac{215}{1000}$ $\frac{30}{10000}$ s'écrivent respectivement sous forme de nombres décimaux comme suite 3,85 ; 0,215 ; 0,0030. Au contraire, pour transformer un nombre décimal en fraction décimale, on supprime la virgule décimale, on prend pour numérateur de la fraction le nombre ainsi obtenu, et pour dénominateur l'unité suivie d'autant de zéros qu'il y a de chiffres décimaux dans le nombre décimal donné. Les nombres décimaux suivants, 0,0049 ; 8,90 s'écrivent respectivement sous forme de fractions décimales : $\frac{49}{10000}$, $\frac{890}{100}$.

3.3.1.3. Significations des fractions

La notion de fraction renvoie à des nombres rationnels. Ces derniers, sont les nombres qui peuvent s'exprimer comme le résultat de la division de nombres entiers (b = xa ; x = a÷b, où b est différent de 0) ou comme une classe d'équivalence de couples d'entiers naturels. Les nombres rationnels sont à la fois un quotient et un rapport qui est avant tout de nature multiplicative (le nombre 4/6, par exemple, est issu de l'une ou l'autre des suites d'opérations suivantes : 1×4 divisé par 6 ou 1 divisé par 6×4) (Deshaies, 2006). Les fractions sont donc des nombres rationnels non entiers et sont notés, comme nous avons présenté précédemment, sous la forme mathématique suivante a/b, où a et b sont deux entiers relatifs et b est différent de 0. Il faut que les élèves saisissent donc qu'une fraction ne représente qu'une seule idée même si elle est formée de deux nombres entiers.

Dans la littérature mathématique la notion de fraction a plusieurs sens ou plusieurs significations. Chaque signification nous amène à une interprétation différente. Pour Kieren (1980, 1993) la notion de fraction a cinq significations essentielles : la fraction comme une partie d'un tout, un rapport, une mesure, un quotient, un opérateur. Mercier (2004) souligne que cette expression numérique a neuf significations : partie d'un tout, partie d'un ensemble, nombre, mesure, opérateur, rapport, probabilité, quotient et nombre sur la droite numérique. Grégoire (2008) regroupe les significations des fractions en trois grandes catégories qui correspondent à trois stades d'acquisition allant du plus concret au plus abstrait. Les élèves doivent donc s'approprier ces différents sens afin qu'ils puissent savoir les utiliser dans le contexte correspondant.

Selon Kieren (1980, 1993) la notion de fraction en général est présentée dans cinq cadres : le cadre « partie d'un tout », le cadre « rapport », le cadre « quotient », le cadre « opérateur » et enfin le cadre « mesure ».

S'agissant du cadre « partie d'un tout », les fractions sont utilisées pour interpréter la relation entre un nombre de parties et un ensemble. Dans cette interprétation le numérateur indique combien de parties de l'unité on prend. Alors que le dénominateur désigne le nombre de parties égales d'un tout qui a été divisé (voir figure 17). Nous utilisons ce type d'interprétation pour quantifier la partie d'un tout ou d'un ensemble.

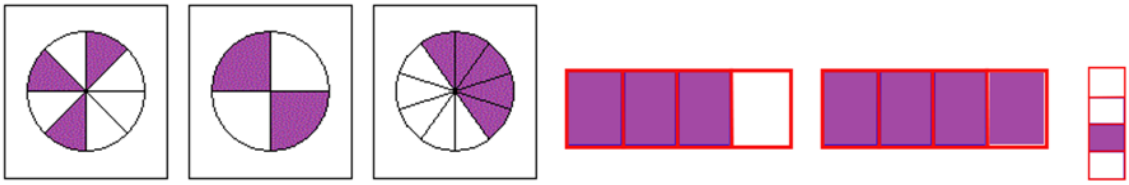


FIGURE 17 – *Le cadre partie d'un tout*

Dans le cadre « rapport », les fractions sont utilisées pour représenter une relation entre deux quantités de même nature l'une avec l'autre. Une école primaire veut organiser une compétition sportive au sein de l'école. 70 filles et 105 garçons se sont inscrits sur la liste des participants. Dans ce cas, nous pouvons dire que le nombre de filles est les deux tiers du nombre de garçons. Par contre, le nombre de garçons est les trois demi du nombre de filles.

Le cadre « quotient » est utilisé pour exprimer le résultat de la division du numérateur par le dénominateur. Le quotient (résultat de la division) de deux nombres entiers s'appelle une fraction. Pour la fraction $\frac{3}{6}$ = 3 divisé par 6 = 0,5. $\frac{3}{6}$ est donc l'écriture fractionnaire correspondant à la division de 3 par 6. La notion de fraction fait donc référence à la division. Prenons comme autre exemple la situation suivante où les fractions sont vues comme un

quotient. Nous avons 5 enfants et 3 pommes. Combien de pommes auront chaque enfant ? Pour résoudre ce problème, on divise 3 par 5 ce qui nous donne trois cinquième de pomme par enfant.

En ce qui concerne le cadre « opérateur », les fractions sont considérées selon cette interprétation comme une transformation. Cette conception se base sur la représentation d'un opérateur de calcul. Dans une école primaire, il y a 70 élèves de CM1 dont $\frac{3}{5}$ des élèves sont des filles. Combien y a-t-il de filles ? Nous cherchons ici $\frac{3}{5}$ de 70, c'est-à-dire $70 \times \frac{3}{5}$. Pour résoudre ce problème nous pouvons calculer de différentes façons :

1. Soit en commençant par la multiplication : $70 \times \frac{3}{5} = \frac{70 \times 3}{5} = 42$ filles
2. Soit en commençant par la division : $70 \times \frac{3}{5}$ = (70 divisé par 5) ×3 = 42 filles

Dans le cadre « mesure », les fractions représentent le résultat d'une mesure. La mesure de la longueur est donnée sous la forme d'une fraction. Selon cette interprétation les fractions expriment, soit la mesure de la longueur d'un segment donné (l'unité de la longueur étant fixée), soit la meure de l'aire d'une surface (l'unité de la superficie étant fixée). Selon ce cadre, une fraction telle que m/n est donc le résultat de l'itération de la fraction unité l/n. La fraction 2/3 est le résultat de l'itération de la fraction unité 1/3. La fraction 2/3 est donc 1/3 + 1/3 ou 2 × 1/3.

Le cadre "mesure" peut constituer une porte d'entrée pertinente pour donner du sens aux fractions supérieures à 1. L'interprétation "mesure" de la fraction permet de se représenter l'addition des fractions. L'addition de 2/6 + 3/6. Cette addition est l'ajout répété de la fraction unité 1/6 à la fraction 3/6 : 3/6, 4/6, 5/6. 3/6 + 2/6 (Deshaies, 2006).

Les fractions ont donc nombreuses significations et plusieurs interprétations sont possibles pour "des situations-problèmes" fractionnaires. Pour Kieren (1980) la compréhension des fractions dépend de la compréhension de chacune de ces significations. Celles-ci ne doivent pas être prises séparément. Blouin (1999) estime que la construction des divers sens des fractions et des relations entre ces sens prend appui sur les connaissances élémentaires mais fondamentales que constituent les schèmes de partition et d'équivalence, ainsi que la notion d'unité.

Dans sa recherche doctorale focalisée sur l'analyse des significations de la notion de fraction dans les manuels scolaires de CM1 et de CM2, Alahmadati (2016) conclut que la signification de la fraction la plus présente, dans les manuels de CM1 est celle de *partie d'un tout*, et dans les manuels de CM2 celle de *nombre*. L'auteur souligne qu'il y a une répartition

inégale des significations de la fraction dans les manuels scolaires analysés[27]. Cela influence l'apprentissage des fractions par les élèves comme le souligne Alahmadati. En analysant les connaissances et les représentations des élèves de CM1 et de CM2 par rapport aux diverses significations de la fraction, l'auteur trouve que la signification de la fraction la plus présente, chez les élèves de CM1 et de CM2, est celle de *partie d'un tout*.

3.3.1.4. Importance des fractions

La notion de fraction est utilisée très fréquemment dans la vie quotidienne. Nous utilisons cette notion mathématique dans plusieurs champs et disciplines de l'enseignement : sciences physiques, chimie, géographie, sciences de la vie et de la terre, etc. En mathématiques, les études sur la notion de fraction montrent combien cet élément est difficile à appréhender (Deshaies, 2006). Cette notion constitue donc une pierre d'achoppement dans le cursus mathématique de l'école primaire (Carette *et al*., 2009). Les fractions ont également un rôle très important sur l'enseignement et l'apprentissage des autres notions mathématiques : échelles, pourcentages, proportionnalités, nombres décimaux, etc.

3.3.2. Comment présente-t-on la notion de fraction dans les programmes scolaires français de 2008 ?

Selon les programmes scolaires de 2008 l'enseignement des fractions commence au cycle 3 de l'école primaire, dès la classe du cours moyen première année (CM1) et en CM2. Nous avons retenu ces deux classes pour réaliser notre étude.

Le programme de mathématiques du cycle 3 précise : « *fractions simples et décimales : écriture, encadrement entre deux nombres entiers consécutifs, écriture comme somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1, somme de deux fractions décimales ou de deux fractions de même dénominateur* » (MEN, 2008, p. 23). Les compétences attendues au palier 2 du socle commun à la fin du CM2 sont donc : savoir écrire, nommer, comparer et utiliser les fractions. L'objectif du programme de CM1 et de CM2 vise à ce que les élèves acquièrent une solide compréhension des fractions "ordinaires" et décimales. Les élèves doivent s'approprier ce nouveau concept avec ses différentes significations.

3.3.2.1. En classe de Cours Moyen première année - CM1

Comme l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction commencent à partir de cette classe, les compétences attendues des élèves constituent la pierre angulaire de

---

27 L'auteur a analysé 10 manuels (5 manuels de CM1 et 5 de CM2) relatifs au programme de 2008 et qui sont parus entre 2008 et 2013. Les manuels étudiés dans les deux classes sont : Outils pour les maths, Euro Maths, Cap maths, J'apprends les maths, La tribu des maths.

l'apprentissage des fractions. Les programmes soulignent les connaissances et les compétences qui doivent être maitrisées par l'élève à la fin de cette classe :

- *Nommer les fractions simples et décimales en utilisant le vocabulaire : demi, tiers, quart, dixième, centième*.
- *Utiliser ces fractions dans des cas simples de partage ou de codage de mesures de grandeurs* (MEN, 2008, p. 38).

Dans cette classe l'élève doit reconnaître et conceptualiser cette nouvelle forme de nombres. Il doit aussi savoir utiliser les fractions dans des situations simples de la vie quotidienne : les domaines de mesures, de grandeurs, de partages, etc.

Les fractions, dans la classe de CM1, sont présentées également dans trois cadres : lexical, reproductif (constructif) et représentatif. Dans le cadre lexical, nous rencontrons les fractions présentées comme ci-après (voir figure 18). Soit une bande (AB) partagée en 6 parts égales.

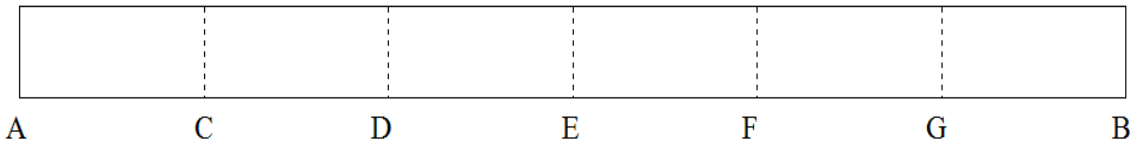


FIGURE 18 – *Une bande partagée en 6 parts égales*

Chaque morceau représente un sixième de la bande AB. Donc 2 morceaux représentent un tiers de la bande AB. 3 morceaux représentent la moitié de la bande AB et 4 morceaux représentent deux tiers ou quatre sixième de la bande AB, etc. Cet exemple et les autres situations similaires aident les élèves à apprendre le vocabulaire nécessaire pour conceptualiser au fur et à mesure la notion de fraction telles que un demi, un quart, un dixième, un centième, un tiers, vingt-cinq vingtième, etc. Ces exercices ou ces situations aident les élèves à apprendre à lire les fractions. L'élève apprend que les fractions $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{4}$ se lisent respectivement un demi, trois demis, un tiers, deux tiers, un quart, deux quarts. L'élève apprend aussi que les autres fractions (à l'exception des fractions de demi, tiers, quart) se lisent en ajoutant le suffixe « ième ». Les fractions $\frac{9}{7}$, $\frac{30}{10}$, $\frac{90}{100}$, $\frac{80}{1000}$ se lisent donc respectivement neuf septième, trente dixième, quatre-vingt-dix centième, quatre-vingt millième. Ce cadre peut aussi représenter d'autres formes où on demande aux élèves d'écrire en lettres et/ou en chiffres les fractions correspondant aux parties coloriées d'un disque ou d'une forme mathématique donnée (carré, cercle, etc.) comme ci-dessous dans la figure 19.

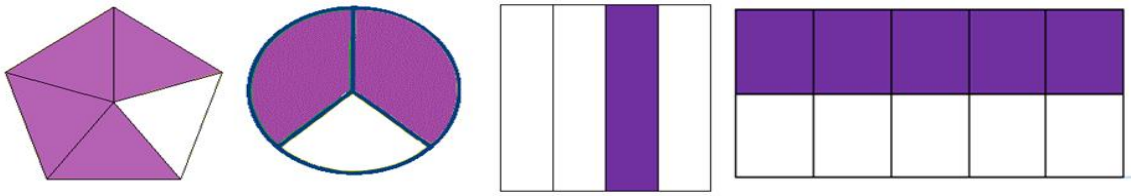


FIGURE 19 – *Un exemple d'exercice pour écrire (en lettres et/ou en chiffres) les fractions correspondant aux parties coloriées*

Dans le cadre reproductif, les élèves rencontrent les fractions dans des situations ressemblant à celles indiquées ci-dessous (voir figure 20) où ils sont invités à colorier la partie correspondante à la fraction donnée. Dans ce dessin les élèves doivent être capables de représenter une fraction donnée de façon imagée en ombrant des parties d'un tout donné. Dans la majorité des cas, ce cadre reproductif est présenté sous forme de coloriage, découpage, pliage, etc.

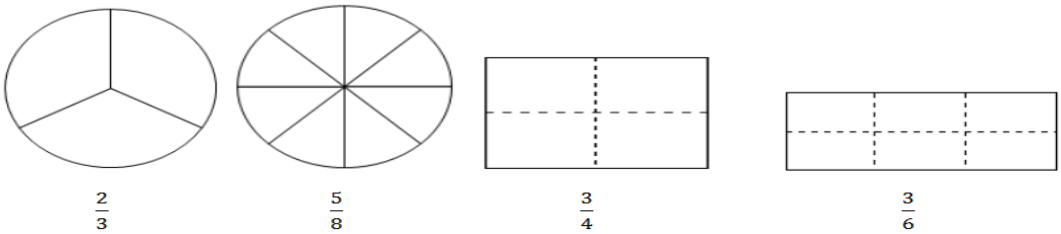


FIGURE 20 – *Un exemple d'exercice pour colorier la partie correspondante à la fraction donnée*

Concernant le cadre représentatif, les élèves étudient les fractions dans des situations-problèmes où ils doivent être capables de les représenter à l'aide de dessins de leurs choix : $\frac{3}{4}$, $\frac{4}{10}$, $\frac{5}{6}$. Ils doivent représenter une fraction donnée à l'aide de matériel concret ou d'objets tirés de la vie quotidienne. Ce cadre permet de repérer si l'élève a bien compris la notion de fraction et de savoir si l'élève rencontre des difficultés éventuelles dans la compréhension de ce concept. Pour réaliser un exercice de ce genre, l'élève doit bien maitriser les deux notions de base de la conceptualisation des fractions : numérateur et dénominateur. Il doit savoir aussi traduire la relation entre ces deux notions sous forme d'un dessin mathématique.

Dans le cadre de l'utilisation des fractions dans des situations simples de partage ou de mesures de grandeurs, on peut rencontrer des situations-problèmes qui ressemblent à celles mentionnées ci-après.

Situation-problème N°1 : soit un segment « AB » de 10 cm de long.

a) Trace un segment [CD] qui mesure $\frac{1}{2}$ du segment AB dessiné ci-dessus.

b) Trace un segment [EF] qui mesure $\frac{1}{5}$ du segment AB dessiné ci-dessus.

c) Trace un segment [GH] qui mesure $\frac{3}{2}$ du segment AB dessiné ci-dessus.

<u>Situation-problème N°2</u> : place les fractions suivantes sur la ligne graduée ci-dessous : $\frac{1}{2}$; $\frac{2}{2}$; $\frac{3}{2}$; $\frac{5}{2}$

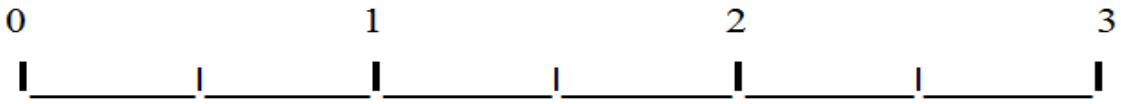


FIGURE 21 – *Exemple d'exercice pour placer des fractions sur une ligne graduée*

Le placement des fractions sur une droite graduée est difficile à comprendre par les élèves du primaire. La première étape consiste, pour résoudre une activité comme celle-ci, est d'identifier combien de graduations de même longueur y a-t-il dans l'unité (figure 22, partie A). Dans notre exemple il y a 2 graduations dans l'unité [01]. La droite est donc graduée en deux parties. La seconde étape est de reporter à partir de 0 autant de parts choisies (le numérateur). Reprenons l'exemple de notre droite graduée pour placer les fractions suivantes : $\frac{1}{2}$; $\frac{2}{2}$; $\frac{3}{2}$; $\frac{5}{2}$. Pour placer la fraction $\frac{1}{2}$, on partage le segment unité [01] en 2 parts égales, et on reporte 1 part à partir de 0. Cela s'applique également pour les autres fractions où les élèves sont invités à les ordonner en les plaçant sur la droite graduée (figure 22, parties B).

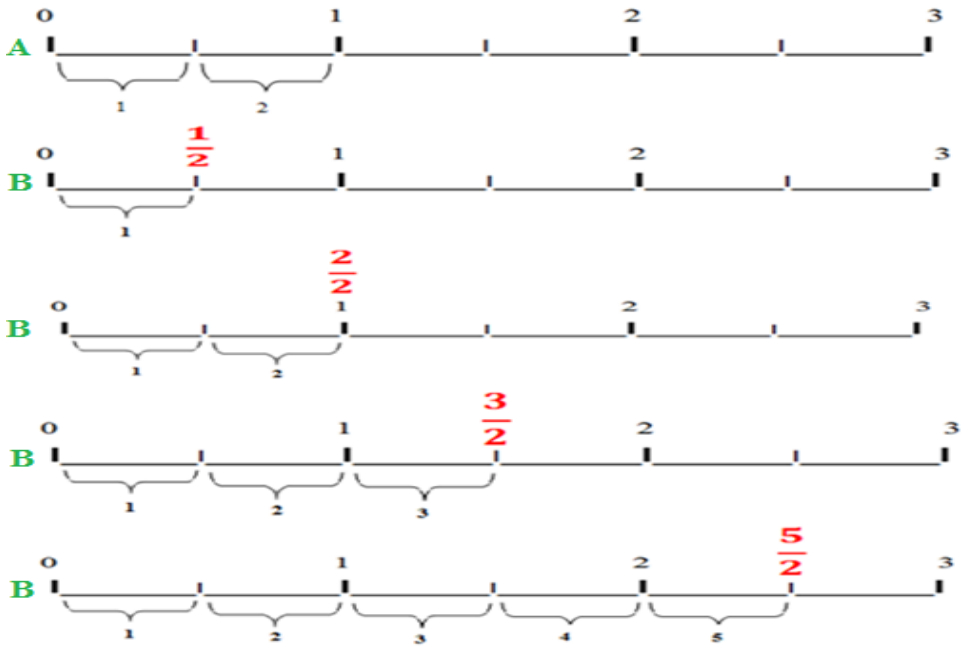


FIGURE 22 – *Placement des fractions sur une ligne graduée*

Le repérage des fractions sur une ligne graduée aide les élèves à identifier les fractions qui sont plus proches de 0, 1, 2, etc., à nommer les fractions situées entre deux entiers et à mieux comprendre la relation entre les fractions et les nombres entiers. Ces activités aident à développer chez les élèves le sens d'une fraction.

3.3.2.2. En classe de Cours Moyen deuxième année - CM2

En CM2, les élèves doivent être capables d'effectuer les opérations fractionnaires suivantes :

- *Encadrer une fraction simple par deux entiers consécutifs* ;
- *Écrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1* ;
- *Ajouter deux fractions décimales ou deux fractions simples de même dénominateur* (MEN, 2008, p. 38).

L'élève doit avoir les connaissances et les compétences suffisantes pour accomplir quelques opérations sur une fraction simple ou décimale.

Les fractions, en CM2, sont présentées donc dans trois cadres principaux. Le premier cadre se focalise sur l'encadrement d'une fraction par deux nombres entiers consécutifs.

Exemple : encadre chaque fraction entre deux nombres entiers consécutifs.

$< \frac{7}{3} <$; $< \frac{4}{5} <$; $< \frac{6}{5} <$; $< \frac{65}{10} <$

Le deuxième cadre se concentre sur l'écriture d'une fraction sous forme de somme d'un nombre entier et d'une fraction inférieure à 1.

Exemple : écris chaque fraction suivante sous la forme d'un nombre entier et d'une fraction inférieure à 1.

$\frac{73}{9} =$ $\frac{23}{10} =$ $\frac{12}{6} =$

Le troisième cadre consiste en l'addition de deux fractions (décimales ou simples) de même dénominateur. Dans ce cadre, nous pouvons rencontrer différents grandeurs : volume, mesure de longueurs, prix, masse, etc.

Exemple : effectue les calculs suivants :

$\frac{1}{2} + \frac{5}{2} = \boxed{}$; $\frac{4}{11} + \frac{15}{11} = \boxed{}$; $\frac{8}{100} + \frac{16}{100} = \boxed{}$; $\frac{16}{1000} + \frac{9}{1000} = \boxed{}$

À l'école primaire, les élèves apprennent donc qu'il y a deux sortes de fractions : les fractions "ordinaires" et les fractions décimales. Ces dernières sont les fractions dont le dénominateur est 10, 100, 1000, 10000, etc. Cela signifie que l'unité est partagée en 10, 100, etc.

Une analyse des situations-problèmes et des diverses activités fractionnaires mentionnées dans le programme des mathématiques du cycle 3 nous permet de placer les fractions dans le domaine des structures multiplicatives et additives comme le souligne Blouin (1999). C'est-à-dire, que le traitement des fractions implique des multiplications, des divisions, des additions. La compréhension et la conceptualisation des fractions nécessitent avant tout de posséder la technique opératoire et les opérations mathématiques de base (addition, division, soustraction, multiplication).

Exemple : écrire la fraction $\frac{58}{8}$ sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieur à 1.

L'élève doit savoir combien il y a de 8 dans 58, et combien il restera. Il faut donc faire la division de 58 par 8 : 58 = 8 × 7 + 2. Donc dans 58 il y a 7 fois 8 et il reste 2 donc $\frac{58}{8} = 7 + \frac{2}{8}$.

La même technique opératoire s'applique à l'encadrement d'une fraction donnée entre deux nombres entiers consécutifs et également à l'addition de deux fractions simples ou décimales de même dénominateur. La résolution d'une situation-problème liée à ces cadres implique alors d'utiliser systématiquement des techniques opératoires. Il y a des chapitres qui sont donc nécessaires et fondamentaux pour l'apprentissage des fractions, et sans maitriser ces domaines les élèves ne peuvent ni comprendre, ni conceptualiser, ni effectuer les opérations nécessaires.

3.3.3. Comment présente-t-on les fractions dans les manuels scolaires français ?

En France, les manuels scolaires s'agissant des mathématiques ou d'autres disciplines sont nombreux. Pour faire une analyse sur la présentation de la notion de fraction, nous avons choisi deux collections de manuels utilisés : un manuel de CM1 et un autre de CM2. Nous avons retenu le manuel scolaire utilisé par l'enseignante de chaque classe observée, Cap Maths. L'objectif de notre analyse est donc de reconnaître la façon dont la notion de fraction est présentée et de recenser les contextes des situations-problèmes liées à leurs présentations.

3.3.3.1. En classe de CM1

Cap Maths (Roland, Combier, Dussuc et Madier, 2010a) commence le traitement de la notion de fraction à la fin de la 2ème période scolaire et plus précisément à partir de la page 63, durant toute la période 3 et au début de la période 4. Puis, le manuel traite les nombres décimaux.

Le manuel ne met pas en lumière les différentes significations ou interprétations de la notion de fraction. Toutefois, il se focalise principalement sur le cadre « partie d'un tout ». Autrement dit, le manuel ne fait pas de distinction entre les différentes interprétations de la notion de fraction mais il met en évidence des situations-problèmes et des exercices touchant principalement les fractions d'un ensemble. Cela ne signifie pas pour autant que les autres significations de la notion de fraction sont totalement absentes. Cap Maths présente donc d'une façon indirecte les différentes interprétations et non toutes les significations de la notion de fraction. Les conclusions d'Alahmadati (2016) s'appuient sur cette remarque. Pour celui-ci, les significations de la fraction les plus présentes dans les activités du manauel de CM1 sont respectivement les suivantes : partie d'un tout (quantité continue), mesure, nombre et nombre sur une droite graduée.

Le traitement de la notion de fraction commence en mettant l'accent sur les fractions basiques (demi, quart, tiers) et ses usages dans les situations de partage. Puis, le manuel passe à l'utilisation des fractions dans d'autres axes pour exprimer la longueur, la durée, etc. Il termine en se centrant sur les fractions décimales et les opérations possibles sur ces fractions. Ce manuel permet à l'élève de reconnaitre, de représenter et d'utiliser les fractions simples et décimales pour exprimer des longueurs, des aires, etc. Il propose également diverses activités et tâches qui couvrent l'objectif de l'apprentissage des fractions en CM1 et qui permettent à l'élève de s'approprier les compétences attendues à la fin de cette classe.

Il met aussi l'accent sur l'aspect du vocabulaire et sur le principe de partage : l'égalité entre les parties fractionnées (voir figure 23). L'exercice dans la figure 23 montre aux élèves que pour fractionner un tout en plusieurs parties, il faut que ces parties soient égales, sinon ce n'est pas un fractionnement. Les élèves sont invités dans un deuxième temps à appliquer cette règle en reproduisant un cercle de rayon précis et en coloriant la fraction demandée.

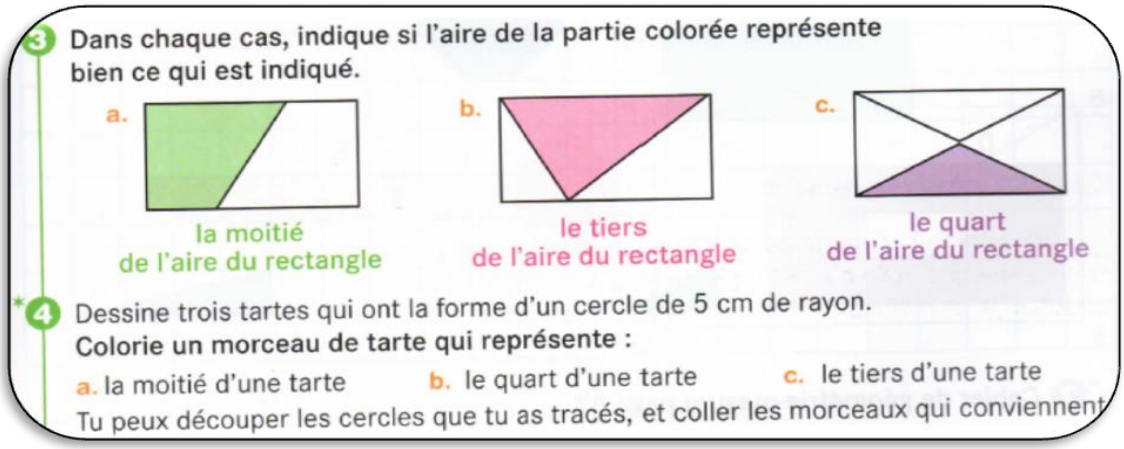


FIGURE 23 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 63*

Cap Maths se focalise ensuite sur les situations de partage et de fractionnement. En se basant sur les fractions principales (demi, tiers, quart) et en proposant diverses situations-problèmes sur l'utilisation des fractions pour exprimer des longueurs, des aires, etc. Pour exprimer la durée, le manuel met l'accent sur « l'heure » afin de formaliser la notion de fraction chez les élèves (voir figure 24). Il montre aux élèves que dans notre vie on utilise les fractions pour apprendre à lire l'heure et les minutes. Cela aide les élèves à comprendre que la fraction est un nombre utilisable dans la vie courante pour exprimer la durée.

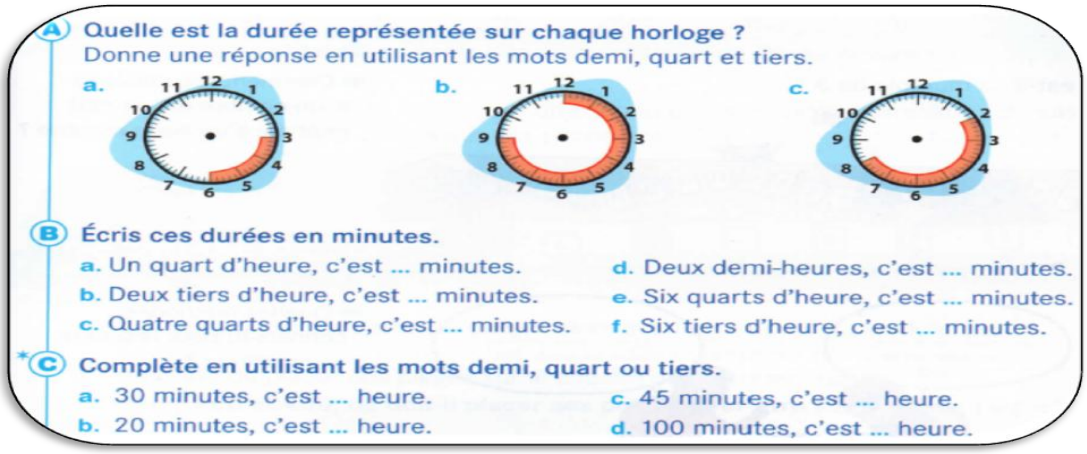

A Quelle est la durée représentée sur chaque horloge ?
Donne une réponse en utilisant les mots demi, quart et tiers.
a. b. c.
B Écris ces durées en minutes.
a. Un quart d'heure, c'est ... minutes.
b. Deux tiers d'heure, c'est ... minutes.
c. Quatre quarts d'heure, c'est ... minutes.
d. Deux demi-heures, c'est ... minutes.
e. Six quarts d'heure, c'est ... minutes.
f. Six tiers d'heure, c'est ... minutes.
*C Complète en utilisant les mots demi, quart ou tiers.
a. 30 minutes, c'est ... heure.
b. 20 minutes, c'est ... heure.
c. 45 minutes, c'est ... heure.
d. 100 minutes, c'est ... heure.

FIGURE 24 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 65*

Cap Maths se concentre également sur l'utilisation des fractions pour exprimer les longueurs. Le manuel montre aux élèves la façon d'utiliser l'unité pour mesurer une longueur donnée. Celle-ci doit être formulée par les élèves sous la forme d'une fraction. Il enseigne ensuite la méthode pour tracer un segment donné sous la forme d'une fraction à partir d'une unité donnée (voir figure 25).

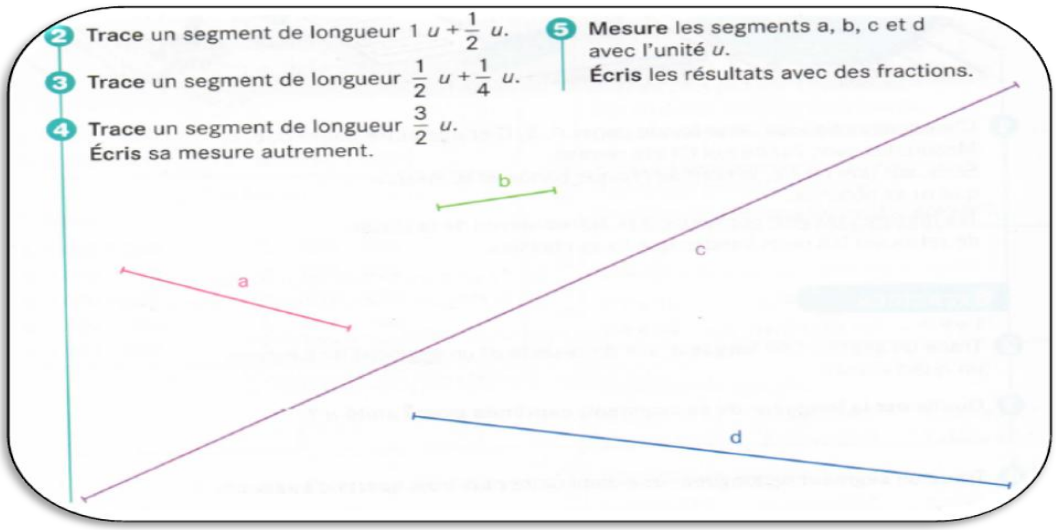
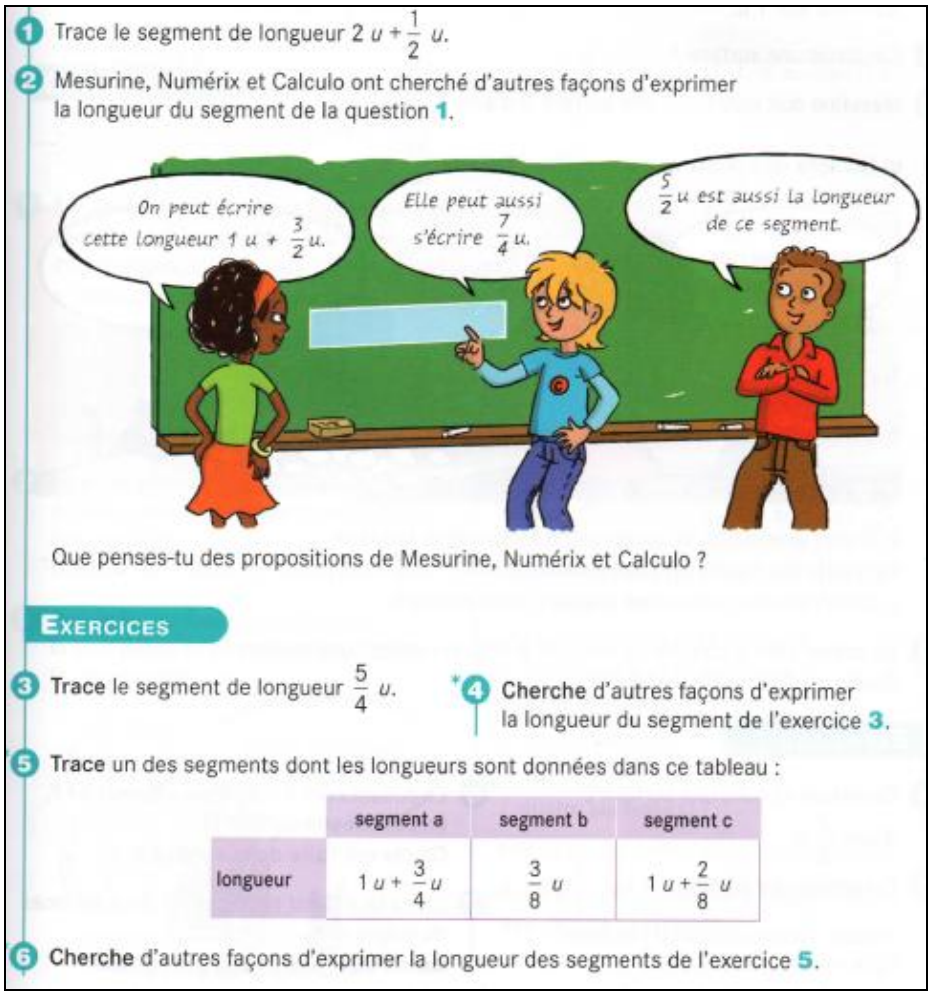

2 Trace un segment de longueur $1\,u + \frac{1}{2}\,u$.
3 Trace un segment de longueur $\frac{1}{2}\,u + \frac{1}{4}\,u$.
4 Trace un segment de longueur $\frac{3}{2}\,u$.
Écris sa mesure autrement.
5 Mesure les segments a, b, c et d avec l'unité u.
Écris les résultats avec des fractions.

FIGURE 25 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 72*

Le manuel montre que la longueur d'un même segment ou la surface d'une aire peuvent être exprimée par plusieurs écritures fractionnaires (voir figure 26). Cela permet aux élèves de comprendre que la même fraction peut s'écrire sous différentes formes. Les élèves acquièrent ainsi la notion d'égalité et de comparaison entre les fractions.



1 Trace le segment de longueur $2\,u + \frac{1}{2}\,u$.

2 Mesurine, Numérix et Calculo ont cherché d'autres façons d'exprimer la longueur du segment de la question 1.

On peut écrire cette longueur $1\,u + \frac{3}{2}\,u$.

Elle peut aussi s'écrire $\frac{7}{4}\,u$.

$\frac{5}{2}\,u$ est aussi la longueur de ce segment.

Que penses-tu des propositions de Mesurine, Numérix et Calculo ?

EXERCICES

3 Trace le segment de longueur $\frac{5}{4}\,u$.

*4 Cherche d'autres façons d'exprimer la longueur du segment de l'exercice 3.

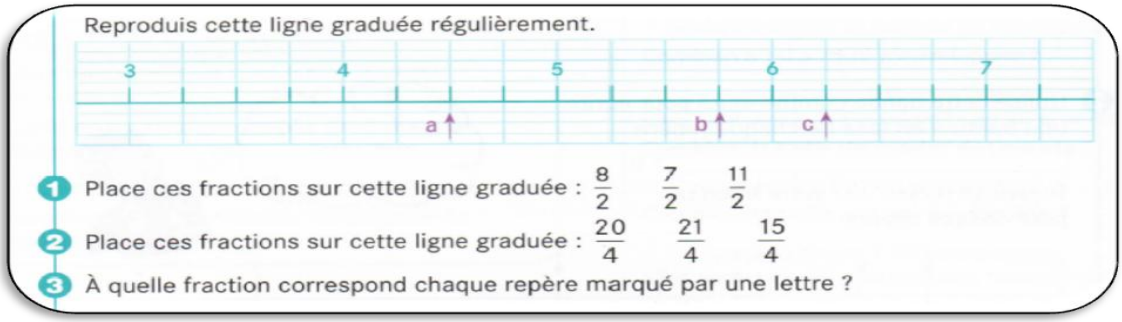
5 Trace un des segments dont les longueurs sont données dans ce tableau :

	segment a	segment b	segment c
longueur	$1\,u + \frac{3}{4}\,u$	$\frac{3}{8}\,u$	$1\,u + \frac{2}{8}\,u$

6 Cherche d'autres façons d'exprimer la longueur des segments de l'exercice 5.

FIGURE 26 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 73*

Le manuel montre la représentation des fractions sur une droite graduée (voir figure 27). Les élèves sont invités à placer les fractions données sur une ligne graduée ou à construire eux-mêmes une ligne graduée pour les poser.



Reproduis cette ligne graduée régulièrement.

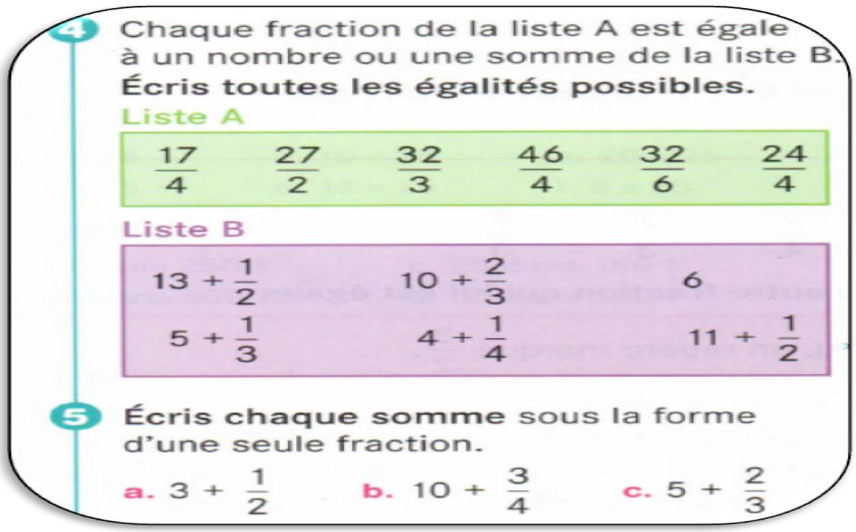
1 Place ces fractions sur cette ligne graduée : $\frac{8}{2}$ $\frac{7}{2}$ $\frac{11}{2}$

2 Place ces fractions sur cette ligne graduée : $\frac{20}{4}$ $\frac{21}{4}$ $\frac{15}{4}$

3 À quelle fraction correspond chaque repère marqué par une lettre ?

FIGURE 27 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 82*

Le manuel montre également quelques opérations de base sur la notion de fraction. Parmi les opérations que les élèves doivent apprendre et acquérir, on trouve la comparaison d'une série de fractions, le rangement croissant ou décroissant des fractions, la transformation d'une écriture fractionnaire en nombres entiers (voir figure 28).


4 Chaque fraction de la liste A est égale à un nombre ou une somme de la liste B. **Écris toutes les égalités possibles.**

Liste A

$\frac{17}{4}$ $\frac{27}{2}$ $\frac{32}{3}$ $\frac{46}{4}$ $\frac{32}{6}$ $\frac{24}{4}$

Liste B

$13 + \frac{1}{2}$ $10 + \frac{2}{3}$ 6

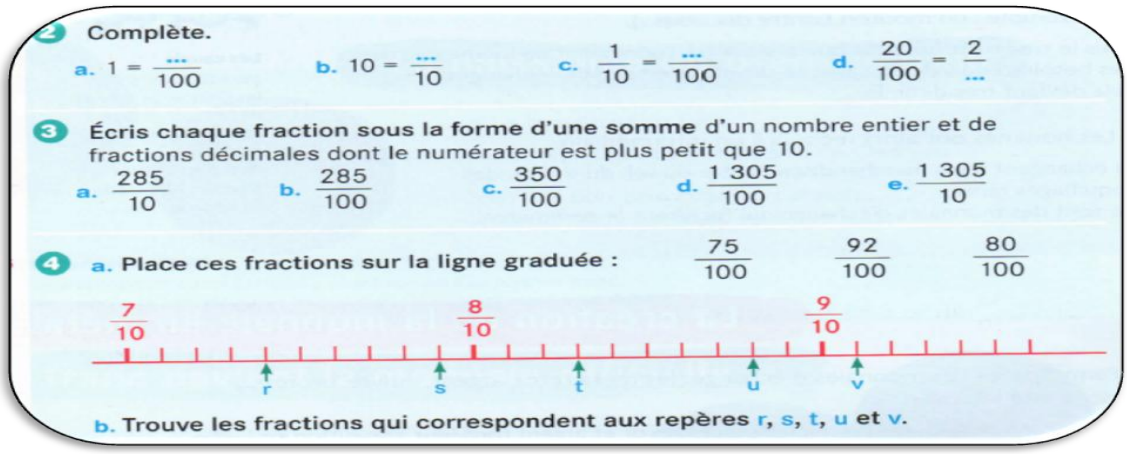
$5 + \frac{1}{3}$ $4 + \frac{1}{4}$ $11 + \frac{1}{2}$

5 **Écris chaque somme** sous la forme d'une seule fraction.

a. $3 + \frac{1}{2}$ b. $10 + \frac{3}{4}$ c. $5 + \frac{2}{3}$

FIGURE 28 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 82*

Cap Maths traite enfin des fractions décimales. Le manuel commence par la définition et la conceptualisation de cette forme de fractions, puis il montre les différentes opérations qui peuvent être effectuées sur celles-ci (voir figure 29). Parmi ces opérations présentées il y a la décomposition des fractions décimales, la comparaison des fractions, le rangement des fractions, le placement d'une série des fractions décimales sur une ligne graduée, la reconnaissance des fractions décimales supérieures ou inférieures à l'unité, l'utilisation des fractions décimales dans des situations telle que l'aire, longueur, etc.


2 **Complète.**

a. $1 = \frac{...}{100}$ b. $10 = \frac{...}{10}$ c. $\frac{1}{10} = \frac{...}{100}$ d. $\frac{20}{100} = \frac{2}{...}$

3 **Écris chaque fraction sous la forme d'une somme** d'un nombre entier et de fractions décimales dont le numérateur est plus petit que 10.

a. $\frac{285}{10}$ b. $\frac{285}{100}$ c. $\frac{350}{100}$ d. $\frac{1\,305}{100}$ e. $\frac{1\,305}{10}$

4 a. **Place ces fractions sur la ligne graduée :** $\frac{75}{100}$ $\frac{92}{100}$ $\frac{80}{100}$

b. **Trouve les fractions qui correspondent aux repères** r, s, t, u **et** v.

FIGURE 29 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 99*

3.3.3.2. En classe de CM2

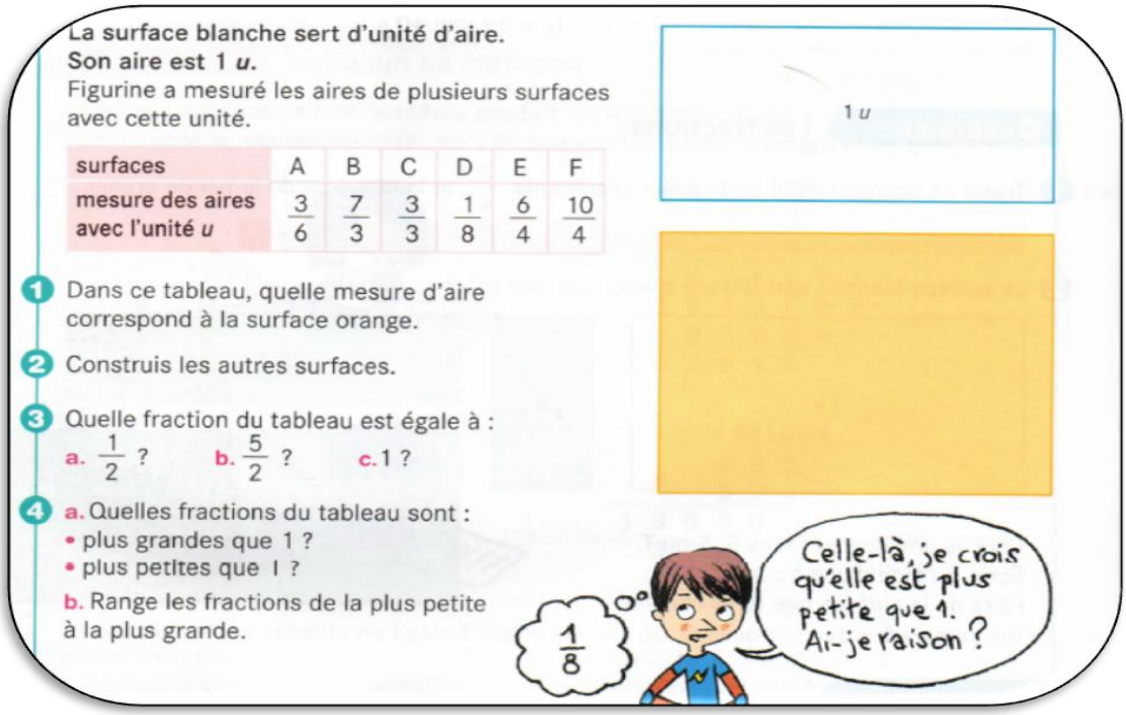
Cap Maths (Roland, Combier, Dussuc et Madier, 2010b) commence assez tôt le traitement de la notion de fraction (à partir de la page 19) et il positionne ce chapitre dans la partie consacrée aux nombres. Le manuel aborde tout d'abord les fractions « ordinaires », puis, il développe les fractions décimales. Ce manuel a comme objectif de l'apprentissage de la notion de fraction : permettre à l'élève de reconnaitre, d'utiliser et d'effectuer quelques opérations de base sur les fractions simples et décimales. Il met en œuvre les diverses activités avec comme objectif l'apprentissage des fractions en CM2 qui doivent permettre à l'élève d'acquérir les compétences fractionnaires attendues.

Cap Maths fait tout d'abord un rappel des fractions apprises en CM1 (un quart, un demi, un tiers, etc.) en reliant ces fractions [$\frac{1}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$...] avec l'unité. Le manuel favorise ainsi la compréhension des élèves sur la signification de l'écriture fractionnaire et le sens d'une fraction.

Comme dans le cas du manuel de CM1, le manuel de CM2 ne met pas en évidence les différentes significations de la notion de fraction. Pourtant il se concentre sur la signification « partie d'un tout ». Cela ne signifie pas pour autant que les autres significations de la notion de fraction sont totalement absentes. L'analyse des exercices et des situations-problèmes fractionnaires montre que certaines significations de la notion de fraction sont présentes. Cap Maths présente les différentes interprétations de la notion de fraction d'une manière indirecte. Ce manuel aide donc l'élève à acquérir une compréhension conceptuelle des parties fractionnaires d'un tout. Cette lecture des interprétations des fractions présentées dans les manuels de CM2 sont en harmonie avec les conclusions d'Alahmadati (2016). Celui-ci trouve que dans les manuels scolaires de CM2, les significations les plus présentes sont respectivement les suivantes : nombre, partie d'un tout (quantité continue) et mesure.

La notion de fraction est introduite par différents exemples de relations fractionnaires : segments, surfaces, lignes graduées, formes mathématiques, poids, litres, etc. Ce manuel met aussi l'accent sur l'aspect constructif ainsi que sur l'aspect représentatif. Sur ce dernier aspect, le manuel met en œuvre des situations-problèmes où les élèves doivent, par exemple, représenter une série de fractions données par des formes géométriques de leurs choix. Ils sont également invités à représenter le fractionnement du litre, du poids, etc.

Dans de nombreux exercices ou de situations-problèmes les élèves doivent construire une bande ou une forme géométrique à partir d'une bande ou une forme mathématique donnée (voir figure 30).



La surface blanche sert d'unité d'aire.
Son aire est 1 *u*.
Figurine a mesuré les aires de plusieurs surfaces avec cette unité.

surfaces	A	B	C	D	E	F
mesure des aires avec l'unité *u*	$\frac{3}{6}$	$\frac{7}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{10}{4}$

1 Dans ce tableau, quelle mesure d'aire correspond à la surface orange.

2 Construis les autres surfaces.

3 Quelle fraction du tableau est égale à :
a. $\frac{1}{2}$? b. $\frac{5}{2}$? c. 1 ?

4 a. Quelles fractions du tableau sont :
• plus grandes que 1 ?
• plus petites que 1 ?
b. Range les fractions de la plus petite à la plus grande.

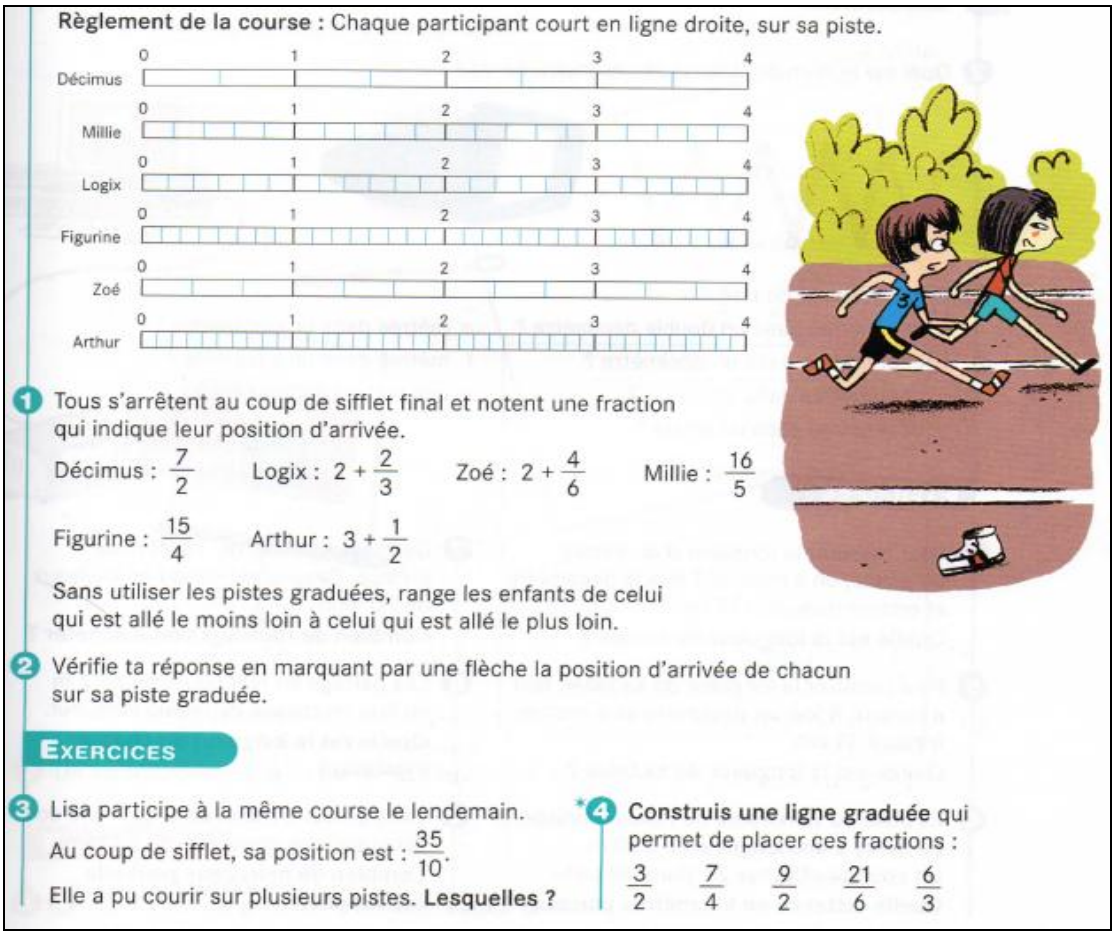
FIGURE 30 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 20*

Dans la situation-problème présentée dans la figure 29 les élèves doivent, dans un premier temps, relier une surface donnée (surface orange) avec la fraction correspondante dans le tableau. Ils doivent, dans un deuxième temps, construire des surfaces à partir des fractions données mesurant des aires avec l'unité U. Ils vont apprendre la construction d'une surface correspondante à une fraction donnée de l'unité U. Les élèves sont invités, dans un troisième temps, à comparer les fractions. Le manuel montre la comparaison d'une fraction avec une autre. Il aborde aussi la comparaison d'une fraction avec un nombre entier. Le manuel introduit "un piège" dans cet exercice en mettant un nombre entier parmi les fractions où les élèves vont les comparer avec la liste des fractions données. Nous pouvons interpréter cela en disant que Cap Maths veut attirer l'attention des élèves sur la nature numérique des fractions : une fraction peut être égale à un nombre entier. Ils sauront écrire les fractions comprises entre 1 et $\frac{6}{3}$. Enfin, les élèves doivent classer les fractions du tableau en deux listes.

Dans la première liste, ils mettent les fractions qui sont supérieures à 1. Dans la deuxième liste, ils placent les fractions inférieures à 1. Puis, les élèves doivent ranger les fractions par ordre croissant.

La représentation des fractions sur une ligne graduée est très fréquente dans Cap Maths (voir figures 31 et 33). Celui-ci donne plusieurs sens à cette représentation afin que les élèves comprennent la signification des fractions dans plusieurs contextes (couloir de la piste

de la course, segment, litre de lait, etc.). On demande ensuite aux élèves de placer les fractions données sur une ligne graduée et/ou à construire eux-mêmes une ligne graduée pour poser les fractions données.



Règlement de la course : Chaque participant court en ligne droite, sur sa piste.

Décimus 0 1 2 3 4
Millie 0 1 2 3 4
Logix 0 1 2 3 4
Figurine 0 1 2 3 4
Zoé 0 1 2 3 4
Arthur 0 1 2 3 4

1 Tous s'arrêtent au coup de sifflet final et notent une fraction qui indique leur position d'arrivée.

Décimus : $\frac{7}{2}$ Logix : $2 + \frac{2}{3}$ Zoé : $2 + \frac{4}{6}$ Millie : $\frac{16}{5}$

Figurine : $\frac{15}{4}$ Arthur : $3 + \frac{1}{2}$

Sans utiliser les pistes graduées, range les enfants de celui qui est allé le moins loin à celui qui est allé le plus loin.

2 Vérifie ta réponse en marquant par une flèche la position d'arrivée de chacun sur sa piste graduée.

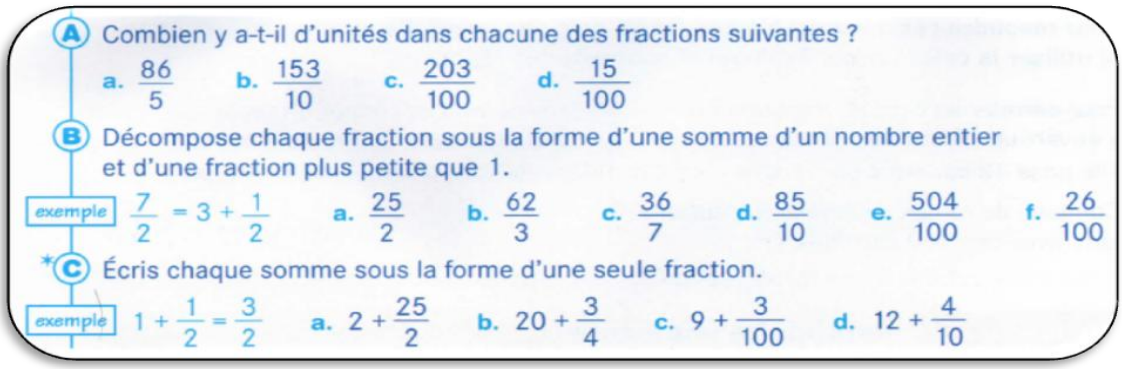
EXERCICES

3 Lisa participe à la même course le lendemain. Au coup de sifflet, sa position est : $\frac{35}{10}$. Elle a pu courir sur plusieurs pistes. **Lesquelles ?**

*4 **Construis une ligne graduée** qui permet de placer ces fractions : $\frac{3}{2}$ $\frac{7}{4}$ $\frac{9}{2}$ $\frac{21}{6}$ $\frac{6}{3}$

FIGURE 31 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 21*

Le manuel traite également les fractions supérieures et inférieures à l'unité. Pour celles supérieures à l'unité, le manuel montre qu'il y a plus plusieurs unités dans une fraction. Cap Maths montre les différentes opérations possibles sur ces deux types de fractions : décomposition, addition, etc. (voir figure 32).



A Combien y a-t-il d'unités dans chacune des fractions suivantes ?

a. $\frac{86}{5}$ b. $\frac{153}{10}$ c. $\frac{203}{100}$ d. $\frac{15}{100}$

B Décompose chaque fraction sous la forme d'une somme d'un nombre entier et d'une fraction plus petite que 1.

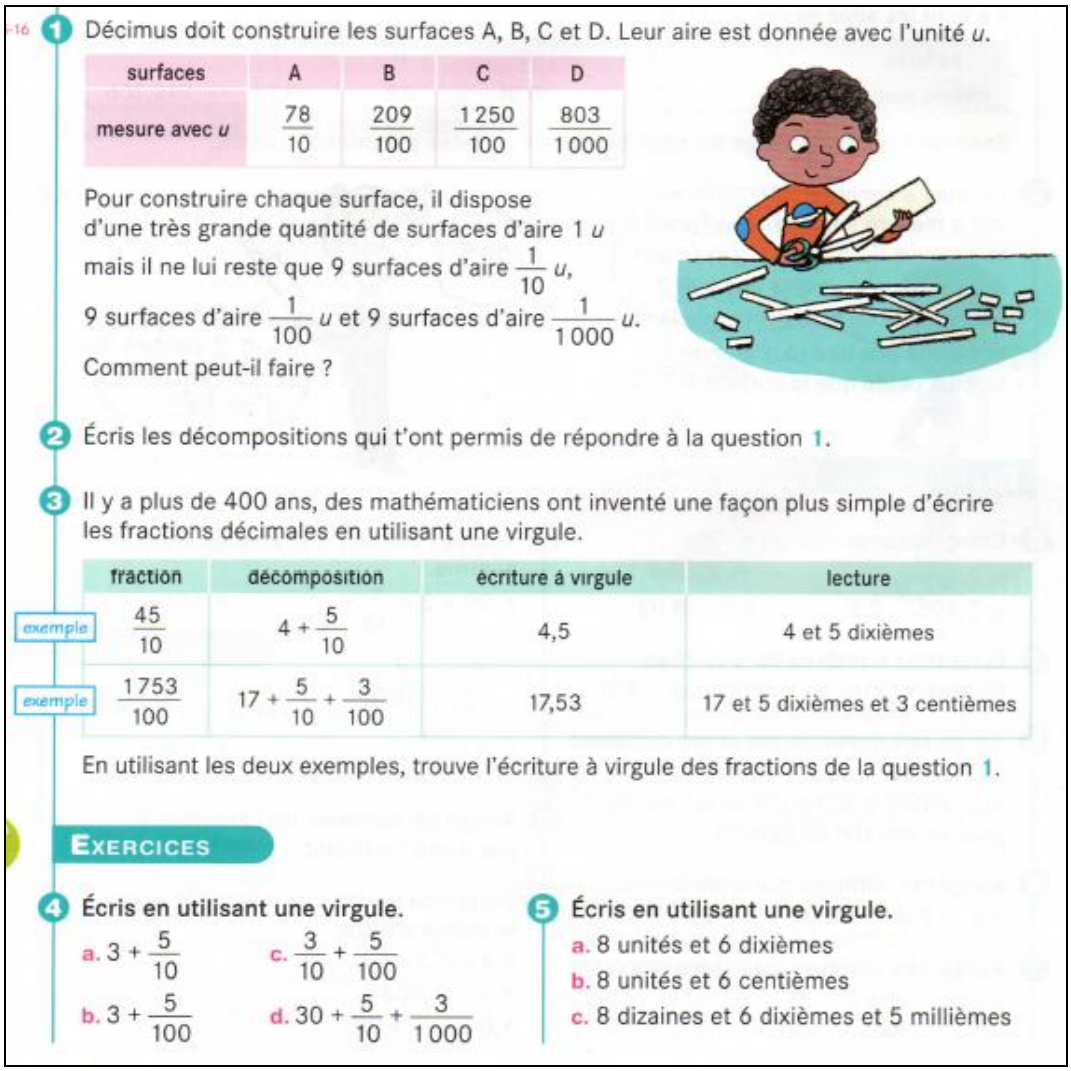
exemple $\frac{7}{2} = 3 + \frac{1}{2}$ a. $\frac{25}{2}$ b. $\frac{62}{3}$ c. $\frac{36}{7}$ d. $\frac{85}{10}$ e. $\frac{504}{100}$ f. $\frac{26}{100}$

*C Écris chaque somme sous la forme d'une seule fraction.

exemple $1 + \frac{1}{2} = \frac{3}{2}$ a. $2 + \frac{25}{2}$ b. $20 + \frac{3}{4}$ c. $9 + \frac{3}{100}$ d. $12 + \frac{4}{10}$

FIGURE 32 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 32*

Les fractions décimales sont traitées également en détail dans ce manuel scolaire. Cap Maths aborde ces fractions en montrant les différentes opérations pouvant être effectuées sur celles-ci (voir figures 32, 33, 34). Dans ce manuel on montre également la décomposition des fractions décimales, leurs additions, leurs comparaisons, leurs rangements, leurs transformations d'une écriture à virgule en une écriture fractionnaire et réciproquement, leurs placements dans une série sur une ligne graduée, etc.



1 Décimus doit construire les surfaces A, B, C et D. Leur aire est donnée avec l'unité *u*.

surfaces	A	B	C	D
mesure avec *u*	$\frac{78}{10}$	$\frac{209}{100}$	$\frac{1250}{100}$	$\frac{803}{1000}$

Pour construire chaque surface, il dispose d'une très grande quantité de surfaces d'aire 1 *u* mais il ne lui reste que 9 surfaces d'aire $\frac{1}{10}$ *u*, 9 surfaces d'aire $\frac{1}{100}$ *u* et 9 surfaces d'aire $\frac{1}{1000}$ *u*.
Comment peut-il faire ?

2 Écris les décompositions qui t'ont permis de répondre à la question 1.

3 Il y a plus de 400 ans, des mathématiciens ont inventé une façon plus simple d'écrire les fractions décimales en utilisant une virgule.

	fraction	décomposition	écriture à virgule	lecture
exemple	$\frac{45}{10}$	$4 + \frac{5}{10}$	4,5	4 et 5 dixièmes
exemple	$\frac{1753}{100}$	$17 + \frac{5}{10} + \frac{3}{100}$	17,53	17 et 5 dixièmes et 3 centièmes

En utilisant les deux exemples, trouve l'écriture à virgule des fractions de la question 1.

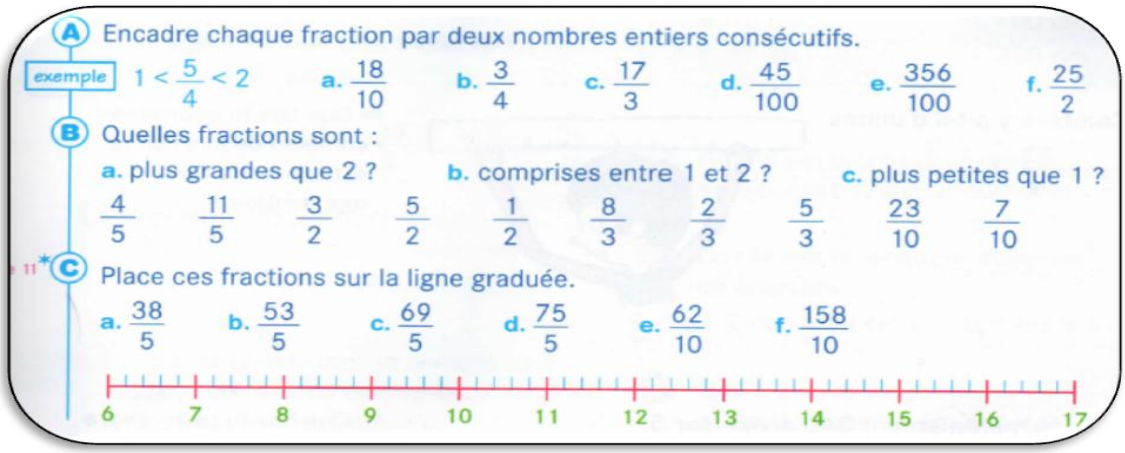
EXERCICES

4 Écris en utilisant une virgule.
a. $3 + \frac{5}{10}$
b. $3 + \frac{5}{100}$
c. $\frac{3}{10} + \frac{5}{100}$
d. $30 + \frac{5}{10} + \frac{3}{1000}$

5 Écris en utilisant une virgule.
a. 8 unités et 6 dixièmes
b. 8 unités et 6 centièmes
c. 8 dizaines et 6 dixièmes et 5 millièmes

FIGURE 33 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 49*

Cap Maths présente également d'autres opérations mathématiques possibles sur les fractions comme l'encadrement des fractions. L'élève doit comprendre la technique d'encadrement d'une fraction entre deux nombres entiers consécutifs (voir figure 34). Cela permet ainsi aux élèves de favoriser leur compréhension quant à la nature numérique de la notion de fraction.


A Encadre chaque fraction par deux nombres entiers consécutifs.

exemple $1 < \frac{5}{4} < 2$ a. $\frac{18}{10}$ b. $\frac{3}{4}$ c. $\frac{17}{3}$ d. $\frac{45}{100}$ e. $\frac{356}{100}$ f. $\frac{25}{2}$

B Quelles fractions sont :

a. plus grandes que 2 ? b. comprises entre 1 et 2 ? c. plus petites que 1 ?

$\frac{4}{5}$ $\frac{11}{5}$ $\frac{3}{2}$ $\frac{5}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{8}{3}$ $\frac{2}{3}$ $\frac{5}{3}$ $\frac{23}{10}$ $\frac{7}{10}$

11* C Place ces fractions sur la ligne graduée.

a. $\frac{38}{5}$ b. $\frac{53}{5}$ c. $\frac{69}{5}$ d. $\frac{75}{5}$ e. $\frac{62}{10}$ f. $\frac{158}{10}$

6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

FIGURE 34 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 33*

3.4. Quelques usages des fractions dans la vie quotidienne

Dans la vie courante, nous sommes souvent appelés à utiliser des expressions qui font appel à la notion de fraction. Dans le marché du travail et plus particulièrement dans les offres d'emploi on voit qu'un employeur recherche une personne pour un travail à **mi**-temps, **tiers**-temps, etc. Les expressions utilisées par l'annonceur pour définir les horaires de travail correspondent à une fraction : $\frac{1}{2}$ du temps par exemple. Un locataire d'un appartement dans une grande ville trouve à la fin de mois que **la moitié** de ses dépenses est consacrée pour le loyer. Le terme « moitié » correspond également à une fraction : $\frac{1}{2}$. Un étudiant a besoin d'**une demi**-heure pour se déplacer de chez lui à sa faculté. Cette expression (demi) fait aussi appel à une fraction. Ces trois concepts (mi, moitié, demi) correspondent à une fraction : $\frac{1}{2}$. Dans la vie on voit la fraction $\frac{1}{2}$ sous plusieurs formes indiquant la même signification : 50%. Un écrivain annonce dans un entretien que **les trois-quarts** de ses romans écrits pendant sa vie professionnelle sont des romans policiers. Ces trois-quarts correspondent à une fraction : $\frac{3}{4}$. Un garagiste dit qu'**un quart** des voitures réparées la semaine dernière ont un moteur à essence. L'expression utilisée par le garagiste correspond à la fraction $\frac{1}{4}$. Un enseignant de CM2 a fait un test diagnostic en mathématiques pour vérifier les acquis de ses élèves au début de l'année scolaire. Il a trouvé que seulement **un tiers** de ses élèves ont de bonnes connaissances en mathématiques. Le mot « un tiers » correspond à la fraction $\frac{1}{3}$. Une personne

dit qu'il a mangé **un sixième** de pizza partagée avec ses amis. Cette expression fait appel à la fraction $\frac{1}{6}$.

Nous pouvons donc dire que les fractions sont couramment utilisées dans notre vie quotidienne. Nous les utilisons dans différentes situations parfois avec des langages spéciaux (moitié, semi, demi…) qui sous-tendent la notion de fraction.

3.5. Représentation et visualisation des fractions

La question de la représentation et de la visualisation des fractions est l'une des questions les plus complexes dans l'enseignement-apprentissage des fractions à l'école primaire. Cette question pose autant de difficultés pour l'enseignant que pour les élèves. La manière de représenter et de visualiser la notion de fraction joue un rôle sur la conceptualisation et la compréhension des élèves de ce concept. Elle contribue à limiter ou à élargir la compréhension des élèves sur les différentes significations de la notion de fraction.

L'enseignant cherche à représenter les fractions par des objets qui peuvent aider les élèves à comprendre et à conceptualiser cette notion complexe. Ces objets peuvent être des objets utilisés dans la vie quotidienne, des formes géométriques, etc. Coquin et Camos (2006) soulignent que l'illustration la plus commune utilisée à l'école primaire pour représenter les fractions est le plus souvent un cercle ou un carré découpés en petits morceaux. Une lecture des manuels scolaires de mathématiques de l'école primaire nous permet de dégager les différents supports utilisés pour représenter les fractions. Nous présenterons ci-après quelques supports utilisés pour représenter et visualiser la notion de fraction.

3.5.1. Représenter les fractions à l'aide d'objets concrets

Certains enseignants utilisent des objets concrets de la vie quotidienne pour présenter les situations d'enseignement sur les fractions. Ces objets peuvent être une pomme, un gâteau, une tablette de chocolat, etc. L'enseignant demande à ses élèves de manipuler ces objets par différentes méthodes : découpage, pliage, etc. Pour expliquer la fraction de ¼, l'enseignant présente devant ses élèves la façon de partager une pomme en deux ou en quatre quarts égaux. Cette expérience vécue aide les élèves à comprendre que la notion de fraction est visible dans la vie courante et qu'elle n'est pas totalement abstraite. Dans la phase de vérification, l'enseignant demande à ses élèves de représenter une fraction donnée en utilisant une pomme par exemple. Pour les enseignants, ces objets concrets aident les élèves à mieux conceptualiser la notion de fraction : l'élève apprend par le contact avec son environnement.

Au CM1, l'enseignement des fractions est très important parce que pour les élèves cet enseignement est le point de départ et le premier apprentissage formel de cette nouvelle notion numérique. Dans son article publié en 1998 Brissiaud parle de cette première rencontre avec la notion de fraction. Il souligne que cette première rencontre aurait une influence particulièrement forte sur la suite des apprentissages. Elle aurait un statut particulier dans la construction et la conceptualisation du concept. L'auteur indique que cette nouvelle expérience avec les fractions doit créer une sorte de « *prime à l'apprentissage* » pour les élèves (Brissiaud, 1998).

Le fait d'enseigner les fractions en utilisant des objets de la vie courante n'est pas toujours ni facile, ni simple. Pour cela, beaucoup d'enseignants utilisent d'autres matériaux comme les feuilles de papier. Ils utilisent des cercles, des rectangles, des carrés de papier que l'élève doit couper en parties égales selon les consignes données. Ils partent d'une bande en papier pour expliquer le sens de ½, 1/3, ¼, etc. Ils plient ou ils découpent la bande unité en deux, trois, quatre sous-bandes en se référant à l'égalisation des parties fractionnées.

3.5.2. Représenter les fractions symboliquement

Les enseignants utilisent également des dessins symboliques pour enseigner la notion de fraction. Ces représentations figuratives prennent plusieurs aspects allant des segments, des bandes, et vers des formes géométriques en prenant des objets de la vie courante. L'enseignant peut présenter symboliquement la notion à enseigner sur le tableau à l'aide de feutre ou de craie, ou, en imprimant sur du papier.

Cette façon de représenter et de visualiser les fractions prend plusieurs aspects : coloriages, positionnements, dessins, etc. Le coloriage consiste à colorier la partie correspondante de la fraction donnée. L'enseignant peut aussi présenter le fractionnement sous une forme géométrique coloriée. L'enseignant demande alors aux élèves de colorier la partie correspondante à la fraction donnée de chaque figure. Dans son étude Kerlake (1991 ; cité par Coquin et Camos, 2006) souligne que pour les élèves, les représentations associant une fraction à une part de rectangle ou d'une quelconque forme géométrique a pour conséquence qu'ils considèrent les fractions comme des nombres toujours inférieurs à l'unité. Le positionnement des fractions, quant à lui, se focalise sur la position des fractions sur une droite numérique. L'enseignant demande à ses élèves de placer une série de fractions sur une ligne graduée. Les dessins des fractions, enfin, s'appuient sur la représentation d'une fraction donnée par une figure précise. L'enseignant demande à ses élèves de représenter à l'aide de dessins (cercle, carré, rectangle…) les fractions données. On peut aussi tracer un segment à

partir d'un segment représentant l'unité. Les élèves doivent alors tracer un segment mesurant 1/8 du segment-unité par exemple.

Cette façon de représenter et de visualiser les fractions n'est pas facile pour les élèves parce qu'elle garde totalement le sens abstrait de la notion. Mais l'enseignant peut rendre concret ce concept en choisissant des exemples pouvant aider les élèves à comprendre cette nouvelle sorte de nombres.

Il est important de souligner que les situations-problèmes fractionnaires sont très variées. Cela permet aux élèves d'avoir une vision très large sur le concept de fractions. En choisissant les situations-problèmes fractionnaires, l'enseignant doit mettre l'accent sur les situations de la vie quotidienne parce qu'elles sont faciles à comprendre par les élèves. Un concept acquiert du sens pour l'enfant à travers des situations et des problèmes à résoudre (Vergnaud, 1990). L'ensemble des situations-problèmes donne du sens au concept (la référence). Dans son étude Mack (Mack, 1993 ; cité par Carette *et al*., 2009) a présenté aux élèves de la classe de 6ème de l'école primaire (aux États-Unis) les mêmes problèmes de deux façons différentes, dans des situations quotidiennes et sous forme de problèmes symboliques. Les résultats montrent que la résolution des problèmes de la vie quotidienne ne pose pas de problème pour les élèves, alors que beaucoup d'élèves n'ont pas été capables de résoudre les mêmes problèmes présentés de manière symbolique.

3.6. À propos du développement de la notion de fraction chez l'enfant

Il nous apparait important d'étudier le développement de la construction de la notion de fraction chez l'enfant afin de mieux comprendre la progression vécue par l'enfant lors de l'acquisition de ce concept et, les difficultés rencontrées par l'élève pendant son apprentissage de cette nouvelle forme de nombres. Nous nous sommes appuyé sur les travaux de Piaget, Inhelder et Szeminska (1948) et ceux de Parat-Dayan et Vonéche (1991). Ces recherches mettent en évidence les principaux éléments cognitifs des enfants face à l'apprentissage de la notion de fraction. Elles éclairent également les différentes étapes de la construction de la notion de fraction chez l'enfant et les ambiguïtés auxquelles il doit faire face.

3.6.1. Selon les études de Piaget et ses collaborateurs (1948)

Dans leurs travaux, Piaget *et al*. (1948) se focalisent sur la construction des fractions chez les enfants de 4 à 7 ans. Pour conceptualiser une notion fractionnaire les chercheurs donnent aux enfants un disque de pâte à modeler figurant un gâteau ou une galette, des petites poupées (le nombre des poupées est variable selon la notion abordée : deux pour la moitié, trois pour le partage en tiers, etc.) et un petit couteau de bois pour le découpage. Pour la

construction de la notion de moitié, les chercheurs indiquent que les deux poupées vont devoir manger le gâteau tout entier, mais chacune doit avoir la même quantité que l'autre. Les auteurs regroupent les enfants en 3 stades : le premier stade s'étendant jusque vers quatre ou quatre ans et demi, le deuxième stade qui comprend les enfants entre quatre ans et demi ou 5 à 7 ans et le dernier stade avec des enfants entre 7 à 8 ans.

Les auteurs soulignent qu'au cours du premier stade, le partage en moitié représente une vraie difficulté pour l'enfant. À cet âge, l'enfant échoue dans son partage : il ne sait pas partager en deux. Il limite le partage à la distribution de petites parts ne consommant pas la totalité du gâteau : il reste un morceau. L'enfant répartit, enfin, le tout dans son ensemble, mais en parties hétéromorphes (formes très différentes) ou même en trois parties (il utilise deux parties et rejette la troisième partie). Les auteurs ont constaté que l'enfant croit que pour fractionner une totalité en deux parties égales il faut faire deux coupures. Il fait donc une relation entre le nombre de coupures et celui des parties elles-mêmes.

Les recherches de Piaget *et al*. (1948) soulignent également qu'au début du stade II, le partage en moitiés égales est acquis par les enfants. Ceux-ci maitrisent parfaitement le partage des petites formes et des surfaces régulières mais ils rencontrent encore des difficultés résiduelles pour les formes agrandies ou irrégulières principalement pendant le partage successif. À ce stade, l'enfant peut partager un objet donné entre deux personnes mais il échoue à le partager en quatre ou cinq parts.

Pour le partage en moitiés égales les auteurs relèvent que trois sortes de décalages sont observées chez les enfants :

- La division en parties égales n'aboutit que plus tardivement ou n'est réussie que si les chercheurs ont agrandi les dimensions de l'objet utilisé ;
- Il y a une sorte de décalage liée à la forme de l'objet ;
- Il y a un décalage connexe avec la succession de deux dichotomies en moitiés (division par quatre).

Le partage en quatre s'effectue comme le partage en deux : l'enfant sectionne chacune des parts et il la repartage en deux, indépendamment de l'égalité des parties. Le même enfant peut à cet âge (stade II) partager un objet en tiers.

Pour le partage en tiers, les chercheurs montrent qu'il présente des difficultés pour les enfants. « *De façon générale, la trisection est nettement plus difficile que la dichotomie simple (moitié), et même que la double (quarts), et elle donne lieu à des schémas anticipateurs bien inférieurs et remarquablement insuffisants* » (Piaget *et al*., 1948, p. 379).

Piaget et ses collaboratrices mettent en évidence une série de conduite apparaissant chez l'enfant pendant la trisection du gâteau :

- L'enfant découpe le gâteau en trois parts (plus ou moins inégales) et donne une part à chaque poupée ;
- L'enfant sectionne le gâteau en quatre morceaux et rejette le dernier quart ;
- L'enfant partage le quatrième quart (non utilisé dans la méthode 2) en trois petits morceaux. Il les ajoute aux trois premiers quarts utilisés et il donne à chaque poupée sa part (un quart + une partie de quatrième quart répartis entre les 3 poupées).

S'agissant des formes géométriques et des surfaces, les auteurs soulignent que le partage d'une forme circulaire en moitiés est acquis dès le début du stade II. Mais la division de cette forme circulaire en tiers est toujours très difficile pour les enfants. « *Contrairement à la section en moitiés, qui s'effectue le long d'une seule droite et selon une symétrie élémentaire, la trisection d'un cercle suppose au contraire trois droites partant d'un même centre* » (Piaget *et al*., 1948, p. 383). Dans le cas d'un rectangle la trisection est plus facile pour les enfants. Ils suivent les trois méthodes mentionnées ci-dessus. Pourtant la difficulté de partager un carré en tiers se situe entre le cercle et le rectangle.

Selon les recherches de Piaget et ses collaboratrices, à ce niveau l'enfant n'est pas en mesure de démontrer que les parties distribuées reconstituent le tout.

Quant au stade III, Piaget *et al*. (1948) soulignent qu'à ce stade le partage d'un objet en trois parties égales est bien effectué par l'enfant grâce au schème anticipateur opératoire mettant en relation les fractions à sectionner avec la totalité elle-même. L'enfant peut également à ce stade concevoir que la somme des parties distribuées reconstitue le tout. C'est-à-dire que, le rapport qualitatif de parties à tout n'est acquis, sous sa forme composable et réversible, que vers 7 ans (stade opératoire). L'enfant à ce stade est également en mesure de partager en cinq et six parties comme le soulignent Piaget et ses collaboratrices.

Selon les travaux de Piaget la notion de fraction se caractérise par des spécificités précises. Ces caractéristiques constituent des étapes ou des conditions d'acquisition du partage d'un objet ou un modèle d'évolution du schème de partage. Elles représentent également les relations principales entre la partie et le tout ou entre la partie et les autres parties du même tout. C'est ainsi qu'on peut donner les conditions nécessaires et suffisantes dans les définitions d'une fraction :

- Pour qu'il y ait une fraction il faut qu'il existe une totalité divisible ;
- La notion de fraction représente un nombre précis de parties ;

- Pour qu'un morceau sectionné dans une totalité puisse être considéré comme une fraction déterminée de ce tout, il faut que le tout soit consommé en entier par la partition ;
- Le découpage d'un continu en fractions suppose une certaine relation entre le nombre de ces fractions et celui des coupes à effectuer ;
- Pour qu'il y ait une fraction et non pas seulement une partition qualitative, il faut que les parties fractionnées soient égales ;
- Une partition opératoire conduisant à des fractions suppose que chaque fraction constitue de son côté un tout en soi-même, permettant de nouvelles divisions ;
- Pour les fractions de surface, il faut que l'ensemble des fractions construites soit égale à la surface totale originale.

3.6.2. Selon les études de Parat-Dayan et Vonéche (1991)

Dans leur recherche, Parat-Dayan et Vonéche (1991) se focalisent sur la construction de la notion de moitié par les enfants de 4 à 11 ans. Ils estiment que cette notion a plusieurs avantages. Elle a tout d'abord une forte liaison avec la vie quotidienne de l'enfant puisque celui-ci a vécu beaucoup d'expériences quand il a utilisé cette notion, ainsi que la diversité des contenus (discrets ou continus) sur lesquels porte la notion de moitié. La possibilité d'introduire cette notion dans une série de contextes différents de partage, de partition, de réunion et de fractionnement. Cette notion représente enfin « *un rapport particulièrement bien défini entre la partie et le tout et de ce fait elle est liée aux notions de conservation* » (Parat-Dayan et Vonéche, 1991, p. 94).

Les auteurs soulignent que les enfants de 4-5 ans voient la moitié comme une partie d'un objet. Cependant, cette partie n'a aucune quantification précise. Cela veut dire qu'une minuscule partie d'une tablette de chocolat représente la moitié de cette tablette du point de vue des enfants de cette tranche d'âge. Dès six ans les enfants sont capables d'admettre l'égalité de deux formes géométriques telle que deux cercles de deux diamètres différents. Pourtant, ils refusent, jusqu'à dix ans, de reconnaitre l'équivalence des moitiés entre elles. Par contre, ils sont susceptibles de prouver que les deux moitiés homomorphes (même forme) reconstruisent le tout. En outre, à cet âge, comme le souligne Parat-Dayan et son collaborateur, les enfants ne sont pas en mesure de maintenir « *le rapport de partie à tout lorsque les totalités de départ sont équivalentes mais produient des moitiés de formes différentes. Par contre, lorsque les totalités initiales sont différentes, les enfants conservent*

davantage le rapport de partie à tout mais pas toujours » (Parat-Dayan et Vonéche, 1991, pp. 96-97).

Parat-Dayan et Vonèche (1991) relèvent qu'entre 6 et 8 ans une série de conduites apparaît dans la façon où un enfant partage un ensemble. Dans ce cas, plusieurs types de conduites peuvent avoir lieu au cours du partage d'un tout discret[28]. La première conduite consiste en un partage par itération symétrique des éléments et élimination de la pomme du milieu (dans ce cas les enfants excluent la pomme du milieu et ils partagent en deux groupes égaux le reste des pommes en poursuivant la méthode itérative). La seconde conduite consiste en un partage par séparation aboutissant à deux sous-ensembles inégaux et rétablissement de l'égalité par l'adjonction ou l'élimination d'un élément (dans ce cas les enfants répartissent les 5 pommes en 2 goupes : 2 pommes dans un groupe et 3 dans l'autre). La troisième conduite comprend le partage par itération, puis par adjonction ou élimination d'un élément. Enfin, dans la quatrième conduite le partage par itération ou séparation aboutit à deux sous-ensembles inégaux. Les auteurs soulignent que ces pratiques effectuées par les enfants évitent la demi-unité. Dans ce contexte Parat-Dayan et Vonèche (1991) précisent que « *la moitié consiste à partager le tout en deux parties égales et c'est la moitié justement "parce qu'elles sont égales", ou en deux parties inégales, et c'est la moitié parce qu'elles reconstituent le tout* » (Parat-Dayan et Vonèche, 1991, p. 103). Les chercheurs trouvent aussi que pour les enfants entre 6 et 8 ans il est difficile de faire la moitié d'un nombre impair parce que ceux-ci sont dépendants du partage par itération symétrique. À cet âge, les enfants confondent confondent les notions de moitié et de milieu. Pour certains enfants le fait de donner la moitié de 5 pommes, signifie donner la pomme du milieu. Parat-Dayan et Vonèche concluent que les enfant de 6 à 8 ans sont susceptibles de se confronter à deux types d'ambiguïtés. La première concerne la référence au tout alors que la seconde porte sur la difficulté à partager des éléments de classes différentes.

Pour les enfants les plus âgés (9-11 ans), les chercheurs indiquent qu'à cet âge les enfants comprennent la relation entre la moitié et l'unité de départ mais ils se perdent dans l'enchevêtrement des parties de parties et des parties identiques et différentes. Par contre, vers neuf ans une nouvelle ambiguïté apparaît lorsque l'enfant commence à attribuer une valeur à la demi-unité. Les chercheurs soulignent que « *l'enfant ne différenciant pas le nombre et l'objet ne saura pas ce que la demi-unité vaut : un demi ou un et demi* » (Parat-Dayan et

28 Les auteurs ont effectué leurs recherches sur le partage d'un ensemble de cinq pommes. Ils ont demandé aux enfants de partager les 5 pommes entre deux poupées.

Vonèche, 1991, p. 104). La confusion entre le nombre et l'objet entretient une autre équivoque chez les enfants qui, en coupant toutes les pommes disponibles, essayent de considérer le tout. Ce tout se voyant multiplier par la division de chaque élément devient pour l'enfant, la moitié « *en ajoutant* » par rapport à « *la moitié en enlevant* ». Par contre, ce conflit cognitif disparaît lorsque l'enfant comprendra que la moitié de cinq pommes est deux et demi parce que cinq divisé par deux est égal à deux et demi, et, que deux et demi plus deux et demi est égal à cinq.

Les auteurs mettent aussi en lumière les sources de difficultés ralentissant la conceptualisation et la compréhension de la notion de moitié chez les enfants. Pour eux, la complexité est liée aux matériels utilisés lors de l'enseignement-apprentissage de cette notion et aux consignes données aux enfants pour procéder à leur apprentissage.

Parat-Dayan et Vonèche (1991) distingent trois problèmes fondamentaux lors de l'apprentissage de la notion de moitié :

– **Le partage et le fractionnement**

Partager un tout c'est diviser celui-ci en deux ou plusieurs parties égales (selon les consignes) pour une distribution. Par contre, cette dernière ne nécessite pas le partage en tant qu'opération. Parat-Dayan et Vonèche soulignent qu'un enfant de cinq ou de six ans peut distribuer un nombre d'objets entre deux ou plusieurs personnes. Il réussira à partager le tout en moitié si le nombre de personnes est pair. Mais, cet enfant n'est pas en mesure de comprendre que la part qu'il a donnée à une des deux personnes fait la moitié du tout. A cet âge, l'enfant peut donc distribuer parce qu'il a progressivement acquis des schèmes lui permettant d'y arriver. Par contre, il ne maîtrise pas encore le partage car il ne possède pas les techniques nécessaires. A ce stade, l'enfant ne tient pas compte de la conservation du tout, et de l'égalité des quantités fractionnées. « *Tant que le partage et le fractionnement ne deviennent pas opératoires, nous ne pourrons pas parler de fraction* » (Parat-Dayan et Vonèche, 1991, p. 108).

– **La conservation et la fraction sur l'objet**

La notion de moitié implique en effet la coordination des opérations de partage et de réunion. De ce point de vue, la notion de moitié dépend nettement des notions de conservation. Les auteurs indiquent que les opérations de partition dans les fractions sont en mesure d'être des opérations correspondantes mais de sens contraire. Par contre, la conservation du tout peut garantir la notion de moitié en tant que fraction. Comme le soulignent les chercheurs, il y a des enfants qui ont la notion de conservation du tout mais ils n'ont pas nécessairement la conservation de la « *partie* ». Cela a conduit les auteurs à

distinguer entre deux types de fractions : « *fraction sur l'objet* » et « *fraction relationnelle* ». Toujours selon les recherches faites par Parat-Dayan et Vonèche (1991), la fraction sur l'objet, nécessite la coordination des opérations de partage et de réunion par rapport à un tout. Ces moyens employés s'appliquent exclusivement au niveau local. La fraction sur l'objet est donc assurée par la conservation du tout. Pourtant celle-ci ne suffit pas à avoir une bonne conceptualisation de la notion de fraction.

– **La fraction relationnelle et la construction de l'unité**

La fraction relationnelle implique la coordination généralisée des opérations de partage et de réunion. La moitié d'une pizza, par exemple, est non seulement égale à l'autre moitié, mais aussi, en tant que moitié indépendante de la taille de la pizza. « *Les notions de conservation, limitées à la conservation d'un objet ou totalité, bien qu'elles soient nécessaires, ne peuvent pas assurer la compréhension de ces rapports. Il faudra alors, en plus de la conservation du tout, la conservation d'une unité de référence abstraite qui rend possible la comparaison entre deux rapports donnés (en référence à des totalités différentes)* » (Parat-Dayan et Vonèche, 1991, p. 109).

Parat-Dayan et Vonèche (1991) concluent que la construction de la notion de fraction nécessite donc un changement allant de la distribution au partage, de la comparaison à la « comparativité » par rapport au tout, de la mise en relation locale à la mise en relation généralisée, de la fraction sur objet à la fraction relationnelle.

3.7. Les difficultés et les obstacles à l'apprentissage de la notion de fraction

L'apprentissage des nombres rationnels en général et des fractions en particulier n'est ni simple ni facile. Il constitue une difficulté importante chez les élèves. Cet apprentissage nécessite d'acquérir, de comprendre, d'accumuler des connaissances mathématiques apprises durant les années scolaires précédentes et de maitriser des procédures de résolution de problèmes fractionnaires. Pour Carett et ses collaborteurs (2009) la maitrise des procédures élémentaires de la compréhension des fractions représente une difficulté majeure pour de nombreux élèves.

Dans son étude Deshaies (2006) souligne que l'apprentissage des fractions fait place à de nouvelles propriétés des nombres amenant de nouveaux obstacles cognitifs chez les élèves. Dans ses travaux, Brousseau (1981) indique que le passage des nombres entiers aux nombres rationnels est un processus complexe pour les écoliers. Durant ce passage les élèves se confrontent à de nombreux obstacles cognitifs. Ceux-ci sont, du point de vue de Brousseau, les résultats d'une résistance au changement d'emploi des nombres. L'enfant du primaire

continue à considérer les nombres décimaux et les fractions comme des nombres entiers. Il les utilise, les emploie et les interprète comme cela. La nature de ce nouveau nombre dans la vie scolaire pose une difficulté cognitive pour les élèves venant de découvrir la notion de fraction.

Une étude réalisée par Carett *et al*. (2009) va dans le même sens. Elle souligne que l'une des difficultés majeures de l'apprentissage des fractions provient du passage des nombres entiers aux nombres rationnels. Les auteurs mettent en lumières quelques difficultés importantes de l'apprentissage des fractions provenant de la généralisation des régles des nombres entiers sur les fractions. Ils indiquent que cette généralisation « *de connaissances sur les nombres naturels est d'autant plus résistante que ces connaissances sont largement antérieures à celles des rationnels. D'ailleurs, il semble que même chez les adultes, les connaissances sur les naturels restent fréquemment dominantes lors du traitement des fractions* » (Carett *et al*., 2009, p. 19). Les élèves considérent souvent le numérateur et le dénominateur comme étant deux nombres entiers séparés sans aucun lien entre eux. Cela conduit la pluparts d'entre eux à appliquer aux fractions leurs connaissances acquises sur les nombres entiers. Pour additionner deux fractions, les élèves ajoutent les numérateurs et les numérateurs entre eux. Pour les élèves 1/6 + 2/3 = 3/9. Cela s'applique également à la comparaison de fractions. Les élèves considérent que 1/8 est plus grand que 1/4 puisque 8 est plus grand que 4. Les élèves font ici comme ils le font avec les nombres entiers : si le nombre est plus grand, c'est que la grandeur qu'il représente est plus grande. Pourtant lorsqu'il s'agit des fractions, un plus grand nombre au dénominateur ne signifie pas du tout qu'on obtient une quantité plus grande, mais au contraire, plus petite. Pour Coquin et Camos (2006), cette généralisation des connaissances sur les nombres entiers peut être « exacerbée » par les méthodes d'enseignement se focalisant exclusivement sur la conception « partie d'un tout » comme première définition des fractions et par une utilisation prématurée des symboles les représentant.

La pluralité des significations des fractions est une grande source de difficultés dans les apprentissages (Brousseau *et al*., 2004 ; Kieren, 1993). Les élèves se trompent entre les différentes conceptions de la notion de fraction et ils croient que ces différentes interprétations représentent des cas de fractions séparées.

Pour David (2011) les difficultés de l'apprentissage des fractions à l'école primaire se regroupent en deux grandes catégories. La première, ce sont les difficultés relatives à l'écriture et au vocabulaire. Dans cette catégorie on trouve les difficultés suivantes :

– Les élèves ne distinguent par entre $\frac{a}{b}$ et a,b ;

- Les élèves estiment qu'une fraction représente deux nombres séparés et pensent qu'ils sont indépendants ;
- Les élèves rencontrent des problèmes liés à l'ordre et à l'égalité ;
- Les fractions ne sont pas reconnues comme un nombre entier : $\frac{6}{3}$.

Dans la deuxième catégorie on trouve les difficultés relatives à l'utilisation des fractions pour repérer des points sur une ligne graduée. Parmi les obstacles auxquels les élèves se confrontent dans ce type de difficulté on trouve :

- Des difficultés de lecture de la graduation avec une non-prise en charge de l'échelle utilisée ;
- Le non respect l'égalisation des parties.

En conclusion, nous faisons référence aux résultats de Coquin et Camos (2006) soulignant les sources de nombreux conflits dans l'apprentissage des fractions. Ils indiquent que « *à la prédominance d'un modèle inapproprié, le modèle « partie d'un tout », à l'utilisation de représentations concrètes qui restent associées aux fractions, à la difficulté de concevoir les fractions comme des nombres, à l'application sans réelle compréhension de procédures calculatoires, à la contradiction apparente entre propriétés connues sur les entiers et celles des fractions et à la remise en cause de règles abstraites à partir de la manipulation des entiers* » (Coquin et Camos, 2006, p. 153).

Les concepts utilisés pour décrire la partie fractionnée représentent aussi une des difficultés que les élèves rencontrent pendant leur apprentissage. Dans leur étude Parat-Dayan et Vonèche (1991) mettent en évidence les difficultés rencontrées par les enfants sur des questions de vocabulaire : la fraction de ½ en particulier. Selon les auteurs, les enfants se trompent souvent entre les différents termes de la fraction ½ : moitié, demi, semi. Ils souligent que, pour les enfants, « *demander la moitié de quelque chose est apparemment ambigu.* […] *Pour les plus petits, "la moitié" d'un morceau de chocolat cela peut être un bout, parfois infime de ce chocholat* ». (Dayan et Vonèche, 1991, p. 101) Cette difficulté de vocabulaire est bien entendu liée à la conceptualisation de la notion de fraction chez les élèves.

3.8. Quelques exemples-problèmes évoquant les élèves dans l'apprentissage des fractions

Certains élèves peuvent éprouver des conflits cognitifs pour comprendre l'égalité des fractions ou les comparer tant dans les fractions ordinaires que dans les fractions décimales. Les fractions $\frac{3}{2}$ et $\frac{6}{4}$ ne sont pas égales parce que ni les numérateurs ni les dénominateurs ne

sont identiques. Selon les élèves, deux fractions ne sont égales que si elles ont les mêmes numérateurs et dénominateurs. Pourtant ces deux fractions ont la même valeur. La multiplication du numérateur et du dénominateur de la fraction $\frac{3}{2}$ par 2 donne $\frac{6}{4}$. Autre exemple, les élèves pensent que $\frac{10}{100}$ est plus grande que $\frac{1}{10}$ parce que 10 est plus grand que 1 et 100 est plus grand que 10. Bien entendu ces deux fractions décimales sont égales. Il faut expliquer aux élèves ce point de vue afin qu'ils sachent que la valeur d'une fraction ne change pas si on multiplie ou on divise le numérateur et le dénominateur par un même nombre.

Autre problème important pour les élèves c'est l'égalité des fractions. Ceux-ci pensent que les fractions identiques représentent toujours la même quantité fractionnée. Ils se trompent souvent face à cette question. À la cantine, deux enfants décident de demander deux tartes différentes. Le premier enfant commande un quart d'une tarte aux pommes alors que le deuxième commande un quart d'une tarte aux fraises. Sur la table, ils trouvent qu'ils n'ont pas la même part de tarte. En effet, la part du premier enfant est plus grande. Ils ont conclu que la part du premier enfant provient d'une tarte plus grande, et qu'ils n'ont pas pris en compte la grandeur de la tarte initiale avant de choisir. Les enseignants devraient s'attacher à des situations-problèmes permettant aux élèves de comprendre et de généraliser que des fractions identiques ne représentent pas obligatoirement la même quantité et que, pour avoir la même quantité de deux fractions identiques, il faut que le tout soit de la même grandeur pour chacune des fractions.

On trouve un autre enjeu lié à la question de la quantité des fractions. Les enseignants doivent faire comprendre aux élèves que le ¼ n'est pas toujours plus petit que le ½ ou le 1/3. Cette règle est vraie quand le tout n'est pas de la même grandeur. La figure 35 montre que le ¼ de la bande A est plus grand que le ½ de la bande B ainsi que le 1/3 de la bande C.

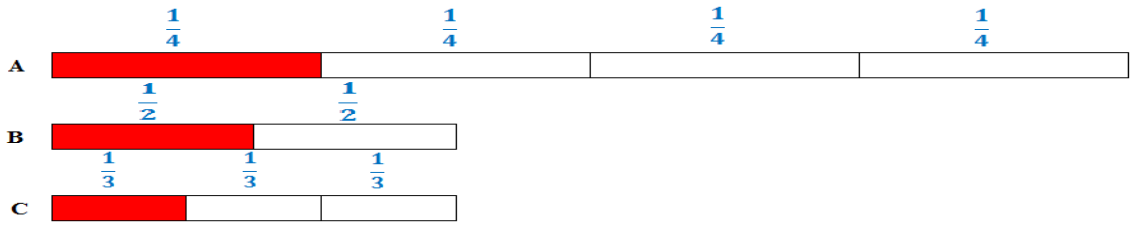


FIGURE 35 – *Des exemples de 3 bandes où le ¼ est plus grand que le ½ et le 1/3*

Parmi les éléments de base de l'apprentissage de la notion de fraction on trouve le partage et la partition d'un tout donné en parties égales. Pour Deshaies (2006) les élèves de l'école primaire maîtrisent plus rapidement le partage en un nombre pair de parties qu'en un nombre impair. Il a trouvé que, pour réaliser une tâche de partage, les enfants poursuivent

fréquemment la méthode de partage à répétition en deux parties égales. Cette logique est faisable pour un nombre entier pair. Pourtant dans le cas d'un nombre entier impair cela est infaisable. Dans une situation-problème l'élève est invité à partager une pomme en 3 parts égales. Pour résoudre ce problème, l'élève coupe la pomme en 2 parties égales, puis il coupe à nouveau chaque partie en 2 morceaux égaux. L'élève a donc 4 parties égales. À ce stade, l'élève ne peut partager la pomme qu'en un nombre pair et plus particulièrement en un nombre pair de puissance de deux.

Deshaies a aussi constaté que le partage en un nombre pair de parties est plus rapidement maîtrisé que d'autres : le partage d'un objet en 2, 4, 8, 16, 32 est plus facile à faire que le partage en 6, 10, 12 parce que ce dernier implique un facteur impair. Pothier et son collaborateur (Pothier et Sawada, 1983 ; cité par Deshaies, 2006) soulignent que les élèves maîtrisent d'abord le partage en deux en tranchant la forme géométrique donnée en deux morceaux égaux. Après l'acquisition et la compréhension de cette technique, l'élève peut en effet réaliser un partage où le nombre de parties demandées est une puissance de deux (4, 8, 16, 32, etc.). Les chercheurs interprètent cela en disant que l'élève utilise à répétition le partage en deux pour atteindre le nombre de parties demandées dans telle ou telle situation-problème. Les élèves apprennent au fur et à mesure à partager en nombre impair de parties : l'élève après avoir compris et acquis le partage en 2, 4, 6… sera capable de partager une forme géométrique ou un objet concret donné en 3, 5, 7, etc.

3.9. Conclusion du chapitre

Nous voyons que la notion de fraction est très importante. Cette dernière provient de la pluridisciplinarité de l'utilisation de cette notion. Elle pose un problème tant pour les enseignants que les élèves. Selon certains chercheurs et didacticiens les difficultés viennent essentiellement du passage des nombres entiers aux nombres rationnels, de la généralisation des règles des nombres entiers sur les fractions et de la multiplicité des significations et des interprétations de cette notion. Pour d'autres, la manière de représenter et de visualiser les fractions par l'enseignant est une source principale de cette difficulté. Les potentiels pédagogiques du TNI/TBI peuvent contribuer à faciliter et à concrétiser l'enseignement-apprentissage des fractions. Selon les programmes et les manuels scolaires, l'élève à la fin de l'école primaire doit avoir acquis les compétences lui permettant d'utiliser les fractions simples et décimales dans plusieurs contextes et de réaliser certaines opérations sur les fractions. Les études de Piaget et ses collaborateurs (1948) et de Parat-Dayan et Vonéche (1991) montrent que l'enfant de 4-5 ans peut partager un objet en moitié sans tenir compte de

l'égalité des parties obtenues. Ces études montrent également que la construction de la notion de fraction nécessite un changement allant de la distribution au partage, de la mise en relation locale à la mise en relation généralisée et de la fraction sur objet à la fraction relationnelle.

4. Retour sur la problématique et les hypothèses de recherche

Nous rappelons qu'à partir d'ici, pour simplifier nous n'employons plus que l'appellation TNI.

Dans notre recherche, le TNI n'est pas un instrument isolé des autres éléments existants en classe mais il est un dispositif techno-sémio-pragmatique (Peraya, 1999). Dans cette signification le TNI réunit trois entités : la technique, la sémiotique et le social. De ce point de vue, le TNI est donc vu comme l'ensemble des interactions entre trois domaines : technologique, système de relations (cadre technosocial) et système de représentations (de l'ordre du sémiocognitif). Le TNI, en tant que dispositif technico-pédagogique, permet de faire évoluer la pédagogie transmissive vers des modèles constructivistes. Cette construction du savoir par l'intermédiaire du TNI est à la fois individuelle et collective. Dans ce modèle constructiviste, le TNI joue un rôle d'instrumentation dans la relation entre le sujet et la communauté et entre ceux-ci et l'objet d'étude.

La notion de fraction est une représentation abstraite du réel. Le développement de la pensée abstraite telle que la notion de fraction chez l'enfant pendant le stade d'opérations abstraites pose beaucoup de problèmes comme le souligne Piaget *et al*. (1948). L'enfant peut également à ce stade concevoir que la somme des parties distribuées reconstitue le tout. De leur côté, Parat-Dayan et Vonèche (1991) soulignent qu'à cet âge les enfants se perdent dans l'enchevêtrement des parties de parties et des parties identiques et différentes. Les recherches conduites sur la didactique des mathématiques montrent également que les élèves sont confrontés à de nombreux problèmes pour apprendre, comprendre et conceptualiser la notion de fraction. L'enseignant rencontre aussi des difficultés pour faire comprendre aux élèves cette notion mathématique (Carette *et al.*, 2009 ; Bolon, 1992 ; Coquin et Camos, 2006). Ces difficultés proviennent de plusieurs sources : la façon de représenter et de visualiser les fractions, la méthode pédagogique suivie par l'enseignant, les supports utilisés pour aider les élèves à concrétiser les fractions, la limitation des situations-problèmes fractionnaires données aux élèves, etc. À partir de ces travaux, nous pensons que la notion de fraction génère un ensemble d'obstacles cognitifs chez les enfants.

Les supports papiers peuvent concrétiser la notion de fraction mais les manipulations ne sont pas faciles car il n'y a pas d'interactivité. Le TNI pourrait être une solution

complémentaire, voire alternative parce qu'il possède ces possibilités pédagogiques. La représentation des fractions par des matériaux concrets et par des situations-problèmes fractionnaires trop restreintes incitent les élèves à cerner exclusivement l'interprétation des fractions dans la conception des parties d'un tout et du partage. Cette représentation conduit donc les élèves à se confronter à des problèmes cognitifs sur toutes les opérations sur les fractions. Dans son article publié en 1992, Bolon montre que 66% des élèves de 6ème ne savent pas que l'écriture $1+\frac{4}{10}$ représente la fraction 14/10. 65% d'entre eux ne sont pas en mesure de placer la fraction 9/4 sur une ligne graduée de 0 à 3 et enfin, la moitié d'entre eux ne parviennent pas à situer la fraction ½ sur la même droite graduée. Coquin et Camos (2006) soulignent que les erreurs observées ne sont pas dues au hasard mais sont reproductibles et durables. Elles sont attribuées à des représentations et conceptions non adaptées. Ces conceptions et représentations erronées font obstacles pour les élèves à la suite de l'apprentissages des fractions.

L'enseignement des fractions par des objets concrets aide les élèves à saisir ce qu'est une fraction. Pourtant cette technique est limitée et elle ne peut pas aider les élèves à acquérir toutes les connaissances liées aux fractions.

> La difficulté naît au moment de l'introduction des opérations telles que les additions ou multiplications de fractions. Le fait que les fractions évoquent une représentation concrète (la fameuse « part de tarte ») rend l'idée même d'opérations sur les fractions difficilement concevable par les enfants. Par exemple, il est difficile de concevoir l'addition d'une demi-pomme et un quart de tarte et il est totalement impensable de multiplier un cinquième de pomme et trois quarts de tarte. Il est donc tout à fait primordial que l'enfant se détache des représentations concrètes afin de concevoir les fractions comme des nombres. (Coquin et Camos, 2006, p. 151)

D'autres enseignants comme celui de la classe de CM1 de notre étude préfèrent commencer l'enseignement-apprentissage des fractions par des objets concrets puis ils utilisent des objets symboliques et/ou géométriques. « *Avant le TNI j'utilisais surtout pour les premières séances un gâteau pour enseigner les fractions aux élèves de CM1. Cette méthode m'a aidée à expliquer aux élèves la nature de cette notion et de répondre ainsi à leurs questions : que veut dire le mot fraction ? Mais avec le TNI je n'utilise plus le gâteau parce que le TNI me permet de représenter les fractions à l'aide de différents moyens et supports* » (EN1, p. 41 en annexes)[29].

En utilisant des objets concrets, les enseignants limitent considérablement les situations-problèmes du fractionnement de l'unité et du partage. Ils se focalisent

29 Tous les numéros de pages des entretiens renvoient aux annexes.

exclusivement sur la conception partie d'un tout. Cela restreint également la compréhension des élèves des autres interprétations de la notion de fraction. La conception des fractions comme partie d'un tout empêche, en effet, les élèves de considérer les fractions comme des nombres. Les expériences quotidiennes de partage amènent donc les enfants à considérer les fractions comme des parties d'un tout plutôt que comme un nombre à part entière (Coquin et Camos, 2006). En outre, l'enseignant doit changer régulièrement les objets concrets pour adapter son enseignement à l'apprentissage des fractions.

Le TNI permet à l'enseignant de varier les ressources pédagogiques utilisées en classe ainsi que les situations-problèmes données. L'enseignant élargit les situations-problèmes traitées dans la classe grâce à l'accès à Internet. Ceci facilite les exercices à donner dans divers contextes allant des matériaux concrets de la vie quotidienne à la représentation symbolique des fractions. La pluralité des contextes de partages et de divisions permet aux élèves d'avoir une idée plus étendue sur le fractionnement et de ne pas considérer exclusivement les fractions comme des parties d'un tout. Cela aide aussi les élèves à considérer la notion de fraction comme une notion dépassant les cas simples de partage, avec des situations-problèmes variées conduisant les élèves à estimer les fractions comme un nombre pouvant être utilisé pour résoudre de manière plus pertinente des situations de partages, de mesures, de repérages d'un point sur une droite graduée, etc.

Avec le TNI, il est plus facile de visualiser et de représenter une fraction donnée. Celui-ci permet de représenter une fraction d'une manière plus concrète et plus compréhensible pour les élèves. Une partie importante des élèves considèrent les fractions comme des nombres inférieurs à l'unité (Kerlake, 1991 ; cité par Coquin et Camos, 2006). Les élèves pensent que les fractions sont des parties de formes entières, ces parties étant plus petites que le tout.

La possibilité d'enregistrer et de mémoriser les activités effectuées dans la classe semble un atout très important de l'usage du TNI. L'enseignant peut partager cette mémoire avec les élèves en l'imprimant, en l'envoyant par courriel, ou en la mettant en ligne. Cela aide les élèves à reprendre les situations d'enseignement-apprentissage antérieures quand ils souhaitent réviser ou trouver une information. L'enseignant peut aussi feuilleter sur l'écran pour faire une révision collective des concepts traités durant une période scolaire, trimestrielle, annuelle, etc. devant toute la classe. Le TNI devient donc « *la mémoire de la classe d'une heure à l'autre car on pourra très facilement revenir sur une trace, même lointaine* […]. *Il sera alors plus facile de faire des ponts entre les séances, entre les chapitres, de mettre les élèves en conditions et de créer des liens entre les notions* » (Leroux, 2009, p.

51). L'enseignant peut ainsi présenter et enregistrer les travaux des élèves. Avec la fonctionnalité d'annotation, l'enseignant corrige également le travail d'un élève devant la classe entière. Les différentes annotations de corrections réalisées sur la fiche d'un élève seront enregistrées et l'élève aura sa fiche avec les différentes remarques. Cela aide l'élève à comprendre l'origine de sa faute dans son raisonnement et à mémoriser les principes de la solution pertinente. L'enseignant peut aussi mettre en lumière le travail original d'un élève en le présentant devant la classe entière. Cela aide les élèves à comprendre les étapes de la méthode appropriée pour la résolution d'une situation-problème fractionnaire. En outre, le TNI permet à l'enseignant de faire une comparaison entre les travaux des élèves. L'enseignant peut donc comparer les diverses méthodes ou techniques suivies par les élèves pour résoudre quelques situations-problèmes. Cela conduit les élèves à s'interroger sur les points faibles de leur raisonnement et de se focaliser sur la méthode appropriée pour aboutir aux bons résultats.

Les supports multimodaux (visuels et manipulables) peuvent servir aussi la représentation et la conceptualisation de la notion de fraction. Le TNI peut aussi proposer des représentations diverses de la notion de fraction. Un élève, dans l'étude de Wall *et al*. (2005), a souligné cette capacité du TNI en montrant que ce dispositif numérique « *aide parce que nous pouvons voir les choses, entendre et faire bouger les choses autour du tableau* » (Wall *et al*., 2005, p. 862, traduction libre). Cet instrument permet également de faire des combinaisons entre ces supports multimodaux. Ceux-ci ont un effet sur la motivation des élèves pour apprendre les mathématiques en attirant leurs attentions vers les notions abordées en classe (Miller *et al*., 2005a et 2005b). Ces supports sont ainsi une aide cognitive pour les élèves dans la représentation et la conceptualisation de la notion de fraction.

L'aspect visuel joue un rôle important en attirant l'attention et la concentration des élèves sur les différents points lors du traitement d'une situation. Il aide aussi les élèves à concrétiser les concepts fractionnaires abstraits et à mémoriser visuellement les procédures de la résolution d'une solution. Le fait de voir les fractions représentées et visualisées d'une façon dynamique, fractions sous forme d'images statiques et/ou animées, a un effet considérable sur la compréhension et la conceptualisation des élèves.

Les supports manipulables médiés par le TNI, quant à eux, ont un impact pour faciliter et favoriser l'apprentissage des fractions. Ces représentations kinesthésiques peuvent être effectuées par l'enseignant ou par ses élèves. L'utilisation du TNI offre l'occasion de créer un environnement d'apprentissage très pertinent. Dans cet environnement médiatisé par le TNI, l'élève devient un acteur actif et il s'engage dans toutes les procédures de l'apprentissage de la notion de fraction. « *Les TBI permettent aux enseignants de créer des séances dynamiques*

où chaque leçon devient une expérience d'apprentissage sur mesure. S'il est utilisé de la bonne façon, l'apprentissage peut devenir plus interactif, amusant et attirant, ce qui permet d'augmenter l'engagement et la mémorisation du contenu » (McIntyre-Brown, 2011, p. 3, traduction libre). Les représentations manipulables permettent également de concrétiser les relations fractionnaires et de « *mémoriser et d'imprimer les images projetées sur le TNI dans le cerveau* » (EL6-2, p. 77).

La représentation des fractions par l'intermédiaire du TNI est renforcée aussi par la diversité des modalités du travail. Le TNI permet de varier les modalités de réalisation des activités fractionnaires en classe. Ces modalités prennent trois formes : en grand groupe, en petits groupes et enfin individuellement. L'enseignant peut varier entre ces modalités lors de la représentation des fractions selon l'objectif de sa situation d'enseignement et selon les besoins de ses élèves. Il peut en effet se focaliser sur un élève ou sur un petit groupe d'élèves pour réexpliquer une notion qui n'est pas acquise par un ou plusieurs élèves.

L'interaction supportée par l'usage du TNI peut aussi favoriser la représentation des fractions. Ce dispositif numérique augmente à la fois l'interaction enseignant-élèves et élèves-élèves (Lewin *et al*., 2008). Lorsqu'un élève ou un groupe d'élèves représente une fraction donnée sur le TNI, celui-ci interagit avec le reste de la classe pour expliquer la logique de sa représentation. Ces discussions permettent de produire ensemble, d'échanger et de partager les connaissances fractionnaires avec toute la classe. Les élèves apprennent à représenter une fraction donnée en faisant aussi des erreurs ensemble. Dans l'étude de Levy (2002), les élèves ont souligné que la discussion et le partage du travail avec les autres leur ont permis d'examiner des idées et de donner des bonnes explications.

La représentation des fractions par l'intermédiaire du TNI peut aussi aider l'élève à se détacher des représentations concrètes afin de concevoir les fractions comme un nombre à part entière. Avec cet instrument on peut élargir les situations-problèmes qui dépassent le fractionnement de l'unité et le partage. Ceci permet d'élargir la compréhension des élèves à d'autres conceptions de la notion de fraction en dépassant les situations trop restreintes et, en diminuant les erreurs attribuées à des représentations et conceptions non conformes.

Le TNI possède donc des possibilités pédagogiques pouvant jouer un rôle de facilitateur et de concrétisation pour l'enseignement et l'apprentissage des fractions. Cet instrument numérique permet de faire varier les ressources pédagogiques utilisées. Le TNI permet également de représenter et de visualiser les fractions d'une manière plus concrète et plus interactive. Il permet aussi de favoriser les interactions entre les différents acteurs de la classe. La manipulation directe des fractions par l'élève semble aussi un atout pédagogique de

l'usage du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage. **Comment et à quelles conditions peut-on exploiter pédagogiquement les potentialités du système d'activités instrumentées par le TNI dans les processus d'enseignement et d'apprentissage des fractions ?**

4.1. Questions de recherche

Nous n'avons pas pu expliciter notre problématique de recherche en nous contentant d'une seule question centrale. Notre cadre théorique développé au sein de cette recherche nous a permis de préciser nos questions de recherche et de les décliner en trois grandes questions : interactivité technico-pédagogique, modalité de travail et, supports multimodaux.

4.1.1. Première question de recherche : interactivité[30] technico-pédagogique

En quoi l'interactivité technico-pédagogique supportée par l'usage du tableau numérique interactif permet-elle aux élèves de favoriser et de faciliter leur compréhension de la notion de fraction ?

Cette première question centrale se décline en trois sous-questions :

- L'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions ?
- L'interaction enseignant-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ?
- L'interaction élève(s)-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ?

4.1.2. Deuxième question de recherche : modalités de travail de l'enseignant et des élèves

En raison de ses modalités de travail et de l'ergonomie qu'il implique, dans quelle mesure le tableau numérique interactif peut-il être utilisé dans différents contextes pédagogiques au cours de l'enseignement et l'apprentissage des fractions ?

Cette deuxième question centrale se décline en trois sous-questions :

- Quelle modalité de l'usage du TNI a-t-elle la préférence des élèves pour apprendre les fractions ?

---

30 Dans notre recherche, nous utilisons le terme *interactivité technique* pour désigner les rapports homme-TNI (enseignant/élève-TNI) alors qu'on utilise *interactivité pédagogique* pour désigner les rapports humains (enseignant-élèves, élèves-élèves) médiatisés par le TNI. Les termes *interaction* et *interactivité* sont utilisés indifféremment pour désigner les deux cas mentionnés précédemment. L'interaction et l'interactivité sont donc utilisées comme synonymes. Toutefois, nous utilisons les termes *échanges* et *discussions* pour désigner les rapports humains médiatisés par le TNI.

- Dans quelles activités les élèves préfèrent-ils utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes, en individuel, dans les situations d'apprentissage sur les fractions ?
- Dans quels contextes les enseignants préfèrent-ils utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes, en individuel, dans les situations d'enseignement sur les fractions ?

4.1.3. Troisième question de recherche : supports multimodaux

Dans quelle mesure les supports multimodaux, visuels et manipulables, utilisés sur le tableau numérique interactif sont-ils une aide cognitive pour les élèves dans leurs apprentissages de la notion de fraction ?

Cette troisième question centrale se décline en deux sous-questions :

- Les supports visuels fournis par le tableau numérique interactif représentent-ils un appui cognitif pour les élèves lors du processus d'apprentissage de la notion de fraction ?
- Les supports manipulables fournis par le tableau numérique interactif constituent-ils un soutien cognitif pour les élèves au cours du processus d'apprentissage de la notion de fraction?

4.2. Objectifs de la recherche

L'objectif général de notre recherche de réaliser une étude exploratoire de l'utilité des trois potentiels pédagogiques du TNI pour l'enseignement-apprentissage de la notion de fraction au cycle III de l'école primaire, plus particulièrement chez les élèves de CM1 et de CM2. Cet objectif général comprend trois objectifs spécifiques :

- Reconnaître et analyser l'influence de l'interactivité technique (élèves-TNI) et les différentes sortes d'interactivités pédagogiques (enseignant-élèves, élèves-élèves) médiées par le TNI pour la construction des connaissances des élèves sur la notion de fraction. Nous étudions l'importance et l'utilité de ces différents types d'interactivités technico-pédagogiques sur l'apprentissage des élèves. Les élèves utilisent cet instrument numérique mis à leur disposition pour construire individuellement et collectivement leurs connaissances dans la discipline des fractions.
- Identifier les contextes de l'utilisation de chaque modalité du TNI. Nous analysons et exploitons les contextes où l'enseignant peut utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupe d'élèves et en individuel. Cela nous permet de mettre en œuvre les plus-values du TNI sur les diversités des modalités d'enseignement-apprentissage.
- Reconnaître et analyser l'effet des représentations visuelles et kinesthésiques des fractions médiées par le TNI sur l'aspect cognitif des élèves. Cela nous permet

d'identifier les rôles cognitifs joués par les supports multimodaux visuels et manipulables sur l'apprentissage des élèves.

4.3. Hypothèses de recherche

Le cadre théorique que nous venons d'établir pour réaliser l'étude exploratoire de l'usage du TNI pour l'enseignement-apprentissage des fractions au cycle III de l'école primaire nous amène à formuler trois hypothèses de recherche correspondent à nos trois questions énoncées précédemment.

4.3.1. Hypothèse concernant l'interactivité technico-pédagogique

Le TNI est un médiateur entre l'élève et la notion de fraction. L'élève interagit avec cet instrument numérique pour apprendre et conceptualiser les fractions. Il construit ses genèses instrumentales et développe ses schèmes d'utilisation pour exploiter cet instrument mis à sa disposition. Le TNI médiatise également les interactions entre l'enseignant et les élèves lors de l'enseignement-apprentissage. L'enseignant au fur et à mesure développe ses schèmes d'utilisation et construit ses genèses instrumentales lui permettant de gérer les différentes interactions médiées par le TNI et de faire varier des situations pédagogiques en multipliant des activités constructives et productives proposées aux élèves. Cet instrument est aussi un moyen dans les interactions entre les élèves. Ces différentes interactions médiatisées par le TNI jouent, à notre avis, un rôle dans l'apprentissage des élèves dans la notion de fraction. Notre première hypothèse tente donc de valider que si les diverses interactions médiées par le TNI facilitent l'apprentissage et la compréhension des élèves de la notion de fraction.

Concernant donc la question de l'interactivité technico-pédagogique, nous pouvons supposer que les interactivités techniques et pédagogiques médiées par le tableau numérique interactif doivent permettre aux élèves de mieux comprendre les fractions.

4.3.2. Hypothèse concernant les modalités de travail de l'enseignant et des élèves

Les situations d'enseignement sur les fractions animées par le TNI se font selon trois modalités : en grand et petits groupes et, de manière individuelle. L'enseignant peut utiliser cet instrument devant toute la classe pour présenter les consignes de la situation d'enseignement, pour corriger les travaux des élèves, pour mettre en commun les concepts qu'il vient d'aborder, etc. Il peut aussi utiliser le TNI avec des petits groupes d'élèves pendant les séances d'ateliers pédagogiques en se focalisant sur les élèves qui n'ont pas bien compris les fractions. L'enseignant peut aussi diviser ses élèves en plusieurs petits groupes, chaque

groupe intervenant sur le TNI pour présenter la solution d'un exercice, d'une tâche, etc. Les élèves peuvent également utiliser le TNI individuellement. Cet usage individuel se fait soit devant la classe lorsque l'enseignant demande à un élève de venir au tableau pour répondre à une question ou pour résoudre un exercice, soit dans une séance consacrée exclusivement à un élève en difficulté. Cette souplesse dans l'ergonomie de travail du TNI joue, à notre avis, un rôle dans la diversification des contextes de l'usage du TNI. L'enseignant peut planifier des contextes pédagogiques correspondant à chaque modalité. Les élèves, de leurs côtés, préférant traiter telle ou telle activité fractionnaire selon les modalités les plus adaptées à leurs points de vue. Notre deuxième hypothèse tente donc de valider que les diverses modalités de l'usage du TNI ont un rôle sur les contextes et les activités traités en classe.

Concernant donc la question des modalités de travail, nous pouvons supposer que l'usage du tableau numérique interactif doit permettre aux enseignants de diversifier les contextes pédagogiques de l'usage de cet instrument numérique dans les situations d'enseignement sur les fractions, tandis que pour les élèves, chaque modalité sert à des activités particulières lors de l'apprentissage de la notion de fraction.

4.3.3. Hypothèse concernant les supports multimodaux

Le TNI permet de représenter et de visualiser les fractions d'une façon dynamique et concrète. L'aspect visuel de l'usage du TNI est très apprécié par les enseignants et les élèves. Le grand écran tactile permet à tous les élèves de voir les différentes figures fractionnaires projetées sur le TNI. En utilisant le TNI l'élève devient un acteur au lieu d'être un récepteur ou un spectateur de ce qui se passe en classe. Il construit et reproduit les fractions sur le TNI. Les supports multimodaux visuels et manipulables jouent, à notre avis, un rôle cognitif en aidant les élèves à conceptualiser et mémoriser la notion de fraction parce qu'ils permettent de rendre concret la notion abstraite de fraction. Notre troisième hypothèse tente donc de valider que les représentations visuelles et manipulables des fractions par l'intermédiaire du TNI constituent un élément aidant cognitivement les élèves à apprendre la notion de fraction.

Concernant donc la question des supports multimodaux, nous pouvons supposer que les supports multimodaux, visuels et manipulables, doivent constituer une aide cognitive pour les élèves dans leurs apprentissages de la notion de fraction.

PARTIE III : Méthodologie de construction des données

Cette partie comprend deux chapitres :

Dans le chapitre I nous présentons le terrain de notre recherche : l'établissement où nous avons construit nos données. Nous décrivons, ensuite, le profil des enseignantes de CM1 et de CM2 qui ont enseigné la séquence sur les fractions. Nous présentons la méthode d'échantillonnage retenue dans cette recherche, et nous terminons par quelques informations sur la population et l'échantillon de notre étude.

Dans le chapitre II nous développons nos instruments de construction des données. Nous commençons par évoquer la construction des données par les tests de connaissances. Nous présentons la définition et le principe des tests de connaissances, la construction et la mise en œuvre de nos tests. Nous poursuivons ensuite par une description de notre deuxième méthode d'investigations : l'observation directe. Puis, nous présentons les approches théoriques définissant cet instrument, la préparation et le déroulement de nos séances d'observations dans chaque classe. Nous complétons ce chapitre avec les questionnaires adressés aux enseignants et aux élèves. Nous montrons les différentes étapes de l'élaboration d'une enquête par questionnaire, la construction et la passation de nos questionnaires. Nous traitons les entretiens réalisés dans cette recherche, leurs préparations ainsi que leurs déroulements. Nous terminons ce chapitre en présentant les difficultés majeures rencontrées au cours de la construction de nos données.

1. Le terrain de recherche

Ce chapitre est constitué de cinq sous-chapitres : présentation de l'établissement où nous avons réalisé notre enquête par observation et entretien (§ 1.1.), présentation des enseignantes des classes observées (§ 1.2.). Les trois derniers sous-chapitres traitent les populations-cible (§1.3.), la méthode d'échantillonnage (§ 1.4.) et les échantillons de notre recherche (§1.5.).

1.1. Etablissement scolaire

Pour construire les données, nous avons utilisé plusieurs instruments : pré-test, post-test, observation directe, entretien, questionnaire. Nous avons interrogé les enseignants et les élèves. Il est important de souligner que les données obtenues par observations directes, par entretiens, par les pré et post-tests et d'une partie des données du questionnaire sont issues de la même école : école N° 1 (voir tableau 1). Les autres données des questionnaires proviennent d'autres écoles primaires publiques. Notre recherche est faite dans huit écoles (voir tableau 1).

TABLEAU 1 – *Les écoles « sources » de nos données ainsi que les instruments de recueil des données utilisés dans chaque école*

Ecole	Localisation	Instrument utilisé
N°1	9ème arr.	Test des connaissances (pré-test et post-test) : 24 élèves de CM1 et 24 élèves de CM2. Observation : 15 séances dans la classe de CM1 et 10 séances dans la classe de CM2. Entretien : 10 entretiens avec les élèves (5 CM1 et 5 CM2) et 2 entretiens avec les enseignants (enseignant de CM1 et enseignant de CM2). Questionnaire : 48 élèves (24 CM1 et 24 CM2) et deux enseignantes (de CM1 et CM2).
N°2	8ème arr.	Questionnaire : 25 élèves de CM2 et 3 enseignants
N°3	7ème arr.	Questionnaire : 27 élèves de CM1 et 2 enseignants
N°4	3ème arr.	Questionnaire : 23 élèves de CM1 et 2 enseignants
N°5	2ème arr.	Questionnaire : 21 élèves de CM2 et 3 enseignants
N°6	7ème arr.	Questionnaire : 3 enseignants
N°7	3ème arr.	Questionnaire : 2 enseignants
N°8	Villeurbanne	Questionnaire : 2 enseignants

Quant au questionnaire des élèves nous l'avons administré dans cinq écoles alors que celui des enseignants a été soumis dans huit écoles. Concernant la version électronique de notre questionnaire que nous avons adressé aux enseignants utilisant le TNI pour enseigner la notion de fraction, nous l'avons envoyé par courriel à toutes les écoles primaires publiques du

département du Rhône. Le site Internet du Rectorat de l'Académie de Lyon nous en a fourni la liste : 574 écoles primaires publiques[31]. Nous avons donc envoyé un mail à l'ensemble de ces écoles. Nous avons reçu 48 réponses.

Nous décrirons dans cette sous-section l'école N°1 où nous avons reçu la majorité de nos données à la fois quantitatives et qualitatives. Celles-ci ont été obtenues dans une école élémentaire publique de Lyon, située dans le neuvième arrondissement. Deux classes de cette école ont été choisies : CM1 et CM2. Chaque classe comportait 24 élèves. En CM1 il y avait 11 filles pour 13 garçons alors qu'en CM2 14 filles pour 10 garçons[32].

Lors de la prise des données, l'école comportait huit classes : deux classes de CP, deux classes de CE1, une classe de CE2, une classe mixte CE2-CM1, une classe de CM1 et une classe de CM2. L'école possède quatre TNI. Les tableaux sont dans les classes de CP, CM1 et CM2. Les deux classes de notre recherche sont équipées du TNI depuis la rentrée de septembre 2013. Le choix de ces deux classes est lié à l'enseignement-apprentissage de la notion de fraction en CM1 et CM2.

La répartition hebdomadaire du cours de mathématiques respecte les horaires d'enseignement fixés par le programme scolaire de 2008. Les enseignantes nous ont dit qu'elles respectaient plus ou moins les volumes hebdomadaires et annuels fixés dans chaque domaine disciplinaire. Elles consacrent environ cinq heures par semaine pour les mathématiques.

1.2. Présentation des enseignantes

Nous avons travaillé avec deux enseignantes : Fanny en CM1 et Sara[33] en CM2.

1.2.1. Enseignante de la classe de CM1

Fanny a suivi une formation sur les TIC et deux formations sur le TNI. La première formation sur le TNI s'est déroulée en septembre 2013 après l'installation du TNI dans la classe. Cette formation était proposée par le fabricant du TNI. Elle était purement technique et descriptive selon Fanny. C'était une formation focalisée avant tout sur l'objet du TNI et sur les principales utilisations de cet outil. La deuxième formation a été proposée par l'inspecteur de l'Éducation Nationale. C'était une formation sur les différents usages possibles du TNI en

31 À la rentrée de 2013-2014.

32 Nous n'avons pas pu collecter de données sur les catégories socioprofessionnelles des parents des élèves pour deux raisons. D'une part, parce que les élèves, à cet âge, n'en ont aucune idée et donc ne pouvaient pas nous renseigner. D'autre part, nous avons demandé ces informations à la directrice de l'école mais celle-ci n'a pas voulu nous fournir ces informations.

33 Les prénoms des enseignantes ont été modifiés.

milieu scolaire. Selon Fanny, les formations n'étaient pas satisfaisantes ni quantitativement ni qualitativement : elles étaient trop courtes et trop générales. En outre, Fanny s'est formée seule en lisant ou en consultant des sites Internet sur l'usage du TNI à l'école primaire.

En 2015 l'enseignante avait 48 ans. Elle avait vingt ans d'expérience. Au cours de ces vingt ans, elle a enseigné dans différentes classes de l'école primaire et maternelle. Les dix dernières années, Fanny n'a enseigné que dans trois classes : CE2, CM1 et CM2. Elle enseigne actuellement en CM1 depuis trois ans. Fanny n'a pas accepté d'être filmée pendant l'enseignement utilisant le TNI.

En avril 2014, nous avons obtenu son accord pour réaliser notre recherche dans sa classe pour l'année scolaire suivante 2014-2015. En janvier 2015, nous nous sommes mis d'accord avec elle sur les différentes démarches à faire pour réaliser notre recherche dans sa classe. Dès janvier 2015, elle nous a prévenu que la séquence sur les fractions à laquelle nous nous intéressions commencerait en mars. L'objectif détaillé de notre recherche a été communiqué à l'enseignante. Elle savait que c'était un travail sur les usages pédagogiques du TNI pour l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction à l'école primaire.

1.2.2. Enseignante de la classe de CM2

Sara a suivi une formation sur les TIC et deux formations sur le TNI. Comme dans le cas de Fanny, Sara a suivi une première formation sur le TNI qui a suivi l'installation du TNI dans sa classe. Il faut souligner que les deux enseignantes ont suivi ensemble cette formation technique sur le TNI. La deuxième formation a été proposée par l'inspecteur de l'Éducation Nationale. Sara aussi n'a pas été contente de cette formation : la formation était trop intensive et trop rapide. Pour s'approprier correctement l'utilisation du TNI, Sara échange beaucoup avec ses collègues toutes les informations sur le TNI.

En 2014 Sara avait 43 ans. Elle avait quinze ans d'expérience. Au cours de ces quinze ans, elle a enseigné dans différentes classes de l'école primaire en s'orientant plutôt vers les classes de CE et CM. Elle enseigne en CM2 depuis quatre ans.

En mars 2014, nous avons obtenu l'accord de Sara pour réaliser notre recherche dans sa classe à la rentrée de septembre 2014. En juin 2014, nous avons fait deux réunions avec Sara pour mettre en place les différentes démarches nécessaires pour notre investigation. Dès juin 2014 elle nous a prévenu que la séquence sur les fractions à laquelle nous nous intéressions commencerait la dernière semaine de septembre 2014. Comme dans le cas de Fanny, Sara était au courant des objectifs détaillés de notre recherche et elle n'a pas accepté d'être filmée pendant l'enseignement utilisant le TNI.

1.3. Populations-cible concernées par la recherche

Deux populations-cible impliquées par notre recherche : élèves et enseignants.

1.3.1. Population des élèves

La population enquêtée dans cette recherche concerne les élèves du Cours Moyen Première Année et ceux du Cours Moyen Deuxième Année ayant étudié la notion de fraction en utilisant le TNI. Cette population est caractérisée par la multiplicité des publics scolaires des classes de CM1 et CM2 : élèves issus de publics favorisés, de publics défavorisés, élèves scolarisés dans des classes à cours unique ou dans des classes à cours mixte. Elle se caractérise aussi par l'hétérogénéité des élèves : élèves de niveau supérieur, élèves de niveau scolaire moyen, élèves en difficulté.

1.3.1. Population des enseignants

La population enquêtée dans cette recherche concerne également les enseignants des classes de CM1 et de CM2 ayant utilisé le TNI pour animer leurs situations d'enseignement. Cette population est très diversifiée : enseignants ayant de bonnes expériences, enseignants novices, enseignants en milieu rural ou urbain, enseignants en classes à cours unique ou à plusieurs cours, etc. Elle est hétérogène du point de vue de la formation et de l'utilisation des TICE : enseignants ayant suivi ou non une formation sur les TIC et/ou sur le TNI, enseignants novices et experts dans l'utilisation de cet instrument numérique, etc.

1.4. Méthode d'échantillonnage mise en œuvre

Pour Lyonnais (2009) il y a plusieurs facteurs locaux jouant un rôle pour déterminer la méthode retenue dans le choix de l'échantillon : un seul chercheur, des moyens matériels et financiers limités, une période très limitée pour recueillir les données dans le temps. Pour notre recherche on ne peut qu'interroger les enseignants ayant utilisé le TNI pour animer les situations d'enseignement sur les fractions. Quant aux élèves, on ne peut que sonder les élèves ayant leurs enseignants qui ont utilisé cet outil technologique exclusivement pour visualiser et représenter les situations d'enseignement sur les fractions. Le choix d'une zone géographique et institutionnelle limitée est aussi un facteur de réussite de l'opération de sondage. Nous n'avions aucune information sur les écoles possédant un TNI dans le département du Rhône. En effet, beaucoup d'écoles ne sont pas équipées en TNI. Mais a contrario beaucoup d'écoles équipées ont des enseignants qui ne l'utilisent pas. Certains directeurs d'écoles n'ont pas accepté notre intervention dans leur établissement. Plusieurs enseignants n'utilisent pas le TNI pour animer leurs situations d'enseignement sur les fractions ou quand ils l'utilisent c'est seulement au début de la séquence sur les fractions pour présenter aux élèves des figures

représentant des fractions. Il y a aussi des enseignants qui ont utilisé le TNI pour animer leurs situations d'enseignement mais ils n'ont pas accepté de répondre au sondage pour eux et pour leurs élèves. Certains enseignants ont accepté d'être interrogés mais ils n'ont pas accepté de sonder leurs élèves comme cela a été le cas dans certaines écoles et plus particulièrement dans les écoles numérotées 6, 7 et 8 de notre étude (voir tableau 1). Beaucoup d'enseignants ont accepté de répondre à notre enquête par questionnaire mais ils ont refusé l'observation directe et les entretiens.

En prenant en considération tous les éléments mentionnés précédement, la méthode empirique retenue pour choisir nos échantillons répond donc à la fois aux contraintes de lieux, de temps, de possibilités d'accès à l'information, de cohérence et de cohésion avec l'objectif de notre recherche (voir tableau 2). La méthode d'échantillonnage retenue est l'échantillonnage par convenance. Celle-ci est une technique non probabiliste consistant à interroger les premières personnes rencontrées acceptant de répondre et capables de fournir des informations sur le sujet à étudier. Dans cette méthode une partie considérable de la population cible n'a peut-être pas la chance d'être choisie. Seuls sont choisis les individus se trouvant dans le lieu où le chercheur réalise son enquête. Dans un échantillon par convenance, il est très important, d'une part, de situer les répondants à l'enquête (population impliquée) par rapport à la population cible et d'autre part, d'espèrer que l'échantillon ne soit pas trop biaisé (Dépelteau, 1998). L'échantillonnage par convenance même s'il est très courant en sciences humaines et sociales, fait courir le risque d'obtenir des résultats contingents, c'est-à-dire, liés à l'échantillon choisi et donc peu généralisables. Cette méthode ne garantit pas la représentativité de l'échantillon au sens de la définition adoptée par la communauté internationale, qui fonde la représentativité sur l'aléatoire. Nous pouvons cependant comparer le profil de notre échantillon aux caractistiques connues de la population-cible à la manière de la méthode des quotas. Face à cette situation dans laquelle nous nous trouvons en ce qui concerne la construction des données, il convient d'adopter une conduite prudente dans la généralisation des résultats obtenus comme le souligne Lyonnais (2009).

Il est aussi important de rappeler que dans notre recherche, nous n'avions pas d'autres choix pour construire nos échantillons : il était impossible de faire autrement. Nous avons pris en compte une grande diversité de variables : sexe, âge, ancienneté dans l'enseignement, ancienneté dans l'utilisation du TNI, fréquence d'utilisation du TNI, suivi d'une formation sur les TICE et sur le TNI en particulier, objectifs de l'usage du TNI, etc. Cela nous permet de contrôler un peu les biais échantillontaux de sorte que nos échantillons représentent une bonne image de la population cible. En outre, nous avons combiné les modes d'investigations

qualitatives et quantitavies, ce qui nous a permis de faire certains croisements entre les données obtenues.

TABLEAU 2 – *Les méthodes suivies dans la construction de nos échantillons*

Population-cible	Enseignants des classes de CM1 et de CM2 ayant utilisé le TNI pour animer leurs situations d'enseignement sur les fractions	Élèves de CM1 et de CM2 dont les enseignants ont utilisé le TNI pour animer leurs situations d'enseignement sur les fractions
Sous-population-cible	Département du Rhône et Lyon intra-muros	Département du Rhône et Lyon intra-muros
Méthode d'échantillonnage de l'enquête par test de connaissances		Composition de l'échantillon des 2 classes (CM1, CM2) au sein desquelles est appliqué le test de connaissances des fractions (pré-test, post-test) à partir de l'acceptation de l'enseignant de chaque classe
Taille de l'échantillon de tests de connaissances des fractions		Pré-test : CM1= 24, CM2 = 24 Post-test : CM1 = 24, CM2 = 23
Méthode d'échantillonnage de l'enquête par observation directe	Composition de l'échantillon des enseignants des classes de CM1 et de CM2 sur la base du volontariat	Composition de l'échantillon des 2 classes (CM1, CM2) au sein desquelles est conduite l'enquête par observation directe (toute la classe) à partir de l'acceptation de l'enseignant de chaque classe
		Pour construire le petit groupe de chaque classe, nous avons fait un tirage aléatoire de 4 élèves de chaque classe en fonction du sexe et des niveaux de performances scolaires en mathématiques. Ce tirage a été fait à partir d'une liste de 24 élèves répartis sur 3 sous-listes selon les 3 niveaux scolaires suivants : niveau supérieur, niveau moyen, niveau faible
		Pour choisir un élève pour l'observation individuelle, nous avons réalisé un tirage aléatoire d'un élève en difficulté

		d'apprentissage à partir d'une liste de 5 élèves dans la classe de CM1 et à partir d'une liste de 6 élèves pour la classe de CM2
Taille de l'échantillon d'observation	2	CM1= 24 élèves, CM2 = 24 élèves Nombre de séances observées : Grand groupe : CM1= 3, CM2 = 3 Petit groupe : CM1 = 10, CM2 = 5 Individuel : CM1 = 2, CM2 = 2
Méthode d'échantillonnage de l'enquête par entretien	Composition de l'échantillon des enseignants sur la base de 2 enseignants dans l'école de l'étude	Composition de l'échantillon des élèves dont les parents ont accepté que leurs enfants soient interrogés dans notre enquête d'entretien à partir de la base des 48 élèves observés
Taille de l'échantillon d'entretien	2	CM1 = 5, CM2 = 5
Méthode d'échantillonnage de l'enquête par questionnaire	Composition de l'échantillon des enseignants ayant accepté sur la base du volontariat de répondre à la version papier de notre questionnaire adressé aux enseignants	Composition de l'échantillon des élèves dont les enseignants ont accepté de distribuer le questionnaire
	Composition de l'échantillon des enseignants ayant accepté sur la base du volontariat de répondre en ligne à notre questionnaire	
Taille de l'échantillon du questionnaire	19 pour la version papier, 48 pour la version électronique	CM1 = 74, CM2 = 70

1.5. Taille de l'échantillon-enseignants et de l'échantillon-élèves

Dans cette recherche à la fois quantitative et qualitative, nous avons utilisé plusieurs méthodes d'investigation. Nous avons interrogé à l'aide d'une enquête par questionnaire des enseignants et des élèves des écoles primaires (Département du Rhône et Lyon intra-muros). Dans la limite du temps imparti pour le recueil des données nous avons pu obtenir l'échantillon suivant : 211 réponses dont 67 enseignants, 74 élèves de CM1 et 70 élèves de CM2 ont été obtenues par questionnaire (voir tableau 3). Nous avons également réalisé 12 entretiens individuels semi-directifs : 2 avec les enseignants des classes observées, 5 avec les

élèves de CM1 et 5 avec les élèves de CM2. Nous avons pu aussi observer 48 élèves (24 élèves de CM1 et 24 élèves de CM2) et 2 enseignants. Nous avons donc réalisé un total de 25 séances d'observation dans les deux classes : 15 séances dans la classe de CM1 et 10 séances dans la classe de CM2. D'autre part, nous avons effectué un test de connaissances dans les classes observées avant et après l'usage du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Nous avons effectué un pré-test sur 48 élèves (24 élèves de CM1 et 24 élèves de CM2) et un post-test sur 47 élèves (24 CM1 et 23 CM2)[34].

TABLEAU 3 – *La taille des échantillons enseignants et élèves*

	Pré-test	**Post-test**	**Observation**	**Entretien**	**Questionnaire**	**Total**
Enseignants	-	-	2	2	67	71
CM1	24	24	24	5	74	151
CM2	24	23	24	5	70	146
Total élèves	48	47	48	10	144	297

2. Instruments de construction des données

Pour examiner nos hypothèses de recherche, il nous a fallu construire des données nous permettant d'aboutir à cet objectif. Dans le cadre de cette recherche, nous avons eu besoin de connaître les effets des trois potentiels pédagogiques du TNI sur l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction à l'école primaire.

1) L'interactivité technico-pédagogique ;
2) Les modalités et l'ergonomie de travail ;
3) Les supports multimodaux visuels et manipulables.

Nous avons au préalable construit un test de connaissances des fractions en CM1 et en CM2 (pré-test et post-est) pour tester les connaissances des élèves acquises avant et après l'utilisation du TNI. Nous avons réalisé dans un deuxième temps une observation directe dans deux classes de l'école primaire (CM1 et CM2) pendant l'enseignement-apprentissage des fractions durant l'année scolaire 2014-2015. Nous avons dans un troisième temps construit une enquête par questionnaire ciblée vers chacune des catégories d'acteurs de notre recherche (enseignants et élèves). Cette enquête par questionnaire est complétée enfin par une enquête à l'aide d'entretiens semi-directifs auprès d'élèves et d'enseignants.

34 Dans la classe de CM2 il y a 24 élèves. Nous avons effectué le pré-test sur ces 24 élèves. Pourtant nous n'avons réalisé le post-test que sur 23 élèves parce que l'élève N° 24 n'a pas fait le post-test (il était absent le jour de la réalisation du post-test). Cet élève n'a fait que le pré-test.

Le terrain où les enquêtes par observation et entretien ont été menées est une école primaire publique de la ville de Lyon. Par contre, concernant le questionnaire, c'est l'ensemble des écoles primaires publiques du Rhône qui ont été interrogées. Nous décrivons ci-après les outils de construction des données utilisés dans cette recherche.

2.1. Construction des données par des tests de connaissances

2.1.1. Autour des tests de connaissances : définition et principes

Bonboir (1972a) souligne que pour les élèves, l'expression « nous avons test » signifie automatiquement qu' « il y a examen ». Pour ces derniers, il faudra faire la preuve qu'ils satisfont aux demandes de l'école et du programme scolaire. Dans cette acception le mot « test » signifie donc « épreuve ». Il s'agit d'épreuves simples, rapides, mais aussi précises que possible. Ces épreuves donnent un véritable reflet des connaissances acquises par l'élève. En psychologie, l'association internationale de psychotechnique (1933) cité par Mialaret (1953) définit le test comme suit : « *c'est une épreuve définie, impliquant une tâche à remplir, identique pour tous les sujets examinés, avec une technique précise pour l'application du succès ou de l'échec, ou pour la notation numérique de la réussite. La tâche peut comporter une mise en œuvre de connaissances acquises (test pédagogique)* » (Mialaret, 1953, p. 66). Les examens et les tests de connaissances semblent similaires pourtant il y a une différence considérable entre ces deux termes. Un examen est une série d'épreuves à déterminer l'aptitude d'un individu à obtenir un résultat lui permettant d'évoluer. Alors que les tests de connaissances prennent en compte le comportement acquis par les interactions entre l'individu et les différents aspects de son environnement : physique, culturel, numérique, etc. « *Un avantage indiscutable du test, c'est de permettre une analyse diagnostique des défaillances individuelles, tout en permettant la comparaison des résultats d'un chacun avec la moyenne obtenue pour la majorité des sujets* » (Bonboir, 1972a, p. 75). Le test de connaissances doit comprendre deux qualités : pédagogique et statistique. La qualité pédagogique doit répondre aux critères du test (disciplines du savoir à mesurer) alors que la qualité statistique, quant à elle, doit permettre de prendre une décision. Selon Mialaret (1953), il y a des conditions à prendre en compte avant, pendant et après le déroulement de l'épreuve.

2.1.2. Construction des données par l'application de nos tests de connaissances

Pour connaître l'état des connaissances des élèves sur les fractions, nous avons conçu un pré-test de connaissances, avant l'expérimentation du TNI, pour les élèves de CM1 (Annexe 1) et pour les élèves de CM2 (Annexe 3). Nous avons également construit un post-

test de connaissances des fractions pour ces deux classes (Annexes 2 et 4). Le but de ces tests est d'apprécier le progrès dans les connaissances fractionnaires des élèves grâce à l'utilisation du TNI. Nous prenons ici la définition de Bonboir (1972b) du mot « mesurer ». Celui-ci souligne que « mesurer » c'est chercher à connaître une quantité par le moyen d'une mesure. Nous quantifions les connaissances fractionnaires acquises par les élèves en utilisant les tests de connaissances (pré et post test).

Pour les deux classes, nous avons effectué le pré-test la veille du début de la séquence sur les fractions[35]. Alors que nous avons réalisé le post-test durant la semaine suivante de la fin de la séquence[36].

Concernant la construction des tests, nous l'avons conçu en faisant référence aux compétences attendues des élèves à la fin de chaque classe comme il est défini dans le programme scolaire de mathématiques de 2008. Durant nos réunions avec Fanny et Sara pour la préparation des démarches à effectuer pour le déroulement de notre recherche, nous avons discuté avec les deux enseignantes pour connaître leurs méthodes d'évaluation des connaissances. Nous leur avons indiqué que dans notre recherche nous allions effectuer un test avant et après l'usage du TNI.

Concernant le déroulement du test nous étions présents. Le déroulement s'est très bien passé et n'a posé aucun problème pour les élèves. Pour le pré-test, les enseignantes ont expliqué à leurs élèves la nature et l'objectif de ce test. Pour ne pas perturber les élèves avec le pré-test, les enseignantes ont informé les élèves que ce test ne sera pas communiqué aux parents et il ne sera pas non plus utilisé pour évaluer leurs niveaux. Elles ont ajouté que c'était un test pour un chercheur voulant connaître vos connaissances préliminaires sur les fractions. Par contre, pour le post-test, les enseignantes ont informé leurs élèves qu'il s'agissait d'un test grandeur nature pour évaluer leur compréhension de la notion de fraction. Les résultats de ce test seront remis aux parents. Nous avons appliqué le pré-test sur 24 élèves de CM1 et 24 élèves de CM2.

2.2. Construction des données par observation directe

2.2.1. Enquête par observation : définition, principes et modalités

Cette mode d'investigation se base sur l'observation du comportement des individus et des phénomènes étudiés. En recourant à cette méthode, le regard de l'enquêteur porte sur les

35 Pour la classe de CM1 le pré-test s'est déroulé le 04 mars 2015 et le 18 septembre 2014 pour les élèves de CM2.

36 Le post-test s'est déroulé le 29 mai 2015 pour les élèves de CM1 et le 17 octobre 2014 pour les élèves de CM2.

phénomènes eux-mêmes et non sur les perceptions des phénomènes par les personnes sondées. Dans cet instrument de recueil des données, comme le souligne Dépelteau (1998), l'enquêteur observe donc l'individu ou le groupe d'individus dans le milieu naturel en pleine action et dans son milieu de vie.

L'observation prend deux formes : directe et indirecte. Dans l'observation directe, l'observateur est dans le milieu d'action des individus qu'il étudie. Cette observation est « *adaptée pour enquêter sur "les comportements qui ne sont pas facilement verbalisés, ou qui le sont trop" et où l'on risque de n'accéder qu'à des réponses convenues, sur les "pratiques non officielles", qu'elles soient occultées ou "très visibles, quoique perçues comme trop peu légitimes par les acteurs pour qu'ils songent à les évoquer", ou bien encore trop banales pour que les enquêtés y prêtent attention* » (Arborio et Fournier, 1999, p. 20). Alors que sur l'observation indirecte on se fonde sur la vidéo de l'environnement de l'action envisagée. On observe ultérieurement les comportements et les phénomènes à étudier.

En sciences humaines et sociales on distingue deux types d'observations : participante et non participante. Bogdan et Tylor (1975) soulignent que l'observation participante désigne une recherche caractérisée par une période d'interactions sociales fortes entre le chercheur et les sujets dans le milieu de ces derniers. Au cours de cette période, des données sont systématiquement collectées. En recourant à cette méthode l'enquêteur s'immerge dans la vie des gens observés : il est partie prenante de l'action et son identité de chercheur devient secondaire. Pour De Ketele (1983) l'observation participante prend deux formes : l'observation participante passive et l'observation participante active. Dans la première forme, l'observateur entre dans le milieu, observe, mais n'intervient pas. Alors que dans la deuxième forme, l'observateur joue un rôle pouvant modifier certains aspects de la vie du groupe observé.

Concernant l'observation non participante, l'observateur ne s'intègre pas dans la vie des individus étudiés et il ne participe pas au phénomène étudié. Il préfère observer de l'extérieur (Deslauriers, 1991). Cette méthode évite l'influence de l'enquêteur sur les comportements des personnes observées. Pour Dépelteau (1998) l'observation non participante permet de recueillir des données plus objectives qu'une observation participante.

Dans une observation directe, il est impossible de pouvoir tout observer. C'est pourquoi, le chercheur doit préparer une grille d'observation qui aide l'observateur à concentrer son attention sur les aspects entrant en relation avec la problématique de la recherche. « *Les deux objectifs principaux d'une grille d'observation sont de balayer les*

différents aspects de la situation à observer et d'aider le chercheur à évaluer le trait observé » (Mialaret, 2004, p. 66).

2.2.2. Réalisation de l'enquête par observation

Pour réaliser notre observation, nous avons pris en compte les règles et les recommandations mentionnées précédemment. Nous avons réalisé une observation directe non participante avec une grille d'observation (Annexe 5). Cette observation est à la fois individuelle et collective. Dans notre observation, nous nous sommes concentré sur les comportements du groupe (élèves-enseignant) et d'une personne soit élève, soit enseignant face à l'utilisation du TNI.

Nous avons observé 24 élèves de CM1 et 24 élèves de CM2 avec leurs enseignantes. Nous avons réalisé une observation directe des élèves en situation d'apprentissage. Cette observation s'est faite en trois niveaux (voir tableau 4). Nous avons tout d'abord observé la classe entière puis nous avons, dans un deuxième temps, zoomé notre observation sur un groupe de 4 élèves qui apprenaient et travaillaient ensemble les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Nous avons dans un troisième temps réalisé une observation sur un seul élève ayant besoin d'un soutien scolaire pour favoriser son apprentissage. À côté de notre grille d'observation, nous avons posé trois questions aux élèves observés en petits groupes et en individuel durant les séances observées. Nous nous sommes inspiré des travaux de St-Jaques (2013).

- Qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui ? Peux-tu m'expliquer pourquoi ?
- Qui ou qu'est-ce qui t'a le plus aidé durant le cours aujourd'hui ?
- Que t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ? Peux-tu me donner un exemple ?

Nous avons été présent en classe une semaine avant le début de la séquence de fractions. Cette semaine préalable avait pour but de permettre aux élèves de s'habituer à notre présence dans la classe et d'éviter que celle-ci n'influence trop leurs comportements. Dans chaque classe nous avons effectué trois séances d'observation blanche ou première observation. Ces observations nous ont permis d'élaborer et d'affiner notre guide d'observation (Annexe 5).

Les opérations se sont déroulées comme suit. Dans la classe de CM1 nous avons réalisé notre observation du 5 mars 2015 au 22 mai 2015[37]. L'observation s'est déroulée deux fois par semaine. Dans la classe de CM2 l'observation s'est réalisée du 19 septembre 2014 au

[37] Les leçons sur les fractions ont été interrompues à cause des vacances scolaires de printemps de 2015 (11 au 26 avril 2015). Le traitement des fractions s'est donc fait en deux périodes : les périodes 4 et 5.

10 octobre 2014, 2 à 3 fois par semaine. Dans les deux classes, l'observation a eu lieu dans la matinée. Nous décrivons ci-après le déroulement de notre observation.

TABLEAU 4 – *Répartition de nos séances d'observation directe*

	Collectif	Petits groupes	Individuel	Total
CM1	3	10	2	15
CM2	3	5	2	10
Total	6	15	4	25

2.2.2.1. Première modalité de notre enquête par observation : classe entière

Nous avons observé en premier lieu la classe entière. Chaque classe observée comprend 24 élèves. En CM1 la classe se compose de 11 filles et de 13 garçons alors qu'en CM2 la classe comprend 14 filles et 10 garçons. Dans chaque classe nous avons réalisée 3 séances d'observation (voir tableau 4).

Ce niveau d'observation nous a permis de voir la façon dont l'enseignant représente et visualise les fractions en utilisant le TNI. Cela nous a permis de mettre en lumière les supports multimodaux fournis par le TNI et de voir l'enseignant exploiter ces supports au cours de ses situations d'enseignement. Nous avons également pu étudier les contextes où l'enseignant utilise le TNI en grand groupe et sous quelles conditions il permet aux élèves d'utiliser cet instrument numérique. En outre, nous avons également vu la réaction des élèves envers leurs manipulations kinesthésiques des fractions sur le TNI. Nous avons pu aussi identifier la façon dont le TNI médiatise les interactions entre l'enseignant et les élèves et entre ceux-ci. Ainsi que la médiatisation de la relation entre tous les acteurs et les fractions.

2.2.2.2. Seconde modalité de notre enquête par observation : petit groupe

Concernant la deuxième modalité de notre observation, il s'agit d'observer un petit groupe d'élèves en situation d'apprentissage des fractions. Nous avons concentré notre observation sur un groupe de 4 élèves travaillant et apprenant ensemble les fractions. Ce groupe comprenait deux filles et deux garçons. Le niveau de performances scolaires de ces quatre élèves en mathématiques était aussi hétérogène : un élève de niveau supérieur, deux élèves de niveau moyen et un élève de niveau faible.

Pour la construction du petit groupe, concernant la classe de CM1, Fanny nous a fourni le classement suivant de ses élèves en mathématiques : 7 élèves de niveau supérieur, 12 élèves de niveau moyen et 5 élèves de niveau faible (voir tableau 5 et Annexe 15). S'agissant de la classe de CM2, Sara a classé ses élèves : 6 élèves de niveau supérieur, 12 élèves de

niveau moyen et 6 élèves de niveau faible (voir tableau 5 et Annexe 15). Puis, nous avons fait un tirage aléatoire de chaque catégorie pour construire le petit groupe de chaque classe. Pour les élèves de niveau moyen nous avons décidé de prendre un garçon et une fille. En revanche pour les niveaux faibles et niveaux supérieurs nous ne voulions pas choisir un élève selon son sexe. Pour avoir un groupe homogène nous avons été obligé parfois de faire un tirage aléatoire avec remise si le nombre de filles ou de garçons était supérieur à 2.

En appliquant les règles précédentes de construction du petit groupe de chaque classe, nous avons obtenu les deux petits groupes suivants : en CM1 celui-ci est constitué de l'élève numéro 6 (fille de niveau supérieur), les élèves numéros 9 et 15 (respectivement fille et garçon de niveau moyen) et l'élève numéro 23 (garçon de niveau faible). Nous avons réalisé 10 séances d'observation focalisées sur le petit groupe d'élèves de CM1 (voir tableau 4).

TABLEAU 5 – *Répartition des élèves de CM1 et CM2 selon le niveau de performance scolaire en mathématiques selon la catégorisation de leur enseignant*

Niveau de performance scolaire	**CM1**	**CM2**
Supérieur	7	6
Moyen	12	12
Faible	5	6
Total	24	24

Concernant la classe de CM2 le petit groupe observé est constitué de l'élève numéro 3 (garçon de niveau supérieur), les élèves numéros 8 et 18 (respectivement fille et garçon de niveau moyen) et l'élève numéro 22 (fille de niveau faible). Pour cette classe, nous avons réalisé 5 séances d'observation focalisées sur le petit groupe d'élèves (voir tableau 4).

L'observation directe d'un petit groupe d'élèves en situation d'apprentissage nous a permis de voir la façon dont ces élèves interagissent entre eux durant leur apprentissage d'une notion médiée par le TNI. Nous avons aussi pu voir comment le TNI médiatise la relation interpersonnelle entre les élèves dans la classe. Cette observation dirigée vers un groupe homogène nous a également permis d'étudier la possibilité d'utiliser cet instrument pour l'apprentissage en petits groupes. Nous avons enfin pu évaluer l'utilité de l'usage individuelle du TNI par les élèves.

Deux points concernant la relation entre le petit groupe et la classe entière sont à souligner. Dans le temps où les élèves du petit groupe travaillent ensemble, le reste des élèves n'est pas totalement isolé mais il participe à la réalisation des activités faites en classe. Durant l'étude du petit groupe pour résoudre un problème, les autres élèves ne participent pas à cette tâche parce qu'ils sont eux-mêmes en train de résoudre les leurs. Mais lorsque le petit groupe

manipule ou présente la solution d'un problème par l'intermédiaire du TNI tous les élèves de la classe peuvent poser et/ou répondre à des questions. Ce qui signifie que pour le petit groupe, il y a deux niveaux de communauté : celle du groupe et celle des autres élèves de la classe et l'enseignant. En outre, lors de notre observation du petit groupe nous avons aussi pu observer des actions concernant la classe entière.

2.2.2.3. Troisième modalité de notre enquête par observation : individuel

Concernant la troisième modalité de notre observation directe, c'est l'utilisation du TNI avec un élève considéré en difficulté d'apprentissage des fractions. Pour choisir cet élève, nous avons fait un tirage aléatoire à partir d'une liste de 5 élèves en difficulté en classe de CM1 (liste fournie par Fanny) et à partir d'une liste de 6 élèves en difficulté en classe de CM2 (liste fournie par Sara). Rappelons que la classification dans la catégorie « élève en difficulté dans l'apprentissage des fractions » est réalisée selon les critères des enseignants des classes concernées. Il s'agît d'élève qui bénéfice du dispositif d'aide personnalisée. En CM1 l'élève aidé est un garçon alors qu'en CM2 l'élève aidé est une fille. Ces deux élèves ont besoin d'une aide personnalisée pour favoriser leur apprentissage et pour leur permettre de mieux comprendre les situations d'apprentissage sur les fractions. Selon les enseignants ces deux élèves rencontrent des difficultés dans toutes les matières et en particulier dans les mathématiques. Chaque élève reçoit une aide par son enseignant tout au long de l'année scolaire (2014-2015) une fois par semaine.

Nous avons travaillé sur deux séances pendant deux semaines avec chacun des élèves. Les séances observées se sont déroulées dans la salle de classe habituelle et ont été réalisées après les horaires de la classe, soit de 16h15-17h. Dans ces séances l'enseignant réexpliquait à son élève les concepts qu'il n'avait pas compris. Il lui montrait des situations-problèmes compliquant le concept et les étapes conduisant à la solution. Puis, il lui donnait des problèmes pour évaluer l'avancée de son apprentissage. Dans ces séances, l'élève partageait l'utilisation du TNI avec son enseignant. Il l'utilisait beaucoup plus que l'enseignant.

L'observation directe d'un élève en situation d'apprentissage individuel avec le TNI nous a permis de voir comment l'élève interagissait avec l'instrument numérique mis à sa disposition lors de son apprentissage, et comment le TNI médiatisait la relation interpersonnelle entre l'enseignant et l'élève et entre ces deux acteurs et l'objet de l'étude. Cette observation nous a également permis d'étudier la possibilité d'utiliser cet instrument pour la ré-médiation des élèves en difficulté.

2.3. Construction des données par enquête par questionnaire

2.3.1. Enquête par questionnaire : définition et étapes

Le questionnaire est un instrument de recueil des données très utilisé par les chercheurs en sciences humaines et sociales. Les questions composant le questionnaire peuvent être de deux types comme le souligne Régnier (2008) : soit des questions ouvertes, soit des questions fermées.

Les étapes d'une enquête par questionnaire sont nombreuses. Elles vont de la construction de l'enquête à l'analyse des résultats obtenus en passant par l'administration de cette enquête. Pour Mucchielli (1993) l'enquête par questionnaire comporte douze principales étapes (voir figure 36).

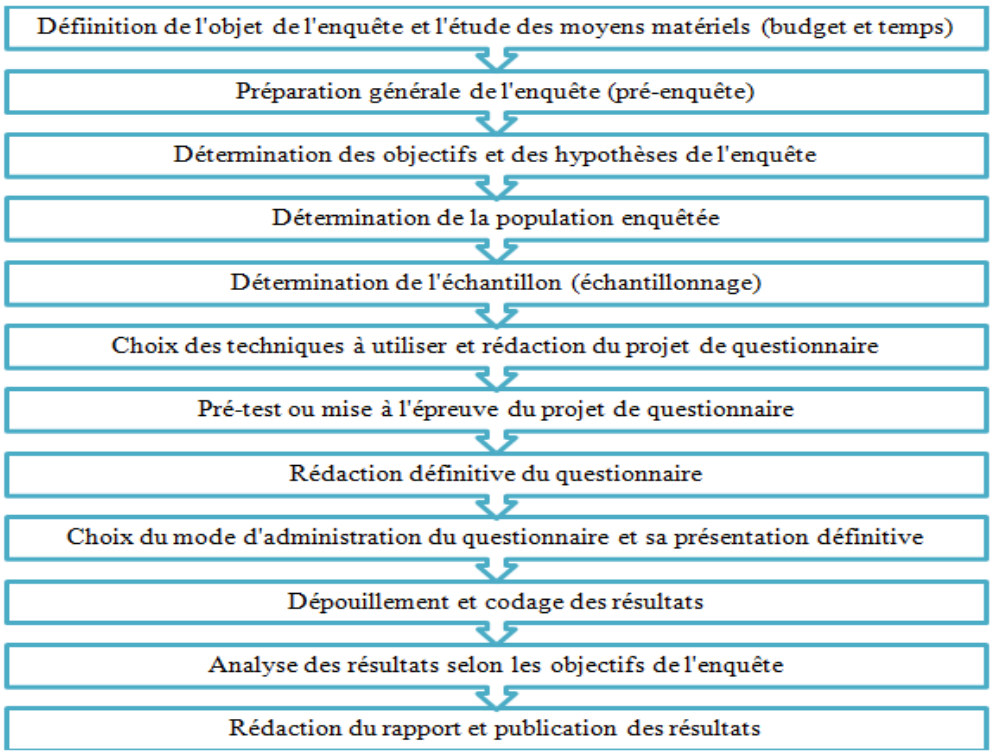


FIGURE 36 – *Les étapes d'une enquête par questionnaire d'après Mucchielli (1993)*

2.3.2. Réalisation et administration de notre questionnaire

Nous avons construit trois questionnaires (Annexes 7, 8 et 9) ciblés vers chacune des catégories d'acteurs de notre recherche : élèves de CM1 (Annexe 7), élèves de CM2 (Annexe 8) et enseignants (Annexe 9). Les trois questionnaires comprennent quelques questions communes. Le questionnaire adressé aux élèves de CM1 et celui destiné aux élèves de CM2 sont quasi similaires. La différence entre ces deux questionnaires se trouve dans les questions Q7, Q17, Q18 et Q19 (voir annexes 7 et 8). Ces quatre questions se focalisent essentiellement sur les connaissances fractionnaires attendues des élèves à la fin de chaque classe.

En ce qui concerne la forme des questions, nous avons proposé des questions fermées pour la plupart des questions adressées aux élèves parce que cela permettait d'obtenir des réponses pour ceux qui n'étaient pas à l'aise dans l'expression de leurs points de vue face à des questions ouvertes. Dans presque toutes les questions fermées, nous avons proposé aux élèves de justifier en quelques mots leurs réponses. Le temps accordé pour répondre à notre questionnaire était de 45 minutes. Mais en réalité le temps pris pour répondre à ces questionnaires n'a pas dépassé les 30 minutes.

Nous avons proposé aux enseignants des questions fermées, semi-fermées et ouvertes. Nous avons créé deux versions de ce questionnaire : papier et électronique. La version électronique a été établie avec Google Forms. Cette version électronique a été envoyée par courriel à toutes les écoles primaires publiques du département du Rhône. Nous avons obtenu la liste des écoles primaires publiques du Rhône à partir du site Internet du Rectorat de l'Académie de Lyon (574 écoles primaires publiques). Nous avons envoyé à l'ensemble de ces écoles un courriel contenant un message destiné aux enseignants utilisant le TNI pour enseigner la séquence de fraction à l'école primaire. Nous avons précisé dans notre mail l'objectif de notre recherche. Le courriel contenait également le lien pour répondre au questionnaire. Nous avons envoyé le mail aux écoles en mars 2015 parce qu'il y a des enseignants abordant la séquence des fractions dans la période 3 ou 4 (surtout les enseignants de CM1). Puis nous avons relancé notre demande en juin 2015 parce qu'il y a des enseignant débutant la séquence des fractions dans la cinquième période.

Nous avons distribué nos questionnaires par deux moyens : en face à face et électroniquement. Concernant le questionnaire des élèves nous l'avons distribué en face à face. Nous étions présents lors de la passation de tous les questionnaires destinés aux élèves de CM1 et de CM2. Certains élèves ont posé des questions : doit-on choisir plusieurs réponses ou une seule ? Sommes-nous obligés de justifier notre réponse ? Nous avons pu distribuer 74 questionnaires en CM1 et 70 questionnaires en CM2. Pour les enseignants nous avons distribué 19 questionnaires en face à face. Par voie électronique nous avons envoyé le questionnaire à 574 écoles primaires. Nous avons reçu 48 réponses.

Il faut souligner que dans la transcription, nous avons rectifié les réponses textuelles des élèves (CM1 et CM2) sur les questions semi-fermées et ouvertes. Cette correction a concerné uniquement les fautes d'orthographe ou grammaticales génératrices d'ambiguïté. Dans cette transcription, nous n'avons pas modifié le sens des réponses (voir Annexe 16).

2.4. Construction des données par enquête par entretien

2.4.1. Enquête par entretien : définition, principes et modalités

Ce mode d'investigation se fonde sur des échanges verbaux entre deux personnes : l'interviewé et l'interviewer. L'entretien « *est une interaction limitée et spécialisée conduite dans un but spécifique et centrée sur un sujet particulier* » (Deslauriers, 1991, p. 33). Cette méthode est une rencontre interpersonnelle où l'enquêteur pose des questions à un interviewé pour collecter des informations selon les objectifs de la recherche définis auparavant par le chercheur (Dépelteau, 1998).

Les chercheurs distinguent plusieurs types d'entretiens. Cette distinction se fait selon deux facteurs principaux : le degré de liberté donné aux personnes interviewées et le niveau de profondeur des informations recueillies (Dépelteau, 1998). Pour Régnier (2000) on peut distinguer cinq principaux types d'entretiens de recherche : clinique, clinique psychanalytique, non directif, compréhensif et d'explicitation.

Pour aboutir aux objectifs attendus de l'entretien, il faut que l'enquêteur planifie et prépare soigneusement son enquête. Cela comprend plusieurs choix : avant, pendant et après l'entretien.

Les chercheurs conseillent également d'élaborer un guide d'entretien centré sur les concepts clés de la recherche. Ce guide « *est un ensemble organisé de fonctions, d'opérateurs et d'indicateurs qui structure l'activité d'écoute et d'intervention de l'interviewer. Le degré de formalisation du guide est fonction de l'objet de l'étude (multidimensionnalité), de l'usage de l'enquête (exploratoire, principale ou complémentaire) et de type d'analyse que l'on projette de faire* » (Blanchet et Gotman, 1992, p. 61). Selon Kaufman (1996) la grille d'entretien est un simple guide, pour faire parler les interviewés autour du sujet. L'idéal étant de déclencher une dynamique de conversation plus riche qu'une simple réponse aux questions, tout en restant dans le thème. Pour y parvenir, il faut que la grille ait été au préalable totalement assimilée, rédigée avec attention, apprise par cœur ou presque.

L'entretien n'est pas exclusivement individuel, il peut aussi être collectif. Dans certains cas, les entretiens de groupe sont beaucoup plus féconds parce que les informations recherchées se trouvent au niveau des interactions entre les différentes personnes (De Ketele et Roegiers, 1993). Cet entretien est également intéressant lorsque le chercheur souhaite vérifier par le groupe les données obtenues à partir d'entretien individuel (Van Der Maren, 1996).

2.4.2. Réalisation de l'enquête par entretien

Nous avons réalisé des entretiens semi-directifs individuels avec les enseignants et les élèves. Ces entretiens ont suivi des approches semi-directives de l'entretien compréhensif de Kaufman (1996). Dans l'entretien compréhensif, comme le souligne Kaufman, l'enquêteur s'implique activement dans les questions, pour amener la personne enquêtée à se livrer sans réserve.

Les objectifs de notre entretien étaient de compléter les données obtenues à partir de notre enquête par observation dont nous avons parlé précédemment. Notre entretien visait à recueillir de nouvelles informations et de comprendre la perception des élèves et des enseignants sur l'usage du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions.

Nous avons effectué dix entretiens (5 CM1 et 5 CM2) sur 48 élèves[38] que nous avons accompagnés lors de notre observation directe. Nous avons élaboré un guide d'entretien pour interviewer les enseignants (Annexe 11) et un autre pour les élèves (Annexe 12). L'entretien avec les enseignants comportait plusieurs groupes de questions : profil personnel et professionnel, difficultés majeures pour enseigner les fractions aux élèves de l'école primaire, différents aspects de l'usage pédagogique du TNI, représentations des fractions par le TNI, modalités d'enseignement-apprentissage des fractions par le TNI, interactions établies à l'aide du TNI. Chaque entretien avec les enseignantes a duré environ une demi-heure. Concernant l'entretien avec les élèves, nous avons questionné les élèves sur leurs perceptions face à l'usage du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions. Comment voient-ils l'utilité de l'usage du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions ? Comment préfèrent-ils utiliser le TNI ? Quelles sont les valeurs ajoutées de l'usage du TNI de leurs points de vue ?, etc. Chaque entretien avec les élèves de CM2 de CM1 a duré dizaine de minutes.

Il est important de souligner que les entretiens avec les enseignants ainsi qu'avec les élèves ont été enregistrés sur un dictaphone et transcrits manuellement par la suite (Annexes 13 et 14).

2.4.3. Déroulement de l'entretien

Les entretiens avec les deux enseignantes ont été réalisés dans leur classe et se sont déroulés après les horaires scolaires. Les entretiens avec les élèves se sont déroulés dans la classe et en présence de l'enseignant. Nous avons installé les matériels (dictaphone, guide d'entretien, papier libre pour la prise des notes) sur une même table. Durant l'entretien nous

38 Nous avons sollicité l'accord parental pour interviewer les enfants. Le consentement parental est en annexe 10.

avons noté soigneusement les gestes de l'enfant et son comportement lors de l'interview. Nous informions l'élève de la façon dont l'entretien allait se dérouler. Nous avons posé ensuite les questions couvrant les thèmes mentionnés précédemment.

2.5. Difficultés majeures rencontrées lors de la construction de nos données

Nous avons rencontré en premier lieu des difficultés pour connaître les écoles équipées en TNI. Nous avons pris contact avec le Rectorat de l'Académie de Lyon pour connaître les écoles primaires publiques possédant un TNI. Nous n'avons pas reçu la réponse attendue. La réponse du Rectorat de l'Académie de Lyon nous a fourni des données sur le nombre de TNI installé. Etant donné que nous ne disposions pas de liste des écoles dans lesquelles les TNI avaient été installés, nous avons été obligé de prendre contact individuellement avec les directeurs et enseignants de chaque école primaire. En outre, de nombreux directeurs d'écoles ont refusé notre intervention malgré l'autorisation de l'inspection académique du Rhône. Toutefois beaucoup d'entre eux ont accepté d'administrer notre questionnaire mais ils ont refusé que nous fassions une enquête par observation ou par entretien. Nous avons trouvé quelques écoles possédant un TNI mais dont les enseignants ne l'utilisaient pas. Certains enseignants nous ont aussi dit qu'ils utilisaient le TNI comme vidéoprojecteur mais non comme outil interactif et ne semblent pas être disposés à changer leurs pratiques pédagogiques. D'autres enseignants nous ont informé qu'ils n'utilisaient pas le TNI en mathématiques. Il a fallu pour l'enquête par questionnaire en ligne passer beaucoup de temps à saisir individuellement toutes les adresses électroniques des écoles. La passation du questionnaire en face en face a été difficile à effectuer parce qu'il fallait obtenir des rendez-vous avec les enseignants concernés.

PARTIE IV : Traitement, analyse des données, interprétations des résultats et discussion

Cette partie comprend six chapitres :

Dans le chapitre I nous présentons les protocoles suivis pour traiter et analyser nos données. Nous mettons en lumière les méthodes et les techniques utilisées pour traiter nos données. Nous présentons, enfin, une description des variables signalétiques et démographiques caractérisant les individus de nos échantillons.

Dans le chapitre II nous traitons et analysons les données issues du pré et post test de connaissances adressés aux élèves de CM1 et de CM2.

Dans le chapitre III nous traitons et analysons les données obtenues à partir de nos observations directes dans les classes de CM1 et de CM2.

Dans le chapitre IV nous traitons et analysons les données obtenues des entretiens réalisés avec les enseignants et les élèves.

Dans le chapitre V nous traitons et analysons les données obtenues des questionnaires soumis auprès des enseignants et des élèves.

Dans le chapitre VI nous synthétisons les principaux résultats obtenus en faisant une liaison avec les questions et les hypothèses de notre recherche. En traitant chaque sous-question, nous étudions les trois questions centrales de la recherche et en conséquence nous confirmons ou réfutons les trois hypothèses de notre recherche. Dans ce chapitre, nous interprétons et discutons également les résultats obtenus.

1. Variables et méthodes de traitement des données

Ce chapitre est constitué de trois sous-chapitres : présentation des protocoles précédents notre traitement et analyse des données obtenues (§ 1.1.), exposé des méthodes et techniques utilisées pour traiter nos données (§ 1.2.) et description des variables secondaires caractérisant les sujets de nos deux échantillons (§ 1.3.).

1.1. Protocoles précédents le traitement et l'analyse des données

Après avoir construit nos données, nous avons réalisé une série de procédures permettant de préparer nos données au traitement.

1.1.1. Construction des données par tests de connaissances

Au moment de la construction de nos tests de connaissances, nous avons accordé un poids pour chaque question. Les poids de chaque question ont été répartis par rapport aux tâches que l'élève doit effectuer dans chaque question. Par exemple, si nous avons accordé 2 points pour une question où on demande à l'élève d'écrire quatre fractions en chiffres, dans ce cas nous avons accordé un demi-point pour chaque fraction et ainsi de suite. Les copies des élèves ont été évaluées méthodiquement en attribuant des scores de 0 à 20 correspondants aux réponses fournies par les élèves. Nous avons ensuite saisi les scores de chaque élève dans un tableau Excel pour faire le traitement nécessaire. Pour chaque classe, nous avons effectué deux fois le même test de connaissances : avant et après l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions. Pour le score global nous avons essayé de ne retenir que des scores sous forme de nombres entiers. Pour cela, si un élève a obtenu une note 15.50, nous avons arrondi à 16. En revanche si un élève a obtenu 15.25 nous avons retenu 15. Autrement dit, nous avons réalisé la procédure suivante : score arrondi = partie entière [score + 0,5]. Cela est directement programmable sur Excel.

1.1.2. Enquête par observation directe

Auparavant nous avons construit une grille d'observation affinée (Annexe 5) pour collecter les données attendues de nos séances d'observation. Pour un bon déroulement de nos séances d'observation, notamment en ce qui concerne la prise des notes, nous avons paramétré notre grille d'observation. Ces paramètres (Annexe 6) nous ont permis de prendre, en réduisant la subjectivité, la décision concernant les modalités de l'utilisation du TNI, les objectifs de cet usage et, de préciser les rôles et actions faites par l'enseignant et les élèves. Après chaque séance d'observation, nous avons rédigé un compte-rendu de ce que nous avons remarqué en décodant les notes prises sur la grille d'observation ou sur les papiers libres.

Avant l'analyse des données obtenues par l'observation, nous avons analysé plusieurs fois les notes écrites afin de pouvoir les regrouper selon les thèmes à travers nos hypothèses de recherche.

1.1.3. Enquête par questionnaire

Après avoir récupéré nos questionnaires (enseignants et élèves), nous avons commencé à saisir les données dans un tableau Excel. Dans ce tableau nous avons codé (Annexe 19) les variables quantitatives. Pour les réponses libres (variables qualitatives), nous les avons saisis telles qu'elles sont dans le même tableau Excel, sachant que pour les réponses des élèves aux questions semi-fermées et ouvertes, nous avons effectué certaines corrections linguistiques (voir Annexe 16). Celles-ci concernaient uniquement les fautes d'orthographe ou grammaticales graves sans toucher au sens des réponses. Pour traiter les réponses des élèves de CM1 et de CM2 avec le logiciel SPAD, nous les avons rassemblées dans un même tableau Excel parce que la majorité des questions sont communes aux deux questionnaires. Cela nous a permis d'avoir des résultats couvrant l'ensemble des élèves participant à cette étude. Lors de la présentation des résultats des élèves, nous avons fait une présentation générale du point de vue de tous les élèves. Ensuite, nous avons réalisé un croisement entre les réponses des élèves de CM1 et de CM2. Pour les questions non similaires, nous les avons traitées séparément.

1.1.4. Enquête par entretien

Deux grandes procédures effectuées sur les données issues des entretiens avec les enseignantes et les élèves : transcription et codage.

1.1.4.1. Transcription des entretiens

Tous les entretiens individuels réalisés avec les enseignants et les élèves ont été retranscrits intégralement, afin de nous permettre d'en faciliter l'analyse et le traitement (Annexes 13 et 14). Les répétitions, les interjections, les fautes syntaxiques, les pauses ont été conservées dans la retranscription. En revanche les fautes grammaticales, principalement dans les entretiens des élèves, ont été corrigées lors de la retranscription. Dans les citations utilisées dans le corps de cette thèse, ces éléments ont été éliminés pour en faciliter la lecture. Les fragments de phrases dans les citations ont été marqués par des crochets […].

1.1.4.2. Codage des entretiens

Pour indiquer la source des citations issues des entretiens, nous avons développé une grille de codage (voir tableau 6). Nous avons utilisé les deux premières lettres pour désigner le codage « EN » pour les enseignants et « EL » pour les élèves. Puis, nous avons numéroté

les individus. Pour les codes des entretiens des élèves, le premier numéro correspond au numéro d'élève alors que le deuxième numéro renvoie à la classe : 1 pour la classe de CM1 et 2 pour la classe de CM2. Par exemple, le code EL9-2 renvoie à l'élève numéro 9, en CM2.

TABLEAU 6 – *Grille de codage des entretiens*

Personnes interviewées	Code
Enseignante de classe de CM1	EN1
Enseignante de classe de CM2	EN2
Élève 1, élève de classe de CM1	EL1-1
Élève 2, élève de classe de CM1	EL2-1
Élève 3, élève de classe de CM1	EL3-1
Élève 4, élève de classe de CM1	EL4-1
Élève 5, élève de classe de CM1	EL5-1
Élève 6, élève de classe de CM2	EL6-2
Élève 7, élève de classe de CM2	EL7-2
Élève 8, élève de classe de CM2	EL8-2
Élève 9, élève de classe de CM2	EL9-2
Élève 10, élève de classe de CM2	EL10-2

1.2. Méthodes et techniques de traitements des données

Notre recherche s'articule autour des dimensions qualitative et quantitative. Nous avons utilisé plusieurs méthodes et techniques statistiques. Sachant qu'au cours de notre formation doctorale, nous avons suivi des cours de statistique dans le cadre d'une formation sur le traitement et l'analyse des données assurés par Jean-Claude Régnier. Le but de cette formation était de rendre notre travail d'analyse plus pertinent dans les descriptions et explications. Durant cette formation, nous avons appris à utiliser les logiciels SPAD, Excel et CHIC[39] (Couturier, 2000 ; Couturier et Gras, 2005). Cette formation nous a permis de nous familiariser à l'usage de certaines techniques de ces logiciels. Le logiciel CHIC permet le traitement des données dans le cadre théorique de l'Analyse Statistique Implicative (ASI) (Gras, Régnier et Guillet, 2009 ; Gras , Régnier, Marinicia et Guillet, 2013)

Pour traiter les tests de connaissances nous avons eu recours au test de comparaison des moyennes de deux échantillons appariés : le test T de Student. Ce test nous a permis de comparer les moyennes des notes des élèves obtenues avant et après l'expérimentation du TNI. Pour les données obtenues par les observations et les entretiens, nous avons fait des traitements et analyses manuelles sans utiliser un logiciel statistique. Nous avons présenté les résultats sous forme de pourcentage et avec des graphiques explicatifs à l'aide d'Excel. Pour

39 Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive. Pour plus d'informations sur ce logiciel veuillez consulter : http://sites.univ-lyon2.fr/asi8/?page=0

traiter et analyser les données issues de nos questionnaires, nous avons utilisé les méthodes statistiques descriptives et l'analyse statistique implicative. Pour la première méthode, nous l'avons fait en utilisant les logiciels SPAD et Excel. Nous avons eu recours à plusieurs techniques et tests statistiques dont les tests W de Kendall, le Khi-deux, l'écart-type, etc. Pour l'analyse statistique implicative nous avons utilisé le logiciel CHIC.

1.2.1. Qu'est-ce que l'Analyse Statistique Implicative ?

Selon Régnier et Gras (2005) l'analyse statistique implicative (ASI) est basée à son origine sur l'étude de variables binaires réalisées sur des populations finies ou dénombrables pour définir une relation de quasi-implication ou implication statistique. La binarité visait à traduire l'appartenance ou non d'un individu à une catégorie définie par un caractère simple ou composite : 1 correspond au fait que celui-ci possède ce caractère, 0 quand il ne le possède pas. Le principe premier de l'analyse statistique implicative repose sur la problématique d'une mesure des règles d'association du type « *si **a** alors **b*** » (Couturier et Gras, 2005, p. 679). En recourant à cette méthode statistique, on pose et résume les relations entre les variables par l'énoncé « *si l'on observe **a** dans la population alors on observe généralement **b*** » (Couturier et Gras, 2005, p. 679). L'analyse statistique implicative se fonde alors sur une approche probabiliste. Gras *et al*. (2013) considèrent qu'à ce jour l'analyse statistique implicative désigne un champ théorique centré sur le concept d'implication statistique ou plus précisément sur le concept de quasi-implication pour le distinguer de celui d'implication logique des domaines de la logique et des mathématiques. L'étude de ce concept de quasi-implication en tant qu'objet mathématique, dans les champs des probabilités et de la statistique, a permis de construire des outils théoriques instrumentant une méthode d'analyse de données. « *L'analyse statistique implicative d'une part permet de déceler les règles pertinentes à partir d'un test d'hypothèse sur des données variées, d'autre part offre, selon une démarche calquée sur la classification hiérarchique classique, une représentation hiérarchique des méta-règles et une analyse des contributions des attributs et individus aux différentes associations* » (Gras, Kuntz et Briand, 2001, p. 9).

1.2.2. Le logiciel Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive : C.H.I.C.

Le logiciel CHIC permet d'effectuer différents traitements statistiques basés sur l'analyse des similarités ou analyse implicative. (Couturier, 2000). Pour le traitement des données, celles-ci doivent être disposées sous forme d'un tableau de contingence : les variables sont disposées en colonnes et les individus sont arrangés en lignes. Couturier (2000)

souligne qu'avec CHIC on peut étudier des variables de différents types : binaire, modale, fréquentielle, quantitative ou intervalle. Les variables peuvent être soit principales, soit secondaires. Les variables modales et fréquentielles doivent avoir une valeur réelle comprise entre 0 et 1. Les valeurs des variables quantitatives sont ramenées dans l'intervalle [0 -1] en divisant toutes les valeurs par la valeur maximum obtenue par la variable. Les variables intervalles sont automatiquement découpées en différents intervalles par un algorithme approprié à partir d'un nombre d'intervalles choisi par l'utilisateur.

Après avoir formaté les données, il faut sauvegarder le fichier Excel sous le format CSV afin qu'il soit compatible avec le traitement dans CHIC. Après le formatage des données, celles-ci sont prêtes pour les différents traitements proposés par CHIC. Il s'agit d'un arbre de similarités, d'un graphe implicatif et d'un arbre cohésitif. CHIC fournit donc des représentations graphiques des résulatst aidant à comprendre les relations de quasi-implication entre les variables étudiées.

L'arbre de similarités permet d'identifier les variables ayant les mêmes caractéristiques. Au premier niveau, l'arbre réunit les deux variables les plus similaires en une classe. Au niveau suivant, il réunit, selon les cas, deux autres variables ou une variable et la classe du premier niveau. Au troisième niveau, soit deux nouvelles variables sont réunies, soit une variable est associée à une classe, soit encore, les deux premières classes sont réunies (Gras et Régnier, 2009). Dans l'exemple suivant (voir figure 37) cité par Couturier (2000) les variables ***b*** et ***d*** sont dans un premier temps les variables les plus similaires. Ensuite, l'arbre associe la variable ***a*** à la classe (***b***, ***d***), ainsi la nouvelle classe est (***a***, (***b***, ***d***)). Au niveau 3, la classe (***e***, ***f***) est formée. Au dernier niveau, les classes (***a***, ***b***, ***d***, ***c***) et (***e***, ***f***) sont réunies mais au niveau le plus bas. Les niveaux identifiés par un trait rouge sont des niveaux significatifs dans la mesure où ceux-ci ont plus de signification classifiante que les autres niveaux.

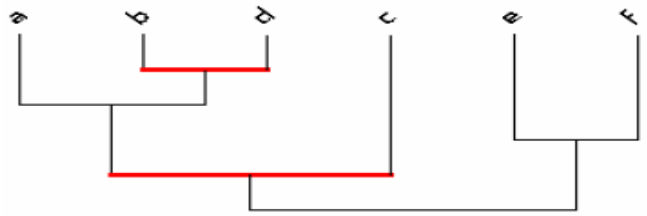


FIGURE 37 – *Arbre de similarités d'après Couturier (2000)*

Le graphe implicatif représente de manière synthétique l'ensemble des relations de quasi-implication existant entre les couples de variables étudiées (Gras, 1996). Cette manière graphique de représenter les résultats nous renseigne quant aux tendances entre les différentes

variables étudiées. CHIC permet de présenter l'analyse du graphe implicatif aux seuils d'implication de 0.99, 0.95, 0.90, 0.85.

L'arbre cohésitif est un type de représentation permettant d'identifier la cohésion entre les variables étudiées. En recourant à l'arbre cohésitif, nous pouvons étudier ce que Kuntz (2005) cité par Ndong (2015) a appelé *« la hiérarchie orientée »*. Dans l'exemple suivant (voir figure 38) emprunté à Couturier (2000), au premier niveau de la hiérarchie, on remarque que la classe (***b***, ***c***) est créée. Elle représente le fait que la variable ***b*** implique la variable ***c*** avec une intensité plus forte que tous les autres couples de variables. Au second niveau, la classe (***a***, (***b***, ***c***)) est formée. Puis finalement la classe (***e***, ***f***) est créée à la dernière étape. La flèche rouge indique que le niveau de la hiérarchie est significatif.

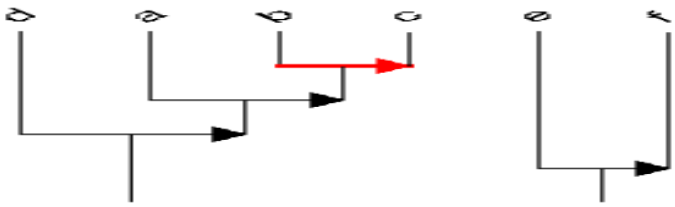


FIGURE 38 – *Arbre cohésitif d'après Couturier (2000)*

1.3. Description des variables secondaires (supplémentaires) caractérisant les individus de nos échantillons

Nous présentons ci-après les principales caractéristiques des individus participant à notre recherche. Cette description nous permet aussi d'évaluer le degré de représentativité de nos échantillons impliqués au sein de cette recherche. Nous avons onze variables secondaires (voir tableau 7) caractérisant l'ensemble des personnes enquêtées.

TABLEAU 7 – *Tableau des variables secondaires*

Code	Descriptif succinct
V1	Public : 1- Élève_CM1 ; 2- Élève_CM2 ; 3- Enseignant
V2	Classe : 1- CM1 ; 2- CM2
V3	Sexe : 1- Femme ; 2- Homme
V4	Âge : 1- Âge_1 (25 à 35) ; 2- Âge_2 (36 à 46) ; 3- Âge_3 (47 à 59)
V5	Niveau de classe enseignée : 1- CM1 ; 2- CM2 ; 3- CM_CM2 (classe mixte)
V6	Depuis combien de temps enseignez-vous dans cette classe ? 1- Ancienneté_1 (1 à 5 ans) ; 2- Ancienneté_2 (6 à 10) ; 3- Ancienneté_3 (plus de 10)
V7	Depuis combien de temps utilisez-vous le TNI ? 1- Ancienneté_1 (0.5 à 2.5 ans) ; 2- Ancienneté_2 (3 à 6)
V8	Avez-vous suivi une formation sur les TIC ? 1- Oui ; 2- Non
V9	Avez-vous suivi une formation spécifique sur le TNI ? 1- Oui ; 2- Non
V10	Fréquence d'utilisation du TNI en général (dans toutes les matières) : 1- Rarement ; 2- Quelquefois ; 3- Souvent ; 4- Toujours
V11	Fréquence d'utilisation du TNI spécifiquement en mathématiques : 1- Rarement ; 2- Quelquefois ; 3- Souvent ; 4- Toujours

Pour caractériser l'ensemble des individus de notre étude, nous prenons, tout d'abord, deux variables : le sexe (V3) et la catégorie des publics ciblés par notre recherche (V1). Le traitement de ces deux variables par le logiciel SPAD nous fournit le tableau ci-dessous (tableau 8). Celui-ci nous montre qu'il y a 121 femmes et 90 hommes dans les trois catégories d'acteurs. Concernant la catégorie d'acteurs, le tableau montre qu'en CM1 il y a 38 filles et 36 garçons. En CM2, il y a 40 filles et 30 garçons. Dans la catégorie des enseignants, il y a 43 femmes et 24 hommes.

Nous étudions alors s'il y a une relation d'indépendance entre ces deux variables en recourant au test du Khi-deux. La mise en œuvre de la procédure du test du Khi-deux fournit l'information suivante : la valeur calculée $\chi^2 = 2{,}36$. Celle-ci ($\chi^2 = 2{,}36$) est inférieure à la valeur théorique 5,99 au seuil de risque de 0,05 avec le nombre de degrés de liberté de 2. Nous acceptons donc l'hypothèse nulle H0. Les variables de sexe et de public sont donc indépendantes. Ceci nous permet de dire qu'il y a une homogénéité entre les trois catégories d'acteurs par rapport au sexe. Comme on le voit en vert dans le tableau 8, dans la catégorie « enseignant », ce sont les femmes qui contribuent le plus à créer cette homogénéité. En CM1 et CM2 ce sont les garçons qui contribuent le plus. Au contraire, la couleur rouge indique la variable qui contribue le moins dans cette relation.

TABLEAU 8 – *Tableau de contingence : sexe (V3) et public (V1)*

Effectifs **% en ligne** **% en colonne**	**Elève_CM1**	**Elève_CM2**	**Enseignant**	**Ensemble**
Femme	38	40	43	121
	31,4	33,1	35,5	100,0
	51,4	57,1	64,2	57,3
Homme	36	30	24	90
	40,0	33,3	26,7	100,0
	48,6	42,9	35,8	42,7
Ensemble	74	70	67	211
	35,1	33,2	31,8	100,0
	100,0	100,0	100,0	100,0

Par rapport aux élèves participant à notre recherche, nous avons 74 élèves en CM1 et 70 élèves en CM2 comme on le voit dans le tableau 9 ci-après. Ces résultats nous montrent qu'il y a une certaine homogénéité entre le nombre des élèves interrogés dans chaque classe étudiée. Par rapport au sexe, nous avons 78 filles et 66 garçons.

Nous voulons aussi étudier s'il existe une relation d'indépendance entre la classe des élèves (V2) et le sexe (V3). La mise en œuvre de la procédure du test du Khi-deux fournit l'information suivante : valeur calculée $\chi^2 = 0{,}48$. Celle-ci ($\chi^2 = 0{,}48$) est inférieure à la valeur théorique 3,84 au seuil de risque de 0,05 avec le nombre de degrés de liberté de 1. Nous ne rejetons pas l'hypothèse nulle H0. Les variables « sexe » et « classe des élèves » peuvent donc être connues comme indépendantes. Ceci nous permet de dire qu'il y a une homogénéité entre les élèves de CM1 et de CM2 par rapport au sexe. Comme on le voit en vert dans le tableau 9, se sont les garçons dans les élèves de CM1 qui contribuent le plus à créer cette homogénéité. Ce sont les filles, en CM2, qui contribuent le plus. Au contraire, la couleur rouge indique la variable contribuant le moins dans cette relation.

TABLEAU 9 – *Tableau de contingence : sexe (V3) et classe (V2)*

Effectifs **% en ligne** **% en colonne**	**Elève_CM1**	**Elève_CM2**	**Ensemble**
Fille	38	40	78
	48,7	51,3	100,0
	51,4	57,1	54,2
Garçon	36	30	66
	54,5	45,5	100,0
	48,6	42,9	45,8
Ensemble	74	70	144
	51,4	48,6	100,0
	100,0	100,0	100,0

Concernant les enseignants et s'agissant de la variable d'âge, nous avons posé cette question sous forme de question ouverte. Nous avons ensuite catégorisé les réponses en variables intervalles. Nous avons regroupé donc l'âge des enseignants en 3 variables : âge_1 de 25 à 35 ans, âge_2 de 36 à 46 ans, âge_3 de 47 à 59 ans. Comme on le voit dans le tableau 10, il y a 26 enseignants (38,80%) appartenant à l'âge_1, 24 enseignants (35,82%) à l'âge_2 et 17 (25,37%) à l'âge_3. Ces résultats nous permettent de conclure qu'il y a un certain équilibre entre les enseignants de ces trois tranches d'âge.

TABLEAU 10 – *Répartition d'âge des enseignants (V4)*

Libellés des modalités	**Effectifs**	**Pourcentages**
Âge_1	26	38,8%
Âge_2	24	35,8%
Âge_3	17	25,3%
Ensemble	67	100%

Pour donner des informations plus détaillées sur l'âge des enseignants, nous étudions la figure 39. Celle-ci nous montre que l'âge des enseignants participant à cette recherche se situe entre 25 et 59 ans. Nous constatons que 3 enseignants (4,50%) ont un âge entre 25 et 30 ans et 2 enseignants (2,90%) ont plus de 65 ans. La figure nous montre également que 29 enseignants (43,3%) ont un âge entre 30 et 40 ans, 14 enseignants (20,90%) entre 40 et 45 ans et 19 enseignants (28,40%) entre 45 et 55 ans. Enfin, l'âge moyen des enseignants participant à cette recherche est de 40,22 ans.

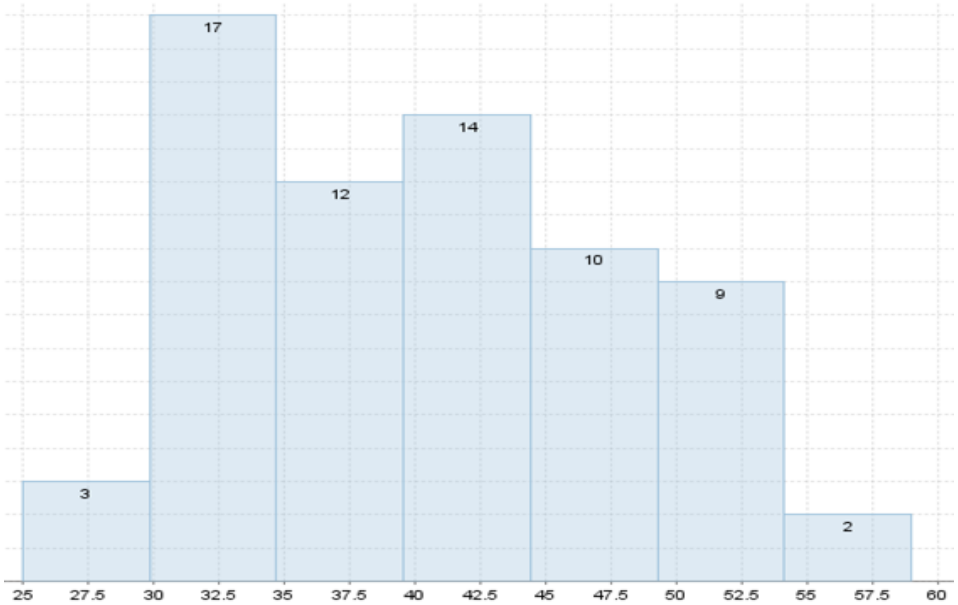


FIGURE 39 – *Histogramme représentant la répartition des enseignants enquêtés selon l'âge*

En ce qui concerne le niveau de classe enseignée, nous avons 25 enseignants de CM1 (37,31%), 30 de CM2 (44,77%) et 12 enseignants (17,91%) prenant en charge une classe de double niveau. Les résultats illustrés par le tableau 11 nous montrent qu'il y a une certaine homogénéité entre les enseignants de CM1 et de CM2 participant à notre recherche.

TABLEAU 11 – *Niveau des classes enseignées (V5)*

Libellés des modalités	Effectifs	Pourcentages
CM1	25	37,3%
CM2	30	44,7%
CM1_CM2	12	17,9%
Ensemble	67	100%

S'agissant des variables d'ancienneté dans l'enseignement des classes concernées et d'ancienneté dans l'utilisation du TNI, nous avons posé ces deux questions sous forme de questions ouvertes. Nous avons ensuite catégorisé les réponses en variables intervalles. Concernant l'ancienneté dans l'enseignement de classe concernée, nous l'avons regroupée en

3 variables : ancienneté_1 de 1 à 5 ans, ancienneté_2 de 6 à 10 ans, ancienneté_3 plus de 10 ans. Nous avons également regroupé l'ancienneté dans l'utilisation du TNI en 2 variables : ancienneté_1 de 0.5 à 2.5 ans, ancienneté_2 de 3 à 6 ans.

Comme le montre le tableau 12, deux tiers des enseignants enquêtés (65,67%) enseignent dans la classe déclarée depuis moins de cinq ans, un quart des enseignants (23,88) enseignent cette classe depuis 6 à 10 ans et enfin 10,44% des enseignants enseignent cette classe depuis plus de 10 ans. Enfin, l'ancienneté moyenne des enseignants interrogés dans l'enseignement de la classe concernée est de 5,71 ans.

TABLEAU 12 – *Ancienneté dans l'enseignement de la classe concernée (V6)*

Libellés des modalités	Effectifs	Pourcentages
Ancienneté_1	44	65,6%
Ancienneté_2	16	23,8%
Ancienneté_3	7	10,4%
Ensemble	67	100%

Concernant l'ancienneté des enseignants dans l'utilisation du TNI, 50% des enseignants utilisent le TNI depuis moins de 3 ans et 50% l'utilisent depuis plus de 3 ans comme l'illustre le tableau 13.

TABLEAU 13 – *Ancienneté dans l'utilisation du TNI (V7)*

Libellés des modalités	Effectifs	Pourcentages
Ancienneté_1	34	50,7%
Ancienneté_2	33	49,2%
Ensemble	67	100%

Pour détailler l'ancienneté des enseignants interrogés dans l'utilisation du TNI, nous étudions la figure 40. Celle-ci nous montre que 16,41% des enseignants (11 enseignants) utilisent le TNI depuis moins de deux ans, 29,85% (20 enseignants) l'utilisent depuis moins de 2 ans et demi, 29,85% (20 enseignants) l'utilisent depuis trois ans. La figure nous montre également que 20,9% (14 enseignants) l'utilisent depuis plus de quatre ans, sachant que 2,99% des enseignants (2 enseignants) n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats sont très importants parce qu'ils nous montrent qu'une grande partie des enseignants (80,6%) ne sont pas novices dans l'utilisation du TNI. Ils utilisent cet instrument numérique depuis deux ans et plus. Cela conforte notre recherche parce que ces enseignants ont une bonne expérience dans l'utilisation du TNI et ils sont en mesure d'évaluer les effets de cet instrument à la fois sur leur enseignement et sur l'apprentissage de leurs élèves. Enfin, l'ancienneté moyenne des enseignants enquêtés dans l'utilisation du TNI est de 2,69 ans.

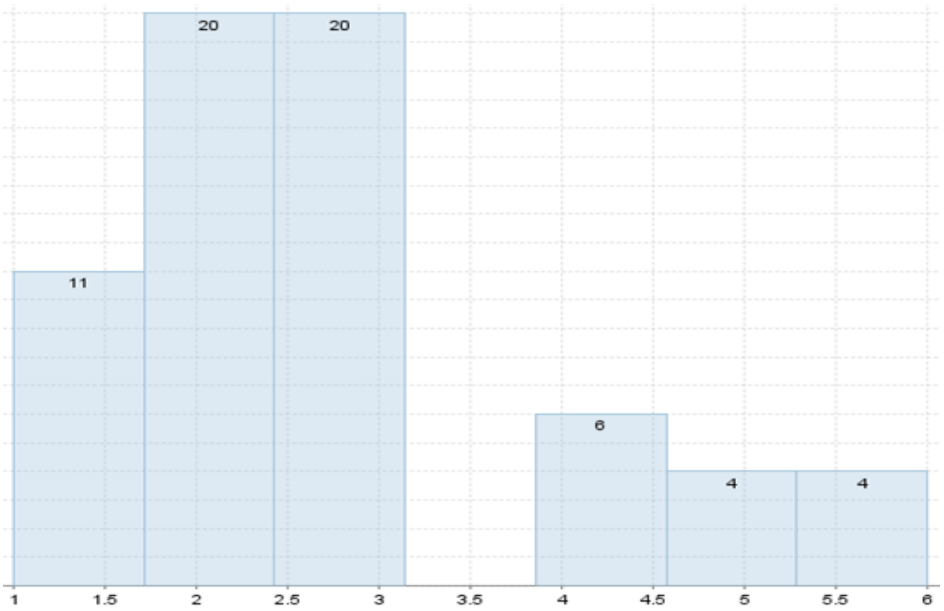


FIGURE 40 – *Histogramme représentant la répartition de l'ancienneté des enseignants dans l'utilisation du TNI*

S'agissant de la formation sur les TIC, le tableau 14 nous montre que la majorité des enseignants interrogés (89,60%) ont déclaré qu'ils ont suivi une formation sur les TIC alors qu'une petite minorité (10,40%) ont dit ne pas avoir suivi de formation sur les TIC.

TABLEAU 14 – *Participation à une formation sur les TIC (V8)*

Libellés des modalités	Effectifs	Pourcentages
Oui	60	89,6%
Non	7	10,4%
Ensemble	67	100%

Concernant la formation sur le TNI, comme le montre le tableau 15, la majorité des enseignants (83,6%) ont déclaré avoir reçu une formation pour apprendre à utiliser le TNI. Seulement 16,4% des enseignants interrogés ont dit n'avoir pas suivi de formation.

TABLEAU 15 – *Participation à une formation sur le TNI (V9)*

Libellés des modalités	Effectifs	Pourcentages
Oui	56	83,6%
Non	11	16,4%
Ensemble	67	100%

Pour la fréquence d'utilisation du TNI, nous avons posé deux questions : la première sur la fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les matières et la seconde sur la fréquence d'utilisation de cet instrument en mathématiques. Concernant la fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les matières, nous constatons que presque la moitié des enseignants

interrogés (48%), comme le montre la figure 41, utilisent « toujours » le TNI dans leur enseignement. Plus d'un tiers des enseignants participant à cette recherche utilisent « souvent » le TNI. Seulement 14% des personnes enquêtées utilisent « quelquefois » le TNI. Nous remarquons qu'aucun enseignant n'a dit qu'il utilisait « rarement » le TNI.

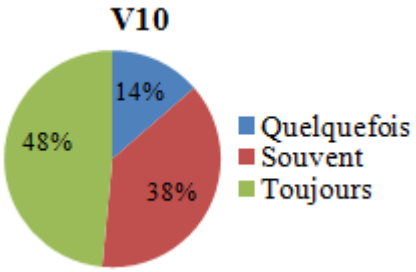


FIGURE 41 - *Fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les matières*

Par rapport à la fréquence d'utilisation du TNI particulièrement en mathématiques, nous trouvons des résultats similaires à ceux obtenus pour l'utilisation du TNI dans toutes les matières. Nous constatons que 44% des enseignants interrogés utilisent « toujours » le TNI, 41% l'utilisent « souvent », 9% l'utilisent « quelquefois » et seulement 6% l'utilisent « rarement » (voir figure 42). Ces résultats nous montrent que la majorité (85%) des enseignants participant à cette étude utilise « toujours » et « souvent » le TNI pour animer les situations d'enseignement des mathématiques. Ce pourcentage élevé des enseignants utilisant le TNI est très important pour notre recherche car ces enseignants sont des utilisateurs réguliers du TNI. Ils sont donc en mesure d'évaluer l'impact du TNI sur l'enseignement et l'apprentissage d'une notion mathématique tel que les fractions.

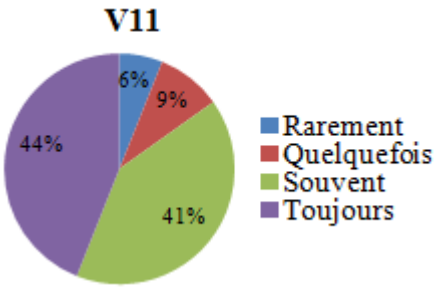


FIGURE 42 - *Fréquence d'utilisation du TNI en mathématiques*

1.4. Bilan des traitements et des analyses de l'ensemble des données construites

Nous orientons notre analyse sur quatre principaux volets :

- Les questions concernant la place et le sens des fractions ;
- Les questions relevant des interactivités technico-pédagogiques médiées par le TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions ;

- Les questions relevant des modalités de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions ;
- Les questions concernant les supports multimodaux visuels et manipulables.

2. Traitement et analyse des données obtenues par les tests de connaissances

Nous avons eu recours au test de T de Student pour traiter les données obtenues à partir du pré et post-test.

2.1. Test de comparaison des moyennes de deux échantillons appariés : le test T de Student

Ce test repose sur la comparaison des moyennes d'un même échantillon mesuré deux fois : avant et après. On recourt à ce test pour les échantillons de petite taille, soit $n \leq 30$. Le but de cette méthode statistique, comme le souligne Régnier (2008), est de tester l'hypothèse de l'identité des deux distributions de la variable par comparaison des moyennes. Sachant que la variable testée est une variable quantitative.

Pour comprendre notre décision concernant les deux énoncés hypothétiques contradictoires, nous utilisons les formules suivantes :

- X_1 : la variable X correspondant à la première série de mesures.
- X_2 : la variable X correspondant à la deuxième série de mesures.
- Δ : la différence observée entre les deux mesures, $\Delta = X_2 - X_1$
- $\overline{\Delta}$: la moyenne empirique de la variable Δ.
- S_Δ : l'écart-type empirique de la variable Δ.
- n : la taille de l'échantillon ou nombre de couples appariés.

2.2. Test de T de Student apparié pour les élèves de CM1

La correction et la notation des tests des élèves de CM1 ont donné les notes suivantes (voir tableau 16).

Pour appliquer le test de Student nous devons suivre les procédures suivantes :

Dans un premier temps formuler l'hypothèse nulle et l'hypothèse alternative.

Hypothèse nulle H_0 : il n'y a pas de différence significative entre les notes des élèves de CM1 dans le pré et post-test.

Hypothèse alternative H_1 : il y a une différence significative entre les notes des élèves de CM1 dans le pré et post-test.

Dans un deuxième temps, nous mettons en œuvre les formulations nécessaires pour le test de Student. La moyenne des différences ($\overline{\Delta}$) est 14,7083 alors que l'écart-type des différences (S_Δ) est 2,7737. Sachant que la taille de notre échantillon (n) est 24 et les degrés de liberté (ddd = n-1) est égale à 23.

Nous mettons dans un troisième temps le test de Student en application. $D = \frac{\overline{\Delta}}{\frac{S\Delta}{\sqrt{n}}}$, donc

$D = \frac{14,7083}{\frac{2,7737}{\sqrt{24}}}$, $D = \frac{14,7083}{\frac{2,7737}{4.8989}}$, $D = \frac{14,7083}{0,5661}$, D = 25,9775.

Puis nous comparons la valeur observée (25,9775) du test de Student avec la valeur théorique au seuil de risque de α = 0,025. La valeur théorique du test de T Student avec les degrés de liberté de 23 est 2,069. La valeur de $D > T_{2.5\%}$, entraine le rejet de l'hypothèse nulle : en contrepartie l'hypothèse alternative est acceptée. Selon le test de T de Student il y a une différence significative entre les notes des élèves de CM1 obtenues avant et après l'utilisation du TNI.

TABLEAU 16 – *Notes des élèves de CM1 en pré et post-test*

Elève	**X_1 Pré-test**	**X_2 Post-test**	**Δ Différences**
1	2	20	18
2	1	19	18
3	0	13	13
4	0	14	14
5	1	16	15
6	0	11	11
7	0	15	15
8	0	11	11
9	1	15	13
10	1	18	16
11	1	18	16
12	0	15	15
13	0	10	10
14	1	17	16
15	0	20	20
16	1	13	12
17	0	13	13
18	0	11	11
19	0	17	17
20	1	14	13
21	2	20	18
22	1	16	15
23	1	19	18
24	0	12	12

2.3. Test de T de Student apparié pour les élèves de CM2

La correction et la notion des tests des élèves de CM2 ont donnée les notes suivantes (voir tableau 17).

TABLEAU 17 – *Notes des élèves de CM2 en pré et post-test*

Elève	X_1 Pré-test	X_2 Post-test	Δ Différences
1	15	15	0
2	9	16	7
3	6	16	10
4	13	14	1
5	9	18	9
6	3	9	6
7	2	12	10
8	6	16	10
9	5	12	7
10	5	13	8
11	5	13	8
12	2	8	6
13	5	13	8
14	6	15	9
15	6	14	8
16	6	13	7
17	5	14	9
18	5	16	11
19	7	7	0
20	4	8	4
21	3	7	4
22	3	9	6
23	4	10	6

Nous avons obtenu les données suivantes : la moyenne des différences est 6,6956, l'écart-type des différences est 3,1106, n = 23[40] et ddl = 22.

La mise en application du test de Student nous montre que la valeur observée est 10,6956. La valeur théorique du test T de Student avec comme degrés de liberté de 23 est de 2,074. La comparaison de cette valeur observée (10,6956) du test de Student avec la valeur théorique (2,074) au seuil de risque de $\alpha = 0{,}025$ nous montre que la valeur de $D > T_{2.5\%}$, entraine le rejet de l'hypothèse nulle : en contrepartie l'hypothèse alternative est acceptée. Selon le test de T de Student il y a une différence significative entre les notes des élèves de CM2 obtenues avant et après l'utilisation du TNI.

[40] Dans la classe de CM2 il y avait 24 élèves, un élève a été absent le jour du post-test. Nous n'avons pas tenu compte de cet élève pour notre étude de comparaison des moyennes.

3. Traitement et analyse des données obtenues par les observations directes

Lors de nos observations, nous avons utilisé une grille d'observation affinée (Annexe 5) qui nous a aidé à obtenir les données souhaitées de nos séances d'observation. Pour un bon déroulement de nos observations notamment en ce qui concerne la prise des notes, nous avons paramétré notre grille d'observation. Ces paramètres (Annexe 6) nous ont permis de prendre, en toute objectivité, la décision concernant les modalités de l'utilisation du TNI, les objectifs de cet usage et, de préciser les rôles et actions faites par l'enseignant et les élèves. Dans ce chapitre nous présentons les résultats issus de nos observations dans la classe de CM1 et de CM2. Nous rappelons que nous avons réalisé 15 séances d'observation dans la classe de CM1 et 10 séances dans celle de CM2.

3.1. Résultats obtenus par l'observation des classes entières

Dans cette sous-section nous présenterons les résultats issus de l'enquête par l'observation de deux classes entières (CM1, CM2). Nous exposons les résultats en faisant référence à nos questions et hypothèses de recherche.

3.1.1. Modalités de l'usage du TNI

Nous avons constaté que les enseignantes de CM1 et de CM2 ont varié les modalités de l'usage du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions. Dans de nombreuses séances observées, les enseignantes utilisaient le TNI à la fois en grand groupe (devant toute la classe), en petits groupes et en individuel. Selon nos observations, l'usage collectif du TNI reste la modalité la plus répandue chez les deux enseignantes.

Concernant la classe de CM1, nous avons identifié 47 activités réalisées sur les fractions pendant nos observations. Grâce à cette grille d'observation, nous avons pu préciser la modalité de l'usage du TNI dans chaque activité. Dans cette classe, nous avons constaté que l'usage collectif du TNI est très présent avec 34% contre 23% pour l'utilisation individuelle. L'utilisation du TNI en petits groupes d'élèves vient en dernière position avec une fréquence de 11% (voir figure 43). Nous avons constaté que l'usage mixte des modalités occupe une place importante avec 32% des modalités totales de l'usage du TNI. Quand l'enseignante réalise une activité en utilisant plusieurs modalités nous la qualifions de modalité mixte. L'enseignante lançait une activité en collectif, puis elle demandait à un autre groupe de réaliser cette activité. Lors des discussions sur la validité de la méthode suivie, l'enseignante demandait à un autre groupe ou à un élève d'intervenir.

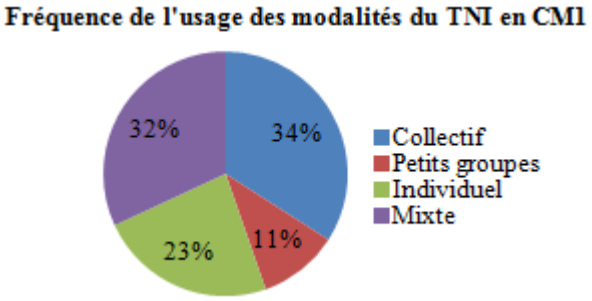


FIGURE 43 - *Fréquence de l'usage des modalités du TNI dans la classe de CM1*

En classe de CM2, nous avons identifié 36 activités sur les fractions. En CM2, l'usage des modalités du TNI est voisin de celui de CM1. L'usage du TNI en classe entière vient en première position avec 39% contre 19% pour l'usage de manière individuelle par les élèves. Par contre l'usage du TNI en petits groupes n'occupe que 11% des activités réalisées en classe. Comme c'est le cas de l'enseignante de CM1, l'enseignante de CM2 combinait les différentes modalités de l'usage du TNI lors du traitement de la même activité. L'usage mixte du TNI dans cette classe tient aussi une place importante avec 31% des modalités utilisées durant les séances sur les fractions (voir figure 44).

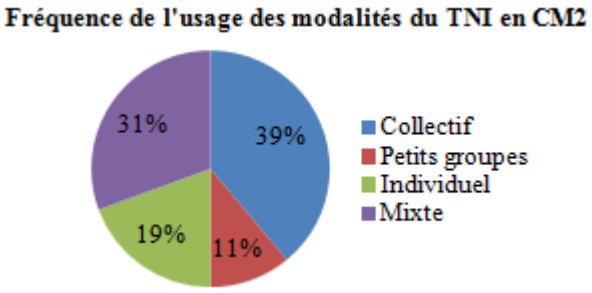


FIGURE 44 - *Fréquence de l'usage des modalités du TNI dans la classe de CM2*

Les deux précédentes figures nous montrent également le faible usage du TNI en petits groupes. Au cours de nos entretiens avec les enseignantes, celles-ci nous ont dit que l'usage du TNI en petits groupes nécessite beaucoup de temps et freine l'avancement du programme scolaire. Selon elles, la configuration de leurs classes les oblige à utiliser le TNI exclusivement en collectif et en individuel.

La répartition de l'usage de chaque modalité dans la séance se fait de la façon suivante. Les enseignantes utilisaient le TNI au début de séance en individuel ou en collectif. La séance est toujours clôturée avec l'usage du TNI en grand groupe. Comme durant la séance il y a soit des exercices à résoudre, soit des corrections, soit des activités on constate que les enseignantes utilisent toutes les modalités à la fois (voir figure 45).

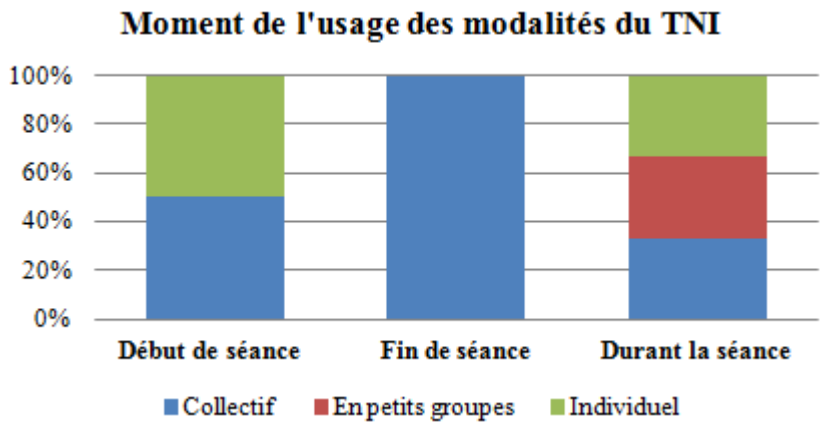


FIGURE 45 – *Moments de l'usage des modalités du TNI dans la classe de CM1*

Concernant les objectifs de l'utilisation de chaque modalité, nous avons observé que les enseignantes ont recourt à telles ou telles modalités pour des raisons différentes. Généralement, les enseignantes utilisaient le TNI en grand groupe pour faire un rappel de la séance précédente et pour faire le bilan des séances précédentes. Elles utilisaient aussi cette modalité pour présenter les objectifs de la séance du jour, donner des consignes sur la situation-problème donnée et, chercher à résoudre une situation-problème fractionnaire. La mise en commun des solutions proposées de la situation-problème fractionnaire et l'institutionnalisation des notions abordées durant la séance se font en utilisant le TNI en grand groupe. Les enseignantes ont eu recours à l'usage collectif du TNI pour faire des exercices d'entrainement sur les notions abordées dans la séance en cours et pour corriger les travaux des élèves.

Les enseignantes utilisaient le TNI en petits groupes pour chercher à résoudre une situation-problème donnée et pour faire des exercices d'entrainement sur les notions abordées. Cette forme d'usage avait aussi comme objectifs d'évaluer la compréhension des élèves sur les notions étudiées et réaliser de temps en temps des ateliers pédagogiques.

L'usage individuel a été utilisé pour mettre en commun les différentes solutions proposées par les élèves pour une situation-problème donnée et pour entrainer les élèves sur les notions que les enseignantes venaient de leur expliquer. L'usage individuel du TNI servait aussi à évaluer la compréhension des élèves sur les notions étudiées, réexpliquer ce qui n'avait pas été compris par un ou plusieurs élèves, faire à tour de rôle la résolution d'un exercice et inviter l'élève à noter sa réponse proposée. Les enseignantes ont également utilisé le TNI en individuel pour soutenir les élèves en difficulté et pour proposer un travail différencié à la fois pour ceux-ci et les bons élèves.

Selon nos observations, le TNI a été utilisé dans différents contextes. Chaque contexte correspond à un besoin des élèves. Les deux enseignantes recouraient à l'usage collectif du TNI pour donner des informations à tous les élèves. Durant cet usage, les interactions étaient plutôt entre l'enseignant et les élèves par l'intermédiaire du TNI. Les enseignantes utilisaient le TNI en petits groupes d'élèves pour constituer des ateliers pédagogiques et pour laisser les élèves découvrir le/les concepts à étudier. En utilisant cette modalité, on voit toutes sortes d'interaction : enseignant-élèves, élèves-élèves, élèves-TNI. L'usage individuel a été utilisé pour que l'élève présente sa méthode de raisonnement. Cette modalité était utilisée aussi par l'enseignante pour réexpliquer à un élève n'ayant pas compris le raisonnement présenté. L'usage du TNI pouvait être utilisé de manière individuelle et autonome par les élèves de temps à autre pour des raisons collectives. Les enseignantes demandaient à un élève d'aller au tableau pour expliquer à l'ensemble de la classe sa méthode de résolution. Dans d'autres cas, les enseignantes pouvaient demander à un élève d'expliquer, en utilisant le TNI, ce que la classe n'avait pas compris. Au cours de cette modalité, on a constaté plusieurs types d'interactions : enseignant-élèves, élèves-élèves, élèves-TNI. La présentation d'une solution par un élève en utilisant le TNI contribuait à construire les genèses instrumentales des autres élèves. Dans plusieurs exemples, nous avons constaté qu'un élève justifiait son action sur le TNI en précisant ce qu'il avait vu faire précédemment par son camarade.

3.1.2. Potentiels pédagogiques mis à profil

Nous avons constaté que les deux enseignantes ont utilisé tous les potentiels pédagogiques du TNI mentionnés dans notre grille d'observation. Toutefois, elles n'ont pas utilisé toutes ces pratiques à la même fréquence. Certaines fonctions du TNI ont été utilisées plusieurs fois durant la même séance. D'autres ont été utilisées avec des fréquences moins importantes. Les deux enseignantes ont activé l'option d'enregistrement des notes écrites sur le tableau dans les paramètres du TNI. C'est-à-dire que toutes les manipulations faites sur le TNI ont été enregistrées et archivées automatiquement sur le TNI. Durant les séances les enseignantes ont eu recours plusieurs fois à ces traces sauvegardées. Cette réutilisation avait des objectifs différents : faire un rappel des séances précédentes, réviser collectivement le contenu d'un ou plusieurs cours, présenter la bonne méthode de la résolution d'un exercice, etc.

La présentation des travaux des élèves sur le TNI est une pratique très répandue chez les deux enseignantes. Après chaque activité, chaque enseignante choisissait les travaux de quelques élèves pour les présenter devant toute la classe. Pendant cette période de

présentation, elle comparait les solutions proposées par les élèves en annotant les différences entre telle ou telle méthode. Dans plusieurs cas les élèves ont été invités, soit en petit groupes soit en individuel à écrire la fraction correspondante à la partie coloriée d'une figure donnée. Ils devaient parfois représenter sous une forme de leurs choix une fraction donnée. Une partie de ces activités a été faite en utilisant un logiciel spécial pour les fractions : PhET. Pendant ces moments d'écriture ou de représentation des fractions les élèves ont vécu des interactions interpersonnelles à la fois entre eux-mêmes et, entre ceux-ci et l'enseignante par l'intermédiaire du TNI. Lorsqu'un élève ou un groupe d'élèves passait au TNI pour répondre à une question ou un exercice, il écrivait sa réponse et il interagissait simultanément avec l'objet de son étude et avec sa communauté. Il devait justifier sa réponse. Ses camarades posaient des questions et l'enseignante exigeait des explications. Dans plusieurs cas, 4 à 5 élèves était autour du TNI et chacun devait justifier sa réponse et l'enseignante participait et gérait les interactions. Les autres élèves participaient aussi en signalant leurs accords ou non avec la réponse de tel ou tel élève ou en demandant des explications pour comprendre la logique de telle ou telle réponse. Les enseignantes avaient quelquefois recours à Internet pour rechercher des situations-problèmes au-delà de celles mentionnées dans le manuel scolaire. Cela conduisait à présenter des situations fractionnaires d'une façon animée. Les enseignantes formulaient quelques phrases en présentant sur le TNI la règle à suivre pour résoudre un exercice afin d'institutionnaliser cette notion. À la fin de chaque séance, les enseignantes écrivaient ou demandaient à un élève d'écrire ce qu'on devait retenir de cette séance.

3.1.3. Rôles et actions de l'enseignant et des élèves

3.1.3.1. Rôles et actions des élèves

En étudiant la littérature du TNI nous avons pu identifier les différentes actions que les élèves peuvent faire sur le TNI. Nous avons inséré ces actions dans notre grille d'observation en les adaptant à notre recherche. Grâce à notre grille d'observation, nous avons pu noter les rôles et actions faites par les élèves lors de l'usage du TNI dans la classe. Nous avons pu aussi marquer les rôles et les actions de l'enseignant durant les activités animées par le TNI.

Selon nos observations, nous avons pu identifier les différentes actions faites par les élèves (voir figure 46) durant les activités effectuées en classe.

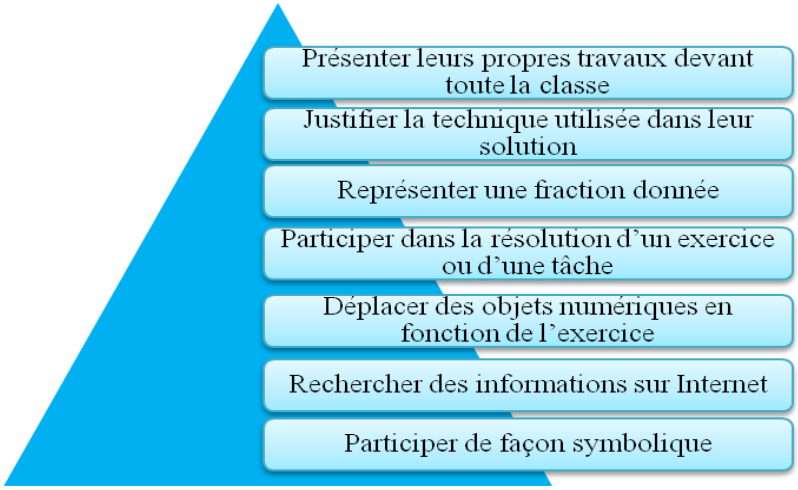


FIGURE 46 – *Classement des actions faites par les élèves sur le TNI selon l'importance de leurs fréquences (les actions les plus fréquentes sont au sommet de la pyramide)*

Comme on le voit dans la figure ci-dessus, la présentation des travaux des élèves sur le TNI devant la classe entière est l'action la plus répandue par les élèves. Cette action est suivie par l'utilisation du TNI pour justifier leurs méthodes utilisées pendant la résolution des problèmes. Ces deux actions successives nous apparaissent tout à fait logiques. Après avoir présenté le travail d'un élève sur le TNI, celui-ci devait justifier et expliquer à ses copains comment il avait procédé pour trouver la réponse. La représentation d'une fraction donnée sur le TNI sous forme d'une figure est une action aussi très présente chez les élèves de cette classe. Cette représentation prend une autre forme en faisant déplacer des objets numériques. Dans plusieurs contextes les élèves ont été invités à interagir avec un exercice. Cette interaction nécessitait de déplacer des objets pour construire ou comparer une série de fractions comme on le voit dans la figure 47. Cet exercice se faisait par le logiciel PhET. Dans cette activité les élèves de CM2 devaient comparer, soit une fraction avec une figure représentant cette fraction, soit deux figures qui représentaient la même fraction ou encore deux fractions ayant deux écritures différentes. Si la réponse de l'élève était correcte apparaissait le visage d'un bonhomme souriant et en cliquant sur « OK » les deux objets se classaient dans la rubrique « mes égalités ». L'élève obtenait également son score dans ce niveau d'activité et ainsi de suite.

Nous considérons comme une participation symbolique le fait qu'un élève se contente de donner seulement une réponse ou une phrase donnée à sa maîtresse. Cette participation, à notre avis, ne joue pas un rôle dans l'interaction de l'élève avec sa communauté et avec l'objet de son enseignement. En outre, cela n'aide pas l'élève à exploiter les potentiels pédagogiques du TNI. Nous n'avons pas constaté que cette participation occupe une place

importante dans les pratiques pédagogiques des deux maîtresses comme on le voit dans la figure 46.

Les rôles des élèves durant les activités animées par le TNI étaient très dynamiques. Ceux-ci participaient dans la résolution de problèmes, interagissaient avec le TNI et avec les fractions, construisaient leurs connaissances. Les élèves manipulaient le TNI en présentant leurs solutions ou en représentant une fraction donnée. Par l'interaction avec leurs camarades et avec leurs enseignantes les élèves participaient également à la construction collective du savoir.

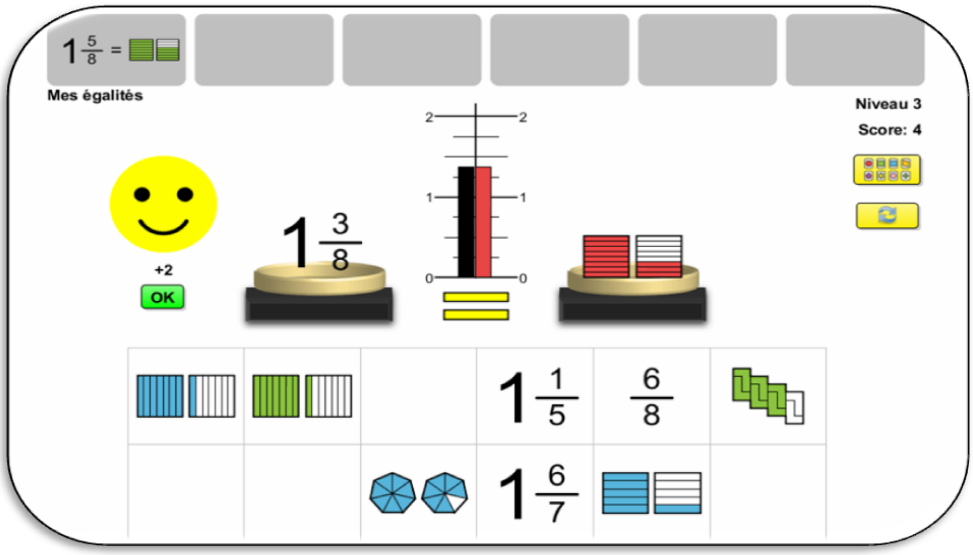


FIGURE 47 – *Copie d'écran du logiciel PhET installé sur le TNI où les élèves étaient invités à déplacer les objets pour comparer des fractions*

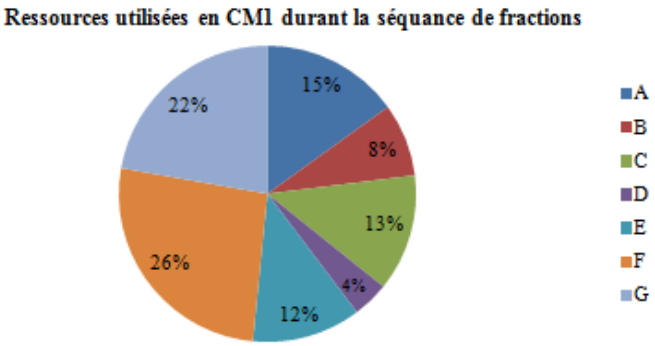
3.1.3.2. Rôles et actions des deux enseignantes observées

Nous avons constaté que les éléments de l'ingénierie pédagogique se fondaient sur les pratiques pédagogiques des enseignantes. Nous avons observé que les enseignantes jouaient deux types de rôles : un rôle à l'intérieur de la classe et un autre à l'extérieure. En dehors de la classe l'enseignante devait préparer les ressources et les scénarios pédagogiques pour les activités en classe. Dans la classe, l'enseignante mettait en scène les activités et orientait les élèves vers ce qu'ils devaient faire. Elle gérait également les différentes interactions dans la classe. L'enseignante de chaque classe organisait les groupes et les discussions dans sa classe. Elle manipulait le TNI pour donner des explications, rechercher des informations, corriger les erreurs des élèves et mettre en évidence les concepts clés de la situation d'enseignement-apprentissage. Nous avons enfin constaté que les enseignantes et les élèves manipulaient le TNI de façon équitable.

3.1.4. Ressources et supports pédagogiques utilisés

3.1.4.1. Ressources utilisées dans les classes observées

Durant les séances observées dans la classe de CM1, nous avons identifié 47 activités. Grâce à notre grille d'observation, nous avons pu marquer les ressources utilisées dans chaque activité effectuée. Pendant ces activités, l'enseignante a utilisé 126 ressources pédagogiques pour enseigner les situations d'enseignement sur les fractions, soit en moyenne 2,68 ressources par activité. Ces ressources sont réparties entres ressources traditionnelles et ressources numériques. Comme le montre la figure 48, un quart des ressources utilisées sont les travaux des élèves (F dans la figure). En deuxième position, l'enseignante a utilisé les traces des précédentes séances (G dans la figure) enregistrées sur le TNI avec un pourcentage de 22%. Plus de 25% des ressources employées durant les activités sont des logiciels (A dans la figure) aidant à visualiser et à représenter les fractions et ressources numériques (E dans la figure) préparées auparavant par l'enseignante. L'utilisation du manuel scolaire numérique (C dans la figure) occupe une place assez importante : 13% des ressources utilisées. L'Internet (B dans la figure) comme ressource d'exercices et de situations-problèmes fractionnaires vient en sixième position avec un pourcentage de 8% par rapport à l'ensemble des ressources utilisées. Les ressources traditionnelles (D dans la figure) de l'enseignement des fractions (documents sous forme papier pour le pliage, le découpage…) n'occupent plus que 4% des ressources utilisées durant les activités effectuées sur les fractions !



Pour lire la figure : A = Logiciels, B = Internet, C = Manuel scolaire numérique, D = Ressources papiers préparées par l'enseignante, E = Ressources numériques préparées par l'enseignante, F = Travaux des élèves, G = Traces enregistré sur le TNI.

FIGURE 48 – *Ressources utilisées par l'enseignante de CM1 durant la séquence de fractions*

Concernant la classe de CM2, nous avons identifié 36 activités sur les fractions. Au cours de ces 36 activités l'enseignante a utilisé 103 ressources, soit 2,86 en moyenne. Comme le souligne la figure 49, les travaux des élèves (F dans la figure) viennent aussi en tête des ressources utilisées en CM2 avec 22% des ressources pédagogiques. Plus d'un tiers des

ressources employées par l'enseignante de CM2 sont des activités numériques préparées par l'enseignante (E dans la figure) et des traces des précédentes séances sauvegardées sur le TNI (G dans la figure). 29% des ressources pédagogiques utilisées par l'enseignante de cette classe sont réparties entre le manuel scolaire sous forme numérique (C dans la figure) et les logiciels utilisés pour enseigner et apprendre les fractions (A dans la figure). L'utilisation d'Internet (8%) pour accéder à des situations-problèmes (B dans la figure) représente aussi l'une des ressources utilisées par l'enseignante. Les ressources traditionnelles (D dans la figure) ne représentent plus que 5% des ressources utilisées !

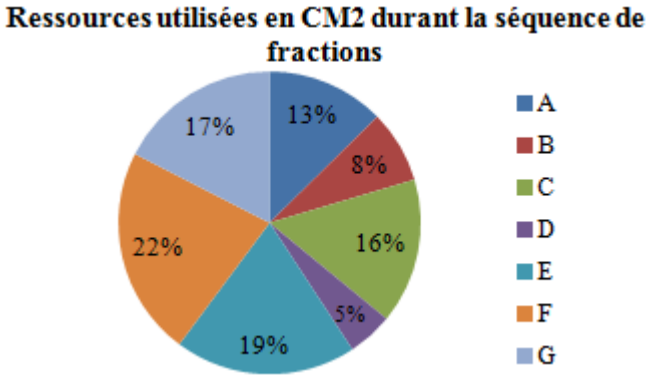


FIGURE 49 – *Ressources utilisées par l'enseignante de CM2 durant la séquence de fractions*

3.1.4.2. Supports utilisés dans les classes observées

Nous avons remarqué que le TNI a été utilisé dans toutes les activités réalisées et durant toutes les phases : il était toujours utilisé pour médiatiser les différentes relations dans la classe. Les enseignantes projetaient des supports numériques préparés par elles ou téléchargés sur Internet. Ces supports aidaient les élèves à comprendre ou à surmonter un défi cognitif concernant tel ou tel aspect de l'apprentissage de la notion de fraction. L'enseignante de CM1 nous a indiqué qu'auparavant elle utilisait des supports concrets de la vie quotidienne : gâteau, clémentine, tablette de chocolat, etc. pour aider les élèves à comprendre le sens d'une fraction. Mais durant les séances observées, elle n'a pas utilisé des supports comme ceux-ci. Pourtant dans quelques situations elle a présenté un exemple de ces supports de la vie courante mais sous forme numérique. Cela est tout à fait cohérent avec son discours lors de l'entretien que nous avons eu avec elle où elle nous indiqué qu'elle n'avait plus besoin de ces supports. Dans quelques situations, les enseignantes ont eu recours aux supports papiers pour que les élèves puissent l'utiliser pour la recherche d'une solution d'un exercice. Ce support était présenté sur le TNI pendant la mise en commun des réponses des élèves. Les enseignantes comparaient ce support avec les bandes faites par les élèves à partir de l'unité

donnée. Le tableau blanc ordinaire était l'autre support utilisé par les enseignantes pour écrire des notes ou des remarques ou pour marquer les noms des élèves ayant suivi la méthode A ou la méthode B lors de la mise en commun des solutions proposées par les élèves.

3.1.5. Utilité des mises en œuvre du TNI

Nous avons remarqué avant tout que l'enseignante de CM1 et celle de CM2 ont pris en compte les propositions concernant l'ingénierie pédagogique de l'usage du TNI. Ce modèle d'ingénierie pédagogique se focalise essentiellement sur les modalités de l'usage du TNI, la diversité des ressources, la place importante des supports multimodaux visuels et manipulables et l'interactivité technico-pédagogique lors de l'enseignement-apprentissage de la notion de fraction. Les deux enseignantes ont introduit de réels changements dans leurs pratiques pédagogiques en utilisant le TNI. Auparavant le TNI n'était que pour elles un simple vidéoprojecteur. Pourtant durant les séances d'observation, nous avons observé qu'elles exploitaient et utilisaient une grande partie des potentiels pédagogiques du TNI dont l'interactivité.

Nous avons voulu aussi étudier l'utilité de l'usage de certains potentiels pédagogiques utilisés par les enseignantes (voir tableau 18). Dans les paramètres de notre grille d'observation (Annexe 6), nous avons mis quatre niveaux d'utilité pour l'usage de chaque potentiel du TNI. Le niveau 1 (tout à fait insuffisant) signifie que le potentiel n'a pas du tout été utilisé durant la séance. Les niveaux 2 (plutôt insuffisant) et 3 (plutôt suffisant) signifient que le potentiel a été utilisé au moins dans une ou deux situations pendant la séance. Le niveau 4 (tout a fait suffisant) signifie que le potentiel a été utilisé dans trois ou plus de trois situations lors de la séance.

TABLEAU 18 – *Question concernant l'utilité de l'usage de certains potentiels du TNI*

	1	2	3	4
Interactions enseignant-TNI				
Interactions enseignant-élève(s) via le TNI				
Interactions élève(s)-TNI				
Interactions élève(s)-élève(s) via le TNI				
Supports visuels utilisés				
Usages collectifs du TNI				
Usages du TNI en petits groupes d'élèves				
Usages individuels du TNI				

Pour lire le tableau : 1 = Tout à fait insuffisant, 2 = Plutôt insuffisant, 3 = Plutôt suffisant, 4 = Tout à fait suffisant.

Concernant les différentes sortes d'interactions soutenues par le TNI (enseignant-TNI, Enseignant-élève/s, élève-TNI, élèves-élèves), nous avons observé que l'utilité de l'usage de ces potentiels était « tout à fait suffisant ». En effet, trois ou plus de trois situations

d'interactions de chaque type d'interactions ont été remarquées durant la séance. Par rapport aux modalités de l'usage du TNI, nous avons constaté que l'utilité de l'usage du TNI en collectif et en individuel était aussi « tout à fait suffisant » : au moins chaque modalité a été identifiée dans trois ou plus de trois situations. À contrario, nous avons remarqué que l'utilité de l'usage du TNI en petits groupes d'élèves se situait entre « plutôt insuffisant » et « tout à fait insuffisant ». En effet, cette modalité n'a été remarquée qu'une seule fois durant la séance. Elle a été totalement absente dans certaines séances. Les supports visuels ont été utilisés de façons « tout à fait suffisants » : trois fois et plus durant la séance.

3.2. Données construites par enquête par observation en petits groupes

Dans cette sous-section nous présenterons les résultats issus de nos observations dans les deux petits groupes (CM1, CM2). Puis, nous montrerons les résultats de nos discussions avec ces deux groupes durant nos séances d'observation. Ces observations ont été faites au cours de la classe[41]. Nous rappelons que chaque groupe se compose de 4 élèves (2 filles et 2 garçons) ayant un niveau scolaire hétérogène en mathématiques. Nous avons réalisé 10 séances d'observation du petit groupe dans la classe de CM1 et 5 séances dans celle de CM2.

3.2.1. Résultats issus de nos observations en général en petits groupes

Selon nos observations les élèves de chaque groupe travaillaient ensemble sans aucun problème : ils collaboraient, coopéraient et s'entraidaient. Il n'y avait pas de problèmes de relations personnelles entre eux[42]. Chaque élève essayait d'aider les autres et prenait sa responsabilité dans le groupe. Au début de nos observations dans chaque groupe, nous avons observé que l'élève de niveau faible était l'élève qui participait le moins dans le groupe. Au fur et à mesure, cet élève prenait sa place et participait dans les activités du groupe. Les autres élèves du groupe l'ont encouragé et ont écouté attentivement les propositions de celui-ci. Nous avons remarqué que l'élève du niveau supérieur participait plus que les élèves des niveaux moyens et faibles. Les interactions n'étaient pas seulement linéaires entre deux élèves mais étaient multiples et en réseaux.

Concernant les règles, celles-ci médiatisent la relation entre l'élève et sa communauté (§ 2.5.1. et § 2.6. du cadre théorique). Ces règles font référence aux normes, conventions, habitudes implicites ou/et explicites maintenant et régulant les actions et interactions à

---

41 Vous trouverez plus de détails sur la construction et les caractères de ces deux groupes dans la partie méthodologique (§ 1.4 et § 2.2.2.2.).

42 Avant le déroulement de nos séances d'observation dans chaque classe, nous avons demandé à chaque enseignante s'il y avait un problème personnel entre les 4 élèves du petit groupe.

l'intérieur du système (Docq et Daele, 2002). Les règles peuvent être vérifiées par l'analyse des rôles permettant de voir si certaines règles ont été respectées (Simon *et al*., 2008). Dans le contexte où nous avons fait notre recherche, il y a des règles implicites qui sont proposées par les enseignantes et applicables dans toutes les matières dont les mathématiques. Il est difficile de vérifier si ces règles ont été respectées ou non parce qu'elles sont nombreuses et qu'elles ne font pas partie de l'objectif de notre recherche. Nous nous sommes concentré plutôt sur des règles explicites du petit groupe de chaque classe. Durant toutes nos observations dans les deux petits groupes, nous avons noté les règles suivantes :

1. Tout le monde doit coopérer et collaborer : cette règle est affirmée. Nous avons constaté que les élèves coopéraient et collaboraient entre eux pour trouver une solution pertinente aux exercices et situations problème posées.
2. Une seule production ou solution doit voir le jour : cette règle est complètement respectée malgré le désaccord dans certains cas par rapport à une solution donnée. Nous avons vu que les élèves proposaient finalement une seule solution pour la présenter sur le TNI devant la classe entière.
3. Chacun doit donner son avis sur la solution proposée : cette règle n'est pas tout à fait respectée. Dans certains contextes, nous avons remarqué que lorsqu'un élève demandait l'avis de ses partenaires sur une méthode proposée, il y avait un autre élève qui proposait une autre solution au lieu d'écouter celle de son camarade.

Nous avons observé une interaction forte entre les élèves de chaque groupe. Pendant la résolution d'une situation-problème sur le TNI, l'interaction élèves-élèves était très présente. Chaque élève du groupe essayait d'expliquer aux autres élèves la technique suivie pour résoudre la situation-problème. Les camarades du groupe essayaient d'aider leurs copains en ajoutant des explications aux arguments donnés par cet élève. L'interaction des élèves de ce groupe avec leur maîtresse passaient également par le TNI. Lorsque la maîtresse trouvait que la réponse donnée n'était pas complète, elle demandait aux élèves de réfléchir à nouveau pour compléter leurs réponses. Quelquefois, la réponse était correcte mais l'enseignante demandait des justifications. Dans les deux cas, les élèves utilisaient le TNI pour discuter avec leur enseignante. Selon nos observations, le TNI était donc un outil de transmission des explications et de construction des connaissances entre les élèves du petit groupe eux-mêmes et entre ceux-ci et le reste des élèves.

Par rapport à la division du travail, celle-ci médiatise la relation entre les élèves apprenant ensemble et l'objet d'apprentissage (fractions) comme on l'a vu dans la théorie de

l'activité d'Engeström (§ 2.5.1. et § 2.6. du cadre théorique). La division du travail nécessite de déterminer le rôle de chaque individu au sein du groupe[43]. Selon nos observations dans les deux petits groupes d'élèves, nous avons pu identifier cinq catégories de rôles :

1. Lecteur : l'élève lit les consignes des exercices ou des situations-problèmes posées.
2. Animateur : l'élève gère le groupe et vérifie si un élève a besoin de soutien ou d'informations complémentaires. Nous avons constaté que l'animateur joue en général le rôle de leader.
3. Scripteur non numérique : l'élève écrit sur un papier les réponses proposées par les partenaires aux situations-problèmes posées.
4. Scripteur numérique : l'élève écrit sur le TNI les réponses fixées définitivement par le groupe aux situations-problèmes posées.
5. Inactif : l'élève ne fait rien pour le moment. Cette catégorie n'est pas toujours présente. Mais pendant le déroulement de l'activité nous avons remarqué qu'un élève ne fait presque rien pendant un moment. Quelques minutes après, il réintègre l'activité.

Lors de nos observations, nous avons remarqué que c'est l'élève qui est le plus convaincant dans la pertinence de sa méthode qui dirige le groupe vers la méthode choisie pour résoudre la situation-problème. Cette conclusion va dans la même direction que celle de Hitt (2013) qui a souligné que ces élèves dirigent et orientent le groupe vers leurs points de vue parce qu'ils ont plus de pouvoir de conviction.

Ces différents rôles remarqués chez les élèves durant leurs travaux en groupe nous montrent qu'une coopération et collaboration considérables sont identifiées entre les élèves. Chaque élève réalisait une partie de la tâche selon ses compétences. Pendant les discussions sur la méthode à suivre pour résoudre la situation-problème, nous avons constaté que tout le monde participait. Chacun donnait une idée, puis ils regroupaient les diverses propositions pour faire ressortir une seule solution. L'observation des élèves en situation d'apprentissage nous montrait que, durant le traitement d'une activité, chaque élève faisait une ou plusieurs opérations pour réaliser une action. La réalisation de l'ensemble de ces actions conduisait les élèves à accomplir l'activité en question.

---

43 Pour nos observations dans les classes entières, nous n'avons pas observé qu'il y avait des rôles déterminés pour chaque élève. Les enseignants posaient des questions et choisissaient un élève pour y répondre ou pour manipuler le TNI.

3.2.2. Résultats issus de la discussion avec les élèves des petits groupes

Durant nos séances d'observation dans les deux petits groupes nous avons discuté avec les élèves autour de trois questions (Annexe 5). À la question suivante *qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui ? Peux-tu m'expliquer pourquoi ?* Nous avons recueilli les réponses suivantes : 4 élèves dans l'enquête par observation des petits groupes sur 8 déclarent qu'ils ont aimé le travail ensemble avec les copains aujourd'hui. Nous avons pu regrouper les justifications données par ces quatre élèves sur leurs réponses à cette question pour deux raisons. En travaillant ensemble on peut s'entraider et donc résoudre les problèmes d'une manière plus efficace. En travaillant en groupe signifie qu'on apprend mieux et plus vite car il y a « *plus de têtes qui réfléchissent en même temps sur la même question* ». 2 élèves sur 8 ont dit qu'ils ont aimé la présentation de leurs solutions avec le TNI devant toute la classe. Ces deux élèves donnent le même argument pour leurs réponses. Pour ceux-ci, la présentation du travail devant toute la classe permet « *d'apprendre mieux parce que la maîtresse explique là où j'ai fait des erreurs et là où c'était correct* ». 2 élèves sur 8 ont dit qu'ils ont aimé voir les exercices sur les fractions en couleurs et avec des fiches téléchargées sur Internet. Nous avons obtenu deux justifications à cette réponse : les exercices en couleurs aident à mieux comprendre la technique de fractionnement et les images animées facilitent la concentration.

En réponse à la deuxième question (*qui ou qu'est-ce qui t'a le plus aidé durant le cours aujourd'hui ?*), la distribution des réponses se fait comme suit : 4 élèves sur 8 ont déclaré qu'aujourd'hui ce sont les discussions et les échanges avec la maîtresse en utilisant le TNI qui les ont aidés le plus durant la séance. 2 élèves sur 8 ont dit que ce sont leurs copains dans le groupe qui les ont aidés le plus dans le cours. 2 élèves sur 8 ont souligné que ce sont les supports visuels présentés sur le TNI qui les ont aidés le plus.

À la question suivante q*ue t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ? Peux-tu me donner un exemple ?* Nous avons obtenu les réponses suivantes : 3 élèves sur 8 ont déclaré que l'utilisation du TNI leur a apporté de bons moments de discussions et d'échanges à la fois avec l'enseignante et avec les élèves. Ces trois élèves nous ont donné des exemples réels de leurs discussions avec l'enseignante ou les élèves. Ils nous ont dit « *vous avez vu aujourd'hui quand la maîtresse m'a réexpliqué sur le TNI cela m'a aidé à comprendre la leçon* ». D'autres nous ont donné des exemples d'échanges avec leurs copains « *quand Clémence m'a expliqué sa méthode sur le TNI j'ai bien compris comment elle a fait pour résoudre l'exercice* ». 3 élèves sur 8 ont dit que l'utilisation du TNI leur a apporté une bonne visibilité des exercices présentés sur le tableau. Ces trois élèves nous ont donné aussi des exemples réels de la classe en se référant à des fiches et exercices présentés avec le TNI. 2 élèves sur 8

ont dit que l'utilisation du TNI leur a apporté une bonne concentration pour suivre le cours. Ces deux élèves ont souligné dans leurs exemples que la présentation des supports visuels animés et coloriés a attiré leur attention pour suivre le cours.

3.3. Données construites par enquête par observation individuelle

Cette sous-section sera consacrée à la présentation des résultats issus de nos observations individuelles dans les deux classes (CM1, CM2). Puis, elle se focalisera sur les résultats obtenus de nos discussions avec les deux élèves des observations individuelles. Nous rappelons que nous avons observé deux élèves de manière individuelle : un élève de CM1 et de CM2. En CM1 l'élève aidé est un garçon alors qu'en CM2 l'élève aidé est une fille. Nous avons observé chaque élève durant deux séances. Ces observations avaient lieu après la classe. Cet usage individuel du TNI a été une aide personnalisée proposée par les enseignantes à ces deux élèves[44].

3.3.1. Résultats issus de nos observations individuelles

Durant ces séances d'observations individuelles, l'élève ne partageait l'utilisation du TNI qu'avec son enseignante. Nous avons observé une interaction considérable à la fois entre l'élève et le TNI et, entre l'élève et son enseignante. Les interactions entre l'élève et son enseignante et, l'élève et son objet d'apprentissage ont été médiatisées par l'intermédiaire du TNI. Durant ces séances, nous avons observé que l'élève pose plus de questions que dans la classe. Il a osé aller au TNI pour faire des manipulations et résoudre un exercice. Chaque maîtresse a trouvé cela révolutionnaire parce que l'élève n'avait pas l'habitude de demander d'aller au tableau. Quand il passait au tableau devant toute la classe, personne n'entendait sa petite voix. Mais durant ces séances, nous avons constaté qu'il parlait très clairement, posait des questions, interagissait avec son enseignante. Nous avons remarqué que l'élève demandait fréquemment à aller au TNI pour souligner ce qu'il n'avait pas compris ou pour représenter son idée.

3.3.2. Résultats issus de la discussion des observations individuelles avec les élèves

Comme dans le cas des petits groupes, nous avons discuté avec les deux élèves des observations individuelles autour de trois questions. À la question *qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui ? Peux-tu m'expliquer pourquoi ?* Nous avons obtenu les réponses suivantes : 1 élève dans l'enquête par observation individuelle sur 2 a dit que, dans le cours

44 Vous trouverez plus de détails sur la construction et les caractères des observations individuelles dans la partie méthodologique (§ 1.4 et § 2.2.2.3.).

d'aujourd'hui, il avait aimé les manipulations des fractions avec le TNI. Cet élève a justifié cette réponse en disant que lorsque je manipulais moi-même, je comprenais mieux parce que la technique du partage restait longtemps dans ma tête. 1 élève sur 2 a déclaré qu'il avait aimé les explications et les ré-explication de son enseignante. Pour justifier cette réponse cet élève a ajouté « *comme je suis seule je peux alors poser autant des questions que je le veux* ». *La maîtresse peut m'expliquer beaucoup de choses* ».

En réponse à la question suivante : *qui ou qu'est-ce qui t'a le plus aidé durant le cours aujourd'hui ?* Nous avons recueilli les réponses suivantes : 1 élève sur 2 a dit que ce sont les discussions, les explications avec l'enseignante avec le TNI qui l'ont le plus aidé. 1 élève sur 2 a dit que ses manipulations sur le TNI qui l'ont le plus aidé.

À notre troisième question, *que t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ? Peux-tu me donner un exemple ?* Nous avons obtenu les réponses suivantes : 1 élève sur 2 a dit que l'utilisation du TNI lui a apporté une bonne compréhension de la technique de fractionnement. Pour justifier cette réponse, l'élève a souligné que le fait d'utiliser le TNI tout seul avec la maîtresse lui a permis de voir de plus près la façon dont on faisait le partage. 1 élève sur 2 a dit que l'utilisation du TNI lui avait apporté la chance de pouvoir discuter avec son enseignante. Pour lui, les discussions avec la maîtresse à l'aide du TNI l'aident à mieux comprendre les fractions.

4. Traitement et analyse des données obtenues par les entretiens semi-directifs

4.1. Entretien avec les enseignants[45]

Nous rappelons que nous avons réalisé deux entretiens individuels avec les deux enseignantes des classes observées.

4.1.1. À propos des difficultés d'enseigner la notion de fraction

En répondant à la question : *quelles sont, pour vous, les difficultés majeures pour enseigner les fractions aux élèves de l'école primaire ?* Les deux enseignantes interrogées ont dit que les difficultés majeures pour enseigner les fractions aux élèves de l'école primaire sont la conceptualisation des fractions, la compréhension de la notion de fraction et l'idée de partage. C'est une difficulté cognitive et c'est là, la vraie difficulté. C'est un problème de logique où il y a trop d'informations à gérer. Ces deux enseignantes estiment que certains enfants n'intègrent pas l'idée de partage en prenant une partie de quelque chose. Une des deux

45 Pour consulter les résultats détaillés issus des entretiens menés avec les enseignants, voir annexe 17.

enseignantes questionnées a indiqué qu'à dix ans, les enfants ne sont pas prêts à entendre parler de fractions. Pour cette enseignante, il y a certains enfants, à cet âge, qui n'ont pas construit la numération des nombres parmi lesquels les nombres entiers. En outre, l'unité, les dizaines, les centaines, ne sont pas compréhensibles par ces enfants.

En répondant à la question : *peut-on résoudre ces difficultés en utilisant le TNI ?* Une des enseignantes a indiqué qu'il est possible de résoudre ces difficultés par l'utilisation du TNI. Du point de vue de cette enseignante, le TNI aide à résoudre les difficultés liées à l'apprentissage des fractions mais cela dépend de l'élève. Il y a des élèves qui ont besoin d'une aide particulière. Ces élèves ont besoin que l'on soit à côté d'eux. Mais en général, pour la majorité des élèves, le TNI aide à concrétiser et à comprendre la notion de fraction. Au contraire, l'autre enseignante a dit qu'il n'est pas possible de résoudre les difficultés d'enseignement des fractions en utilisant le TNI. Pour cette enseignante, celui-ci est un moyen, une aide à la transmission. Mais cela ne change pas les problèmes mathématiques liés aux fractions pour certains élèves.

4.1.2. Enseignement des fractions en utilisant le TNI

En répondant à la question : *comment préparez-vous les cours animés par le TNI sur les fractions ? Créez-vous vos propres ressources ? Echangez-vous vos ressources avec d'autres collègues ? Téléchargez-vous vos ressources sur Internet ?* Les deux enseignantes interrogées ont dit que c'est elles-mêmes qui créent et préparent les ressources pédagogiques pour les utiliser en classe dans les situations d'enseignement sur les fractions. Les deux enseignantes ont dit qu'elles téléchargent des ressources sur Internet. Les deux enseignantes estiment qu'il n'y a pas suffisamment de ressources disponibles en ligne pour l'usage direct sur le TNI quel que soit le domaine. Une des deux enseignantes a dit qu'elle échange les ressources avec ses collègues.

En répondant à la question : *trouvez-vous une différence entre l'enseignement des fractions avec ou sans utiliser le TNI ?* L'une a répondu oui, l'autre non. L'enseignante ayant répondu « oui » dit que le TNI permet de visualiser les problèmes devant toute la classe. Il permet aussi d'agrandir les exercices projetés. Tous les enfants voient bien même ceux qui sont sur les côtés ou au fond de la classe. Pour l'enseignante ayant répondu « non », il est difficile de confirmer qu'il y a une différence entre l'enseignement avec ou sans TNI puisque les élèves ne sont pas les mêmes avec et sans TNI. Avec cet instrument c'est plus facile de gérer un groupe et de gérer les interactions entre les élèves et entre les élèves et l'enseignant. Le TNI facilite l'interaction.

En répondant à la question : *selon vous, quelles sont les valeurs ajoutées à l'enseignement des fractions par l'utilisation du TNI ?* Les enseignantes interrogées apprécient le fait que le TNI rend les exercices visibles par tous les élèves. Les deux enseignantes estiment que le TNI permet de travailler et de discuter tous ensemble de la même chose. En outre, pour les deux enseignantes questionnées le TNI est une mémoire pour toutes les activités faites en classe grâce à l'enregistrement des travaux. Cette mémoire peut être utilisée à tout moment. Pour les deux enseignantes l'usage du TNI économise du temps parce que les élèves ne sont plus obligés de réécrire systématiquement tout ce qu'il y a sur le tableau. Une des deux enseignantes a indiqué qu'avec le TNI chaque enfant peut montrer rapidement ses procédures de résolution.

En répondant à la question : *à votre avis, comment le TNI vous aide-t-il à transmettre le contenu des leçons sur les fractions?* Une des deux enseignantes a souligné que le TNI favorise les interactions entre les élèves et en conséquence ils acceptent mieux cette nouvelle notion. Cette enseignante trouve que le TNI aide, simplifie la transmission et la construction des connaissances mathématiques. L'autre enseignante estime que l'attractivité des images, la lumière, l'écran attirent l'attention des élèves. Elle ajoute que le TNI est un outil dont les élèves ont l'habitude de voir dans leur vie quotidienne.

En répondant à la question : *croyez-vous que les élèves sont capables de mieux apprendre les fractions quand vous utilisez le TNI ?* L'une a répondu oui, l'autre non. Pour l'enseignante ayant répondu « oui », le fait de s'appuyer sur le TNI comme objet numérique attire les élèves parce qu'ils sont de cette génération. Au contraire, pour l'enseignante ayant dit « non », le TNI ne permet pas de mieux apprendre mais il facilite la tâche. Le TNI aide à transmettre un message parce que cela est plus attractif. Mais l'enfant qui n'a pas compris a toujours besoin d'être accompagné. Le TNI est donc une aide mais il ne résout pas tout.

En répondant à la question : *à votre avis, les élèves atteignent-ils mieux les résultats d'apprentissage visés lorsque vous utilisez le TNI ?* L'une a dit oui, l'autre ne sait pas trop quoi répondre parce qu'elle n'a pas fait les mêmes exercices avec les mêmes élèves avec et sans le TNI. Cela dépend du groupe.

En répondant à la question : *comment trouvez-vous la réaction des élèves à l'utilisation du TNI ? Posent-ils plus de questions ? Répondent-ils mieux aux questions posées ? Sont-ils plus attentifs ? Participent-ils plus ? Sont-ils plus motivés pour apprendre ?* Une enseignante a dit que les enfants sont plus attentifs avec l'utilisation du TNI. Cette enseignante estime que le TNI favorise les échanges dans la classe. Favorisant les échanges

entre les enfants, le TNI facilite donc leur apprentissage. L'autre enseignante a estimé qu'il est difficile de dire si le TNI aide les élèves à poser plus de questions. Cela dépend du groupe.

En répondant à la question : *trouvez-vous que vous enseignez mieux les fractions avec le TNI plutôt qu'avec d'autres supports (principalement par rapport au tableau ordinaire) ?* Les deux enseignantes ont répondu oui avec les arguments suivants :

- Il est difficile de montrer au tableau ordinaire le travail fait par chaque élève. Il y a des différences significatives pour le TNI. Ce qui est génial dans le TNI, c'est qu'il permet de mesurer une figure mathématique devant tout le monde.
- Le TNI simplifie la tâche. C'est moins laborieux pour montrer quelque chose. Le TNI facilite l'interactivité ainsi que la transmission dans la classe. Les discussions, entre l'enseignant et les enfants et entre eux sont plus simples avec le TNI.
- Le TNI est très utile lors du travail collectif en équipe où justement chacun va pouvoir donner son opinion et discuter avec ses camarades.
- Avec le TNI tout le monde peut suivre, tout le monde sait où il en est dans la correction. Alors que si les enfants travaillent sur une feuille, rapidement il y en a certains qui décrochent en ne sachant plus où ils en sont dans la correction.
- Les traces sauvegardées de tout ce que l'on fait sur l'écran représentent un avantage considérable de l'usage du TNI.

En répondant à la question : *pensez-vous que l'usage du TNI est-il pertinent pour l'enseignement-apprentissage des fractions ?* Les deux enseignantes ont répondu oui. L'une des enseignantes pense que le TNI permet de simplifier et de se concentrer plus sur les élèves en difficulté. C'est un mieux pour tout le monde. L'autre enseignante estime que l'usage du TNI est pertinent pour enseigner les fractions mais qu'au début il n'est pas fait pour introduire les fractions parce qu'il faut que les élèves apprennent le sens d'une fraction. On peut l'utiliser au moment des échanges et des démonstrations.

En répondant à la question : *pensez-vous que l'usage du TNI est-il pertinent pour réaliser toutes les activités des fractions ? Ou au contraire y a-t-il des types d'activités ne se prêtant pas à l'usage du TNI ?* Les deux enseignantes ont répondu oui. L'une a dit qu'on pouvait l'utiliser dans l'introduction et que pour la correction il est indispensable. L'autre a dit que le TNI est réellement utile lorsqu'on fait un travail collectif où justement chacun va pouvoir donner son opinion. Cela simplifie vraiment la tâche. Celle-ci a ajouté que dans les exercices individuels, le TNI change un peu la vie dans le sens où pour la correction c'est plus

simple parce que tout cela est écrit à l'écran. C'est également plus simple de faire un travail individuel avec un élève.

En répondant à la question : *à votre avis, l'usage du TNI est-il pertinent dans toutes les phases d'enseignement-apprentissage : début du cours, explications, exercices, corrections d'exercices, etc.?* Les deux enseignantes ont dit oui. L'une a dit que l'usage du TNI est essentiel et indispensable dans la phase collective. Dans les autres phases il est nécessaire, et si on ne l'avait pas, on rencontrerait quelques problèmes. Elle ajoute que la pertinence de l'usage du TNI dépend des notions traitées dans la séance. L'autre enseignante pense que l'usage du TNI dans l'introduction est nécessaire pour comparer les différentes solutions proposées par les élèves. Elle ajoute que l'usage du TNI est essentiel pour les corrections. Sans le TNI l'enseignant aurait eu besoin de plus de temps et n'aurait pas pu voir le travail des enfants.

4.1.3. Représentations des fractions par la médiation du TNI

En répondant à la question : *pensez-vous que le fait de voir les fractions présentées d'une façon dynamique sur le TNI peut-il aider les élèves dans la conceptualisation et la compréhension des fractions ?* Les deux enseignantes ont dit oui. Elles ont donné les arguments suivants :

- Si les élèves ont quelque chose à colorier et s'ils peuvent le faire eux-mêmes, etc. faire ce travail en interaction aide les élèves à mieux comprendre la notion étudiée. Les représentations visuelles du TNI ont un impact quand l'élève le pratique.
- Les représentations visuelles du TNI encouragent les enfants à suivre les cours.
- Les représentations visuelles du TNI peuvent aider les élèves qui n'ont pas de difficultés. Cela leur permet de voir très vite les choses et de comprendre rapidement les relations entre l'unité et les parties fractionnées.
- Pour l'enfant en difficulté, les représentations visuelles du TNI ne vont pas introduire de grands changements. Parce que les élèves en difficulté de toute manière, sont très vite dépassés par ce qu'on leur dit. Avec ces enfants il faut vraiment être à côté d'eux. Le travail collectif, avec ou sans le TNI, ne fonctionne pas avec ces élèves.
- Les enfants qui ont de petites difficultés, peuvent se concentrer pendant le travail collectif avec le TNI. Ces enfants vont arriver à s'interroger, à dépasser leurs difficultés, et le fait d'être au tableau numérique avec lequel on peut faire un aller-retour, l'enfant peut revenir et expliquer le travail précédent. Voilà un outil servant à résoudre les petites difficultés.

En répondant à la question : *pensez-vous que le fait de toucher le TNI par les élèves eux-mêmes aide-t-il ceux-ci dans la conceptualisation et la compréhension des fractions ?* Les enseignantes ont répondu oui. Elles ont donné les arguments suivants :

- En touchant le TNI les élèves comprennent le partage et sa technique. Ils peuvent aussi comparer leurs travaux.
- Cela dépend de l'élève. Certains comprennent vite avec des images ou des explications, d'autres ont besoin de plus de temps et d'explications.

4.1.4. Modalités d'enseignement-apprentissage des fractions avec le TNI

En répondant la question : *préférez-vous enseigner les fractions : En grand groupe : par vous devant la classe entière ? En petits groupes d'élèves ? En individuel : un élève à tour de rôle ?* Une enseignante a dit qu'elle préfère enseigner les fractions en utilisant le TNI en petits groupes. Malheureusement cela n'est pas faisable. Celle-ci catégorise les modalités comme suit : en petits groupes pour les enfants travaillant correctement, en individuel pour ceux qui sont en difficulté. Mais cela n'est pas gérable à cause du nombre d'élèves dans la classe. Pour cela on travaille en grand groupe. L'autre enseignante a dit que pendant les ateliers pédagogiques elle s'oriente vers les petits groupes ou en individuel. Cette enseignante utilise généralement le TNI en grand groupe en raison de la configuration de sa classe.

En répondant à la question *: j'ai moi-même observé que les élèves sont motivés pour utiliser eux-mêmes le TNI pourquoi, à votre avis ? Est-ce à cause de : La nouveauté du TNI en classe ? Pouvoir jouer sur le TNI ? Pouvoir toucher le TNI ? Réaliser leurs objectifs d'apprentissage ?* Les deux enseignantes estiment que cela a un rapport avec la vie quotidienne de l'enfant. Les justifications données sont les suivantes : une enseignante a dit qu'ayant a affaire à une génération tactile, les enfants aiment aller au TNI pour colorier, dessiner, manipuler, etc. C'est merveilleux pour eux d'écrire sur un tableau numérique. Au début, ils trouvent que c'est amusant, par la suite ils font cela pour apprendre. L'autre enseignante a dit que c'est leur monde. Dans la vie courante c'est ce qu'ils utilisent : tablettes, ordinateurs, etc.

En répondant à la question : *pensez-vous que les élèves devraient utiliser eux-mêmes le TNI ? Sous quelles conditions ?* Les deux enseignantes ont répondu oui. Pour l'une, l'usage individuel du TNI par les élèves fait perdre du temps. L'autre n'a pas justifié sa réponse.

En répondant à la question : *avez-vous observé que les élèves avaient des difficultés pour utiliser le TNI ? Lesquelles ?* Les deux enseignantes ont dit non. La première a dit que

certains élèves rencontrent de petites difficultés au début mais par la suite cela va mieux. La seconde n'a pas justifié sa réponse.

4.1.5. Interactions établies à l'aide du TNI

En répondant à la question : *pensez-vous que le TNI favorise les interactions à la fois entre l'enseignant et les élèves et entre les élèves eux-mêmes ?* Les deux enseignantes interrogées ont répondu oui. L'une a dit que grâce à l'utilisation du TNI il y a plus d'interactions dans la classe qu'auparavant parce que l'on travaille en direct. Cela évite d'écrire sur des ardoises. L'autre enseignante n'a pas justifié sa réponse.

En répondant à la question : *ces interactions ont-elles un impact sur la compréhension des fractions par les élèves ?* L'une a répondu oui et l'autre non. L'enseignante ayant répondu de façon affirmative a justifié sa réponse en disant qu'à partir du moment où il y a une interaction, cela veut dire que les enfants réfléchissent et que s'ils réfléchissent ils peuvent remettre en cause leur façon de travailler. C'est comme cela que l'on progresse. Au contraire, l'enseignante ayant répondu par la négative a dit que le TNI facilite beaucoup les choses. Il facilite l'interactivité. Elle a l'impression de mettre moins d'énergie à enseigner. C'est un moyen mis à sa disposition.

4.2. Entretien avec les élèves[46]

Nous rappelons que nous avons réalisé dix entretiens individuels avec les élèves des classes observées : cinq entretiens les élèves de CM1 et cinq avec des élèves de CM2.

4.2.1. À propos des difficultés d'apprendre la notion de fraction

En répondant à la question : *penses-tu que les fractions sont-elles difficiles à comprendre et à apprendre ?* 6 élèves sur 10 ont répondu non ; 3 élèves sur 10 ont répondu oui et un seul élève a estimé que les fractions sont moyennement difficiles. Pour la réponse affirmative, la répartition des arguments se fait comme suit : 2 élèves sur 6 ont quelquefois du mal à comprendre les fractions mais avec les explications ça va mieux. 1 élève sur 6 dit que les fractions sont assez faciles avec le TNI. Celui-ci aide à mieux comprendre les fractions parce que cela est plus pratique et que la maîtresse peut montrer des images plus grandes, qu'il y a des couleurs et qu'on voit mieux. 3 élèves sur 6 ne signalent à aucune contrainte ou particularité dans l'apprentissage des fractions. Pour la réponse négative, les arguments se répartissent comme suit : pour 1 élève sur 3 les fractions sont un peu plus difficiles mais avec des explications et des ré-explications, on comprend. 1 élève sur 3 trouve que les fractions

46 Pour consulter les résultats détaillés issus des entretiens menés avec les élèves, voir annexe 18

sont difficiles mais quand on apprend bien, quand on a compris ça va. 1 élève sur 3 ne signale aucune contrainte ni particularité dans l'apprentissage des fractions. Concernant la réponse « moyennement difficile », l'élève dit que cela est fonction du nombre utilisé. Les fractions sont plus faciles avec le TNI qu'avec le tableau à craie. Avec le TNI les fractions sont moins difficiles à comprendre grâce aux dessins, aux couleurs, etc. Avec cet instrument numérique la technique du partage est plus facile à comprendre.

En répondant à la question : *par rapport aux autres leçons de mathématiques, les fractions sont-elles plus ou moins difficiles à comprendre ?* 6 élèves sur 10 ont dit que les fractions sont plus difficiles à comprendre que les autres leçons mathématiques. 4 élèves sur 10 estiment que les leçons sur les fractions sont comme les autres leçons mathématiques. Il y a des cours faciles et d'autres difficiles à comprendre. Concernant la réponse affirmative, la répartition des arguments se fait comme suit : 5 élèves sur 6 trouvent que les fractions sont difficiles parce qu'il faut faire beaucoup d'opérations mathématiques. 4 élèves sur 6 trouvent que les fractions sont difficiles parce qu'il y a beaucoup de choses à prendre en compte : il faut connaître la place du numérateur et du dénominateur, le nombre de parties que l'on a colorié, le nombre de parties que l'on avait au départ, etc. 1 élève sur 6 trouve que les fractions sont difficiles parce que dans une fraction il y a deux nombres. Il faut savoir lequel dépend de l'autre. Il y a aussi beaucoup de calculs dans une fraction.

4.2.2. Représentations des fractions par la médiation du TNI

En répondant à la question : *à ton avis, le fait de voir les fractions sous forme d'images en couleurs, de dessins, etc. sur le TNI t'aide-t-il à participer dans les activités ?* Tous les élèves ont répondu oui. La distribution des arguments se fait comme suit : 6 élèves sur 10 parce que les images attirent l'attention. 5 élèves sur 10 parce que les images motivent et donnent envie d'apprendre. 3 élèves sur 10 parce que les images aident à se concentrer. 2 élèves sur 10 parce que les images aident à suivre les cours. 2 élèves sur 10 parce qu'on n'écrit pas trop, on a donc le temps de réfléchir et de participer. 1 élève sur 10 parce que comme cela on voit mieux les parties coloriées. 1 élève sur 10 parce qu'il voit son travail présenté devant toute la classe. 1 élève sur 10 parce que les images, les objets tactiles aident à mieux comprendre. 1 élève sur 10 n'a donné aucune justification.

En répondant à la question : *le fait de voir les fractions présentées sous forme d'images en couleurs, de dessins, etc. sur le TNI t'aide-t-il à mieux comprendre et à te représenter les fractions ?* Tous les élèves ont dit oui. La distribution des arguments est comme suit : 5 élèves sur 10 parce qu'on peut mieux voir comment la maîtresse fait le

partage, on voit bien tous les détails. 2 élèves sur 10 parce que cela est présenté sur un grand écran, on voit mieux, on voit les chiffres en gros. 1 élève sur 10 parce qu'on voit les productions des autres élèves. On peut comparer avec notre travail. 1 élève sur 10 parce que qu'on voit des images représentant des idées. 1 élève sur 10 parce que la maîtresse n'a plus besoin de dessiner toutes les figures, les parties, les unités, etc. La maîtresse a donc plus de temps pour nous expliquer. Seuls 2 élèves n'ont pas donnée de vraies raisons : c'est plus pratique et ça aide ?

En répondant à la question : *le fait de toucher le TNI par toi-même lors de l'apprentissage des fractions t'aide-t-il à mieux comprendre et à te représenter les fractions ?* Tous les élèves ont dit oui. La distribution des arguments se fait comme suit : 4 élèves sur 10 ont dit que lorsqu'ils participaient eux-mêmes avec le TNI cela les aident à comprendre les techniques de la solution. 4 élèves sur 10 parce que cela les aide à se concentrer et à bien suivre avec la maîtresse. 3 élèves sur 10 parce que cela les aide à mémoriser ce qu'ils ont appris. 2 élèves sur 10 parce que cela leur donne envie d'apprendre. 1 élève sur 10 parce qu'il voit mieux. 1 élève sur 10 parce qu'il pense qu'il est capable de faire l'exercice. 1 élève sur 10 n'a pas donné de vraies raisons : j'aime le TNI… Enfin, 1 élève sur 10 n'a donné aucune justification.

4.2.3. Modalités d'enseignement-apprentissage des fractions avec le TNI

En répondant à la question : *aimes-tu aller au TNI pour manipuler les fractions à l'écran ? Apprécies-tu de voir tes camarades faire les manipulations ?* Tous les élèves ont dit oui. La distribution des arguments est comme suit : 3 élèves sur 10 parce que c'est plus pratique pour expliquer et pour montrer leurs travaux. 3 élèves sur 10 parce que ça leur fait plaisir. 2 élèves sur 10 parce que c'est plus facile d'utilisation que le tableau à craie. 2 élèves sur 10 parce que c'est plus simple pour comprendre. 2 élèves sur 10 parce que ça aide à mémoriser. 1 élève sur 10 a indiqué que cela permet à la maîtresse de nous aider si nous sommes en difficulté. 1 élève sur 10 parce que si je pratique je comprends mieux. Enfin, 1 élève sur 10 se salit moins les mains qu'avec la craie.

En répondant à la question : *penses-tu que les élèves devraient utiliser eux-mêmes le TNI ?* 8 élèves sur 10 ont dit oui et 2 élèves sur 10 ont répondu oui mais cela dépend du niveau de la classe. Pour la réponse affirmative, la répartition des arguments est comme suit : 3 élèves sur 8 disent participer au lieu d'écouter ce que dit la maîtresse. 3 élèves sur 8 parce qu'on comprend mieux. 2 élèves sur 8 parce que cela aide à faire du bon travail. 2 élèves sur 8 parce que c'est plus pratique. 1 élève sur 8 parce cela aide ceux qui n'ont pas compris. 1 élève

sur 8 parce qu'on peut travailler plus. 1 élève sur 8 parce qu'il peut présenter son travail. 1 élève sur 8 ne justifie rien. Enfin, sur la réponse « oui mais ça dépend », les deux élèves ont justifié leur réponse en disant que pour certaines classes comme le CP, il ne faut pas utiliser parce que ceux-ci pourraient l'abîmer !!!

En répondant à la question : *as-tu rencontré des difficultés pour utiliser le TNI ?* 9 élèves sur 10 ont dit non et un seul élève ne sait pas. Pour cette réponse, l'élève a indiqué que l'usage du stylet le gênait parfois parce qu'il fallait appuyer fortement. Il a ajouté qu'il fallait avoir prendre son temps et être très minutieux.

En répondant à la question : *j'ai moi-même observé que les élèves sont motivés pour utiliser eux-mêmes le TNI, pourquoi, à ton avis ? Est-ce à cause de : La nouveauté du TNI en classe ? Pouvoir jouer sur le TNI ? Pouvoir toucher le TNI ? Réaliser les objectifs d'apprentissage de tes camarades ?* 3 élèves sur 10 parce que c'est amusant. 3 élèves sur 10 parce que c'est tactile. 3 élèves sur 10 parce qu'on comprend mieux quand on participe. 2 élèves sur 10 parce que c'est pratique, on voit et on peut mieux expliquer. 1 élève sur 10 parce qu'il y a des images. 1 élève sur 10 parce que selon lui les élèves préfèrent le TNI que le tableau à craie.

En répondant à la question *: préfères-tu apprendre les fractions : En grand groupe : par l'enseignant devant la classe entière ? En petits groupes : 2/3/4 élèves ? En individuel : un élève à tour de rôle ?* 6 élèves sur 10 ont dit en petits groupes. 2 élèves sur 10 ont dit en grand groupe. 1 élève sur 10 a dit en individuel et un seul élève n'a pas de préférence. Pour la réponse en grand groupe, les arguments sont les suivants : 4 élèves sur 6 parce qu'on peut s'entraider et c'est plus pratique. Si un élève n'a pas compris on peut lui expliquer au tableau. Les autres peuvent lui expliquer et l'aider. 1 élève sur 6 parce que si je me trompe tous mes camarades lèvent la main. En petits groupes cela m'aide à corriger mes fautes. Pour 1 élève sur 6 cela lui permet de passer très souvent au tableau. Pour la réponse en petits groupes, la distribution des justifications est comme suit : pour le premier élève cela lui permet d'aider les aider les autres et réciproquement. Pour l'autre élève l'utilisation du TNI à tour de rôle, en individuel, est plus longue mais on apprend mieux. En petits groupes on ne le fait pas très souvent malheureusement avec la maîtresse. En grand groupe c'est bien. Sur la réponse en individuel, l'élève préfère être tout seul pour qu'il soit plus concentré. Enfin, en ce qui concerne la réponse « sans préférence », l'élève a indiqué qu'il n'y a aucune différence pour lui. Cela lui est égal. Les trois formes sont identiques.

4.2.4. Interactions établies à l'aide du TNI

En répondant à la question : *penses-tu qu'avec le TNI tu peux échanger plus facilement avec la maîtresse ?* 9 élèves sur 10 ont dit oui et un seul élève a dit non. Concernant la réponse affirmative, la distribution des justifications est comme suit : 2 élèves sur 9 parce qu'ils peuvent revoir ce qu'ils n'ont pas compris. 2 élèves sur 9 parce qu'ils peuvent présenter leurs idées plus facilement au tableau. Quand on utilisait le tableau noir c'était plus compliqué. On ne pouvait pas montrer notre feuille, on ne pouvait pas montrer ce que l'on avait fait. 1 élève sur 9 parce qu'il y a des images affichées au TNI. 1 élève sur 9 parce que sans le TNI on ne pouvait pas voir toutes les autres présentations. 1 élève sur 9 parce que qu'on peut mieux voir les détails, les techniques et les solutions. Quand on n'est pas d'accord on peut tout de suite intervenir. 4 élèves sur 9 n'ont donné aucune justification. Pour la réponse négative, l'élève n'a pas donné une justification.

En répondant à la question *: avec tes copains peux-tu échanger facilement avec le TNI ?* 9 élèves sur10 ont dit oui et un élève a dit non. Pour la réponse affirmative, la répartition des arguments se fait comme suit : 2 élèves sur 9 parce qu'ils peuvent s'entraider, discuter et expliquer. 1 élève sur 9 indique qu'avant le TNI c'était compliqué mais maintenant on voit le travail de chacun et on voit sa technique plus clairement. 1 élève sur 9 parce que chacun dit « *as-tu vu cela* » et alors il le montre au tableau. 5 élèves sur 9 n'ont pas justifié leur réponse. Pour la réponse négative, l'élève n'a pas donné de justifications.

En répondant à la question : *le TNI t'aide-t-il à discuter avec ton enseignante et avec tes copains ?* 9 élèves sur 10 ont dit oui et un élève a dit non.

En répondant à la question : *ces interactions ou ces discussions ont-elles un impact sur ta compréhension des fractions ?* 9 élèves sur 10 ont dit oui et un élève n'a pas répondu. Pour la réponse « oui », la répartition des justifications est comme suit : 3 élèves sur 9 comprennent mieux parce qu'ils peuvent plus discuter. 2 élèves sur 9 parce que la discussion montre l'idée et la technique des solutions. 2 élèves sur 9 parce qu'on peut expliquer aux autres, les autres nous expliquent. 2 élèves sur 9 n'ont pas justifié leurs réponses.

5. Traitement et analyse des données obtenues par les questionnaires

Ce chapitre est formé des deux sous-chapitres : traitement et analyses des données issues du questionnaire des enseignants (§ 5.1.) et de celui des élèves (§ 5.2.).

5.1. Questionnaire des enseignants

Nous rappelons qu'un échantillon de 67 enseignants ont répondu à notre questionnaire : 19 par le questionnaire papier et 48 par le questionnaire électronique.

5.1.1. Place et sens de la notion de fraction

La première question sur les fractions avait comme objectif de connaître dans quelle période les enseignants commencent à enseigner la notion de fraction. Nous avons posé la question suivante (V12) : *quelle est la place du chapitre sur les fractions dans votre programmation annuelle* ? *Période 1*☐ *Période 2* ☐ *Période 3* ☐ *Période 4*☐ *Période 5* ☐

Les enseignants interrogés pouvaient choisir et sélectionner plusieurs réponses à la fois, allant de la période 1 à la période 5. Nous constatons, comme le souligne la figure 50, que 6% des enseignants enseignent les fractions dans les périodes 1 et 2 ; 6% dans la période 2 ; 31,34% dans les périodes 2 et 3 ; 13,43% dans la période 3 ; 23,88% dans les périodes 3 et 4 ; 7,46% dans la période 4 ; 8,95% dans les périodes 4 et 5 et 2,98% dans la période 5.

Ces résultats nous montrent que les enseignants répartissent l'enseignement de la notion de fraction sur plusieurs périodes scolaires. Nous remarquons que, généralement, la place du chapitre sur les fractions est au milieu de l'année scolaire dans la programmation annuelle des enseignants. Une petite minorité des enseignants commence ou termine l'année scolaire avec l'enseignement des fractions. Nous constatons également qu'aucun enseignant n'enseigne exclusivement les fractions dans la période 1. En outre, aucun enseignant ne répartit l'enseignement des fractions sur trois périodes scolaires. Les enseignants enseignent cette notion, soit en une ou deux périodes.

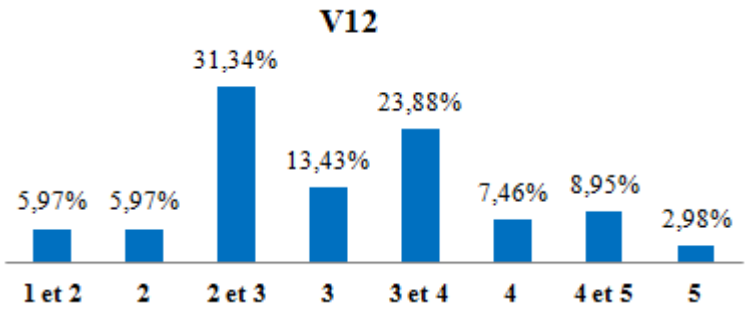


FIGURE 50 – *Périodes d'enseignement des fractions*

En faisant un croisement entre le niveau de la classe enseignée (V5) et la place du chapitre sur les fractions dans la programmation annuelle des enseignants (V12), nous obtenons les résultats suivants (voir tableau 19). Nous constatons que les enseignants de CM1 commencent à traiter les fractions à partir de la période 3. Plus de la moitié des enseignants de CM1 (56%) enseigne les fractions soit exclusivement dans la période 3 ou dans les périodes 3 et 4 (en vert dans le tableau). Un quart d'entre eux enseigne cette notion dans les périodes 4 et 5 (en jaune dans le tableau). Les enseignants de CM2, quant à eux, n'enseignent pas les fractions à la fin de l'année dans les périodes 4 et 5. Nous remarquons que 56,7% d'entre eux

enseignent les fractions en périodes 2 et 3 (en bleu dans le tableau). 23,3% des enseignants de CM2 enseignent cette notion dans les périodes 1 et 2 ou exclusivement dans la période 2. Les enseignants des classes mixtes n'enseignent les fractions ni au début ni à la fin de l'année scolaire. Comme on le voit en rouge dans le tableau 19, 25% des enseignants des classes mixtes enseignent cette notion mathématique dans les périodes 2 et 3 ; 25% d'entre eux en période 3 uniquement et 33,3% d'entre eux dans les périodes 3 et 4 à la fois. Nous concluons donc que le fait d'avoir une classe mixte oblige l'enseignant à changer sa programmation annuelle pour enseigner. Comme on le voit dans le tableau 19, ces enseignants ne sont pas d'accord ni avec ceux qui enseignent en CM1 enseignant les fractions même en périodes 4 et 5 ni avec ceux qui enseignent en CM2 enseignant à partir de la période 1.

TABLEAU 19 – *Tableau de contingence : niveau de classe enseignée (V5) et périodes d'enseignement des fractions (V12)*

Effectifs % en ligne	1, 2	2	2, 3	3	3, 4	4	4, 5	5	Ensemble
CM1	0	0	1	5	9	2	6	2	25
	0,0	0,0	4,0	20,0	36,0	8,0	24,0	8,0	100,0
CM2	4	3	17	1	3	2	0	0	30
	13,3	10,0	56,7	3,3	10,0	6,7	0,0	0,0	100,0
CM1_CM2	0	1	3	3	4	1	0	0	12
	0,0	8,3	25,0	25,0	33,3	8,3	0,0	0,0	100,0
Ensemble	4	4	21	9	16	5	6	2	67
	6,0	6,0	31,3	13,4	23,9	7,5	9,0	3,0	100,0

Concernant la variable V13 *combien de séances consacrez-vous à l'enseignement des fractions ?* Nous avons posé cette question sous forme de question ouverte. Nous avons reçu les réponses des enseignants sous forme d'un nombre entier sauf pour deux enseignants qui nous ont donné des réponses textuelles. Nous avons ensuite catégorisé les réponses en variables intervalles. Les réponses données par les enseignants ont été regroupées en 4 variables : 1- *Entre 1 et 5 séances*, 2- *Entre 6 et 10 séances*, 3- *Plus de 10 séances*, 4- *Réponse textuelle*. La figure 51 nous montre que la moitié (50,7%) des enseignants interrogés consacre entre 6 et 10 séances ; 38,8% d'entre eux déclarent avoir besoin de plus 10 séances. Nous constatons également que seulement 3% des enseignants enseignent la notion de fraction en moins de 5 séances. Pour 3% des enseignants cela dépend du fonctionnement et des capacités du groupe. 4,5% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question.

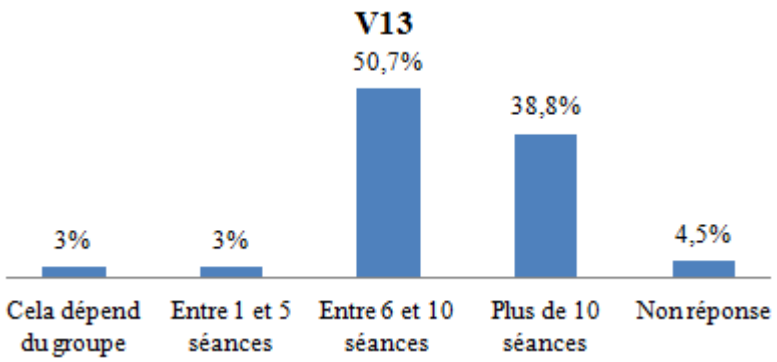


FIGURE 51 – *Nombre de séances consacré à l'enseignement des fractions*

Nous avons obtenu le tableau ci-dessous en faisant un croisement entre le niveau de classe enseignée et le nombre de séances consacré à l'enseignement des fractions. Le tableau 20 montre que le χ^2 = 12,99 est supérieur à la valeur théorique 12,59 au seuil de risque de 0.05. Nous rejetons donc l'hypothèse nulle H0 parce qu'il y a une différence significative statistique entre les trois niveaux des classes impliquées dans cette recherche (CM1, CM2, CM1_CM2). Ceci nous permet de dire qu'il y a une hétérogénéité des trois niveaux de classes enseignées par rapport au nombre consacré de séances à l'enseignement des fractions.

TABLEAU 20 – *Tableau de contingence : niveau de classe enseignée (V5) et nombre de séances consacré à l'enseignement des fractions (V13)*

Effectifs % en ligne	Cela dépend du groupe	Entre 1 et 5 séances	Entre 6 et 10 séances	Plus de 10 séances	Ensemble
CM1	1	1	18	5	25
	4,0	4,0	72,0	20,0	100,0
CM2	0	0	10	17	27
	0,0	0,0	37,0	63,0	100,0
CM1_CM2	1	1	6	4	12
	8,3	8,3	50,0	33,3	100,0
Ensemble	2	2	34	26	64
	3,1	3,1	53,1	40,6	100,0

Khi2 = 12.99, nombre de degrés de liberté = 6

Pour connaître les chapitres nécessaires à l'enseignement et apprentissage des fractions, nous avons posé la question suivante (V14) : *quels sont les chapitres, selon vous, qui sont importants pour l'enseignement-apprentissage des fractions ?* 52 enseignants (77,6%) ont répondu à cette question contre 15 enseignants (22,4%) qui n'ont pas répondu. La distribution des réponses obtenues se fait comme suit : 14 enseignants sur 52 ont dit que le calcul est un chapitre nécessaire pour l'enseignement et l'apprentissage des fractions. Pour 12 enseignants sur 52 les nombres sont des situations d'enseignement fondamentales pour enseigner les fractions et un seul enseignant a précisé que ce sont les nombres décimaux qui sont les plus importants. 10 enseignants sur 52 ont dit que toutes les leçons de mathématiques

sont plus ou moins importantes pour enseigner et apprendre les fractions. En outre, 4 enseignants sur 52 ont dit que les opérations de base (sans signaler une opération précise) sont importantes pour enseigner et apprendre cette notion mathématique, 6 enseignants sur 52 la division, 5 sur 52 le partage, 5 sur 52 la multiplication, 2 sur 52 l'addition et 1 sur 52 la soustraction. 3 enseignants sur 52 ont ajouté que la proportionnalité est une notion basique pour l'apprentissage et l'enseignement des fractions. 3 enseignants sur 52 ont répondu qu'ils ne savaient pas. Enfin, les points suivants comme les grandeurs et mesures, la notion de pourcentage, les lignes graduées et la représentation graphique ont été signalées comme une situation d'enseignement importante pour enseigner les fractions.

Pour connaître les chapitres qui sont influencés par les fractions nous avons posé la question suivante (V15) : *dans quels autres chapitres les fractions sont-elles utilisées ?* 59 enseignants (88%) ont répondu à cette question contre 8 enseignants (12%) qui n'ont pas répondu. La distribution des réponses obtenues se répartit comme suit : 28 enseignants sur 59 ont dit que la notion de fraction est nécessaire pour enseigner et apprendre les nombres décimaux et 5 enseignants sur 59 ont dit que les fractions sont importantes pour enseigner les fractions décimales. Pour 16 enseignants sur 59, les fractions constituent un élément important pour enseigner et apprendre la gestion des problèmes et des données. 10 enseignants sur 59 ont dit que cette notion est utilisée pour enseigner la proportionnalité. 9 enseignants sur 59 ont dit que les fractions sont utilisées dans les situations d'enseignement de mesures, de longueurs et de surfaces. 6 enseignants sur 59 ont dit que toutes les fractions sont plus ou moins importantes pour enseigner et apprendre toutes les autres notions mathématiques. 5 enseignants sur 59 ont signalé que les fractions sont importantes pour apprendre la lecture de l'heure. 4 enseignants sur 59 ont répondu qu'ils ne savaient pas. 4 enseignants sur 59 ont dit que les fractions constituent un élément de base pour enseigner le calcul. 3 enseignants sur 59 ont dit que cette notion est nécessaire pour apprendre les nombres et 2 sur 59 ont dit que les fractions servent à enseigner la notion de pourcentage.

Les résultats des deux précédentes questions (V14 et V15) montrent que la maîtrise du calcul, de la numération et des opérations mathématiques de base constituent un élément essentiel et indispensable pour commencer l'enseignement et l'apprentissage de la notion de fraction. L'élève doit donc maîtriser ces leçons avant l'apprentissage des fractions. Sinon, il ne parvient pas à conceptualiser et comprendre cette notion mathématique. En outre, la compréhension de la notion de fraction est très importante pour enseigner et apprendre les nombres décimaux, la proportionnalité et la gestion des problèmes.

Pour recueillir les perceptions des enseignants envers la notion de fraction, ceux-ci étaient invités à répondre aux questions ci-après (V16) :

V16a_*Pensez-vous que les fractions sont une notion déjà acquise par les élèves*

V16b_……*une notion complexe à comprendre*

V16c_.....*un savoir scolaire nécessaire*

V16d_.....*un savoir en lien avec la vie quotidienne*

V16e_.....*un savoir abstrait*

Pour chaque question, les enseignants avaient la possibilité de choisir l'un des quatre items suivants :

Pas du tout d'accord (1) Plutôt pas d'accord (2) Plutôt d'accord (3) Tout à fait d'accord (4)

Le logiciel SPAD nous a permis d'obtenir les résultats suivants dans le tableau 21 ci-après.

TABLEAU 21 – *Réponses des enseignants à la question V16*

Effectifs % en ligne	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord	Ensemble
V16a	35	25	7	0	67
	52,2	37,3	10,5	0,0	100,0
V16b	9	23	23	12	67
	13,5	34,3	34,3	17,9	100,0
V16c	0	0	24	43	67
	0,0	0,0	38,8	64,2	100,0
V16d	0	1	23	34	67
	0,0	1,5	34,3	64,2	100,0
V16e	6	25	29	7	67
	9,0	37,3	43,3	10,4	100,0

Le tableau 21 montre qu'en ce qui concerne la question V16a « *une notion déjà acquise par les élèves* » 52,20% des enseignants interrogés ne sont pas du tout d'accord, 37,3% ne sont plutôt pas d'accord et 10,5% sont plutôt d'accord. En regroupant les deux premières réponses, nous obtenons 89,50%. Cela signifie que pour la majorité des enseignants, la notion de fraction n'est pas déjà acquise par les élèves avant de la traiter en classe. Aucun enseignant n'a dit qu'il est tout à fait d'accord avec cette question.

Concernant la question V16b « *une notion complexe à comprendre* », nous constatons que 13,5% des enseignants ne sont pas du tout d'accord, 34,3% ne sont plutôt pas d'accord, 34,3% sont plutôt d'accord et 17,9% sont tout à fait d'accord. En regroupant les deux premières et les deux dernières réponses, nous obtenons respectivement 47,8% et 52,9%. Ces résultats nous montrent que les avis des enseignants sur cette question sont partagés.

À la question V16c « *un savoir scolaire nécessaire* », nous avons obtenu les résultats suivants : 38,8% des enseignants interrogés sont plutôt d'accord et 64,2% d'entre eux sont tout à fait d'accord. Nous constatons qu'aucun enseignant n'a sélectionné le choix 1 (pas du tout d'accord) ou 2 (plutôt pas d'accord). Ces résultats nous montrent que tous les enseignants interrogés voient les fractions comme un savoir scolaire nécessaire dans la vie des élèves.

À la question V16d « *un savoir en lien avec la vie quotidienne* », nous avons obtenu les résultats suivants : 1,5% des enseignants ne sont plutôt pas d'accord, 34,3% sont plutôt d'accord et 64,2% d'entre eux sont tout à fait d'accord. Nous remarquons qu'aucun enseignant n'est pas du tout d'accord avec cet item. Les résultats obtenus à cette question nous montrent que la majorité des enseignants estime que les fractions sont fortement liées à la vie courante des élèves.

La répartition des réponses sur la question V16e « *un savoir abstrait* », se fait comme suit : 9% des enseignants interrogés ne sont pas du tout d'accord, 37,3% ne sont plutôt pas d'accord, 43,3% sont plutôt d'accord et 10,4% sont tout à fait d'accord. En regroupant les deux premières et les deux dernières réponses, nous obtenons respectivement 46,3% et 53,7%. Ces résultats nous montrent que presque la moitié des enseignants estiment que les fractions sont un savoir abstrait. L'autre moitié des enseignants ne partagent pas cette idée avec leurs confrères.

Nous voulons maintenant tester à l'aide du test Khi-deux s'il y a un consensus sur ces résultats. Nous croisons ces résultats avec deux variables secondaires : le niveau des classes enseignées et le sexe pour connaître l'influence de ces deux variables sur ces résultats. Celui-ci nous a permis de tester l'indépendance des variables étudiées. Au préalable, nous avons formulé deux hypothèses (H0, hypothèse nulle et H1, hypothèse alternative). Pour H0, nous formulons l'hypothèse suivante : les variables de sexe/niveau de classe enseignée et réponse à la question V16 (a, b, c, d, e) sont indépendantes. Alors que pour H1, nous supposons que les variables étudiées sont dépendantes.

En appliquant le test de Khi-deux, nous obtenons la conclusion suivante pour chaque sous-question :

À la question V16a, nous constatons que la dépendance entre sexe et la réponse à cette question (*une notion déjà acquise par les élèves*) est non significative au niveau de risque de 0,05. On accepte alors H0. Par contre, la réponse à cette question et le niveau de classe enseignée est significative au niveau de risque de 0,05. On rejette donc H0 (voir tableau 22). En consultant les tableaux des résultats, en annexe 20, nous trouvons que 15 femmes sur 43 et 10 hommes sur 24 ne sont plutôt pas d'accord pour dire que la notion de fraction est déjà

acquise par les élèves. En outre, la consultation des pourcentages en annexe 21 nous montre que 72% des enseignants de CM1 ne sont pas du tout d'accord, 46,7% des enseignants de CM2 ne sont plutôt pas d'accord et 33,3% des enseignants de CM1_CM2 sont plutôt d'accord.

TABLEAU 22 – *Résultats du test Khi2 à la question V16a*

	Sexe	Niveau de classe
Valeur empirique calculée	2,37	13,11
Valeur théorique	5,99 avec ddl = 2, α = 0.05	9,48 avec ddl = 4, α = 0.05
Décision	On ne rejette pas H0	On rejette H0

À la question V16b, nous remarquons que la dépendance entre sexe et la réponse à cette question (*une notion complexe à comprendre*) est significative au niveau de risque de 0,05. On rejette alors H0. Par contre, la réponse à cette question et le niveau de classe enseignée est non significative au risque de 0,05. On accepte donc H0 (voir tableau 23). En consultant les tableaux des résultats, en annexe 20, nous relevons que 18 femmes sur 43 et 5 hommes sur 24 sont plutôt d'accord. 9 femmes sur 43 des et 3 hommes sur 24 sont tout à fait d'accord pour dire que les fractions sont une notion complexe à comprendre. En outre, la consultation des pourcentages en annexe 21 nous montre que 16% des enseignants de CM1, 20% des enseignants de CM2 et 16,7% des enseignants de CM1_CM2 sont d'accord sur le fait que les fractions sont une notion complexe à comprendre.

TABLEAU 23 – *Résultats du test Khi2 à la question V16b*

	Sexe	Niveau de classe
Valeur empirique calculée	9,59	10,93
Valeur théorique	7,81 avec ddl = 3, α = 0.05	12,59 avec ddl = 6, α = 0.05
Décision	On rejette H0	On ne rejette pas H0

À la question V16c, nous constatons que la dépendance entre sexe et la réponse à cette question (*un savoir scolaire nécessaire*) est non significative au niveau de risque de 0,05. La réponse à cette question et le niveau de classe enseignée est non significative au risque de 0,05. On accepte donc H0 dans les deux situations (voir tableau 24). En consultant les tableaux des résultats, en annexe 20, nous trouvons que 30 femmes sur 43 et 13 hommes sur 24 sont tout à fait d'accord pour dire que les fractions sont un savoir scolaire nécessaire. En outre, la consultation des pourcentages en annexe 21 nous montre que 8% des enseignants de CM1, 10% des enseignants de CM2 et 8,3% des enseignants de CM1_CM2 ne sont pas du tout d'accord.

TABLEAU 24 – *Résultats du test Khi2 à la question V16c*

	Sexe	Niveau de classe
Valeur empirique calculée	1,63	2,43
Valeur théorique	3,84 avec ddl = 1, α = 0.05	5,99 avec ddl = 2, α = 0.05
Décision	On ne rejette pas H0	On ne rejette pas H0

À la question V16d, nous remarquons que la dépendance entre sexe et la réponse à cette question (*un savoir en lien avec la vie quotidienne*) est non significative au niveau de risque de 0,05. La réponse à cette question et le niveau de classe enseignée est non significative au risque de 0,05. On accepte donc H0 dans les deux situations (voir tableau 25). En consultant les tableaux des résultats, en annexe 20, nous relevons que 26 femmes sur 43 et 17 hommes sur 24 sont tout à fait d'accord pour dire que les fractions sont un savoir en lien avec la vie quotidienne. En outre, la consultation des pourcentages en annexe 21 nous montre que 24% des enseignants de CM1, 36,7% des enseignants de CM2 et 50% des enseignants de CM1_CM2 sont plutôt d'accord.

TABLEAU 25 – *Résultats du test Khi2 à la question V16d*

	Sexe	Niveau de classe
Valeur empirique calculée	1,10	3,98
Valeur théorique	5,99 avec ddl = 2, α = 0.05	9,48 avec ddl = 4, α = 0.05
Décision	On ne rejette pas H0	On ne rejette pas H0

À la question V16e, nous constatons que la dépendance entre sexe et la réponse à cette question (*un savoir abstrait*) est non significative au niveau de risque de 0,05. La réponse à cette question et le niveau de classe enseignée est non significative au risque de 0,05. On accepte donc H0 dans les deux situations (voir tableau 26). En consultant les tableaux des résultats, en annexe 20, nous trouvons que 20 femmes sur 43 et 9 hommes sur 24 sont plutôt d'accord pour dire que les fractions sont un savoir abstrait. En outre, la consultation des pourcentages en annexe 21 nous montre que 52% des enseignants de CM1, 43,3% des enseignants de CM2 et 25% des enseignants de CM1_CM2 sont plutôt d'accord.

TABLEAU 26 – *Résultats du test Khi2 à la question V16e*

	Sexe	Niveau de classe
Valeur empirique calculée	6,64	10,11
Valeur théorique	7,81 avec ddl = 3, α = 0.05	12,59 avec ddl = 6, α = 0.05
Décision	On ne rejette pas H0	On ne rejette pas H0

5.1.2. Modalités de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions

Avant d'étudier chaque modalité de l'utilisation du TNI, nous voulions tout d'abord savoir comment les enseignants utilisent cet instrument numérique pour enseigner les fractions et connaître qui, entre l'enseignant et les élèves, manipulent le plus le TNI.

Nous avons donc posé la question suivante (V17) : *comment présentez-vous aux élèves les exercices sur les fractions en utilisant le TNI ?* 56 enseignants (83,6%) ont répondu à cette question contre 11 enseignants (16,4%) qui n'ont pas répondu. Les réponses des enseignants sont très variées. Pour les traiter nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Nous avons obtenu les résultats suivants :

29 enseignants sur 56 se focalisent sur les situations de division et de partage de l'unité. Pour fractionner et faire comprendre la notion de fraction, ils utilisent des disques, des bandes et des segments projetés sur le TNI. Ils recourent aussi à différentes formes géométriques et à des lignes numériques graduées ou millimétrées. Cette représentation des situations de partages recouvre plusieurs modalités : coloriages, découpages, ou encore dessins à l'aide du TNI. Les enseignants demandent à leurs élèves de construire ou de représenter une fraction à partir d'une unité donnée ou de reconstruire l'unité à partir d'une fraction donnée. D'autres enseignants utilisent des situations sur les aires et les surfaces pour faire comprendre à leurs élèves la technique de fractionnement. Ces représentations se focalisent sur l'aspect visuel du TNI comme un potentiel pédagogique de l'usage de cet instrument numérique. 5 enseignants sur 56 utilisent des ressources numériques disponibles en ligne pour enseigner les fractions en utilisant le TNI. Pour ceux-ci, l'accès à Internet permet d'avoir plus de choix dans la représentation des fractions. 5 enseignants sur 56 présentent les situations d'enseignement sur les fractions en donnant des situations-problèmes de la vie courante. Du point de vue de ces enseignants, les situations-problèmes connues par les élèves leur permettent de mieux comprendre le sens de la notion de fraction. 4 enseignants sur 56 utilisent des logiciels permettant de construire ou représenter les fractions. Cela rend l'apprentissage plus concret et plus visible pour les enfants. 2 enseignants sur 56 préparent des activités interactives provenant du manuel scolaire, puis invitent les élèves à comparer, choisir la bonne réponse et justifier leurs réponses. 2 enseignants sur 56 se focalisent sur les ressources animées. Ces ressources permettent d'attirer l'attention des élèves et de rendre les situations d'apprentissage sur les fractions plus concrètes. 1 enseignant sur 56 donne des situations avec des problèmes se référant à la situation d'enseignement du jour. Puis, il répartit les élèves selon le concept à aborder : en grand groupe, en petits groupes ou en individuel. 1 enseignant sur 56 a précisé qu'il utilise plus particulièrement le TNI en petits groupes ou en individuel où un élève est invité à utiliser le TNI pour réaliser un exercice sur

les fractions. 1 enseignant sur 56 en début de séance attire l'attention des élèves sur les notions qui seront traitées lors de la séance en projetant une situation donnée sur le TNI. Puis il laisse les élèves réfléchir sur la situation-problème sur laquelle ils vont travailler aujourd'hui. Ensuite, cet enseignant aborde le sujet en essayant de jouer sur l'interaction entre les élèves. Il lance, enfin, quelques situations-problèmes pour savoir si les élèves ont bien compris la situation d'enseignement. 1 enseignant sur 56 apportait une tarte auparavant pour donner une signification à la notion de fractions, mais maintenant avec le TNI il a beaucoup plus de possibilités : dessins coloriés, gâteaux, tartes, pommes... Tout cela sous forme de graphiques. 1 enseignant sur 56 utilise le TNI de manière générale uniquement dans sa fonction de vidéoprojecteur. Il projette ainsi des situations-problèmes pour mettre les élèves en situation de recherche collective. 2 enseignants sur 56 n'ont pas donné de vraies méthodes pour enseigner les fractions en utilisant le TNI. Cela dépend de l'objectif de la situation d'enseignement du jour. 2 enseignants sur 56 ont répondu qu'ils ne savaient pas.

À l'aide du logiciel SPAD, nous avons traité cette question (V17) en faisant un croisement entre celle-ci et la variable de sexe (V3). Le but de ce croisement était de savoir s'il existe une différence entre les femmes et les hommes dans la manière d'enseigner les fractions avec le TNI. Le logiciel SPAD nous a permis de montrer les réponses les plus courtes et les plus longues données par les enseignants pour répondre à cette question. Dans le traitement et l'analyse ci-dessous, nous ne présentons que les trois premières phrases les plus courtes et les plus longues données par les femmes et les hommes. Sachant que 36 femmes (83,7%) sur 43 et 20 hommes (83,3%) sur 24 ont répondu à cette question.

En ce qui concerne les réponses données par les femmes[47], nous constatons que les trois phrases les plus courtes se focalisent sur trois aspects différents. La première phrase montre que ce sont les logiciels et les équipements complémentaires du TNI (visionneuse et workspace) qui sont utilisés pour enseigner les fractions. La deuxième met l'accent sur l'aspect visuel du TNI comme un potentiel jouant un rôle d'aide pour les enseignants. Au troisième niveau, on voit que la méthode d'enseignement se focalise sur les situations de partage et plus particulièrement sur les situations d'aires et de surfaces. Au sujet des réponses longues, nous remarquons qu'il y a plus de détails techniques sur la méthode d'enseignement des fractions en utilisant le TNI. Dans la première réponse l'enseignant souligne qu'au début de son cours, il attire l'attention des élèves sur les notions traitées lors de la séance en projetant une situation donnée. Puis, l'enseignant laisse les élèves réfléchir sur la situation-

47 Pour consulter les résultats détaillés des femmes à cette question (V17), voir annexe 22.

problème sur laquelle ils vont travailler aujourd'hui. Ensuite, il aborde le sujet en essayant de jouer sur l'interaction entre les élèves. L'enseignant lance, enfin, quelques situations-problèmes pour savoir si les élèves ont compris la situation d'enseignement. La deuxième réponse ne donne pas une information exacte sur la méthode suivie pour enseigner les fractions par l'intermédiaire du TNI. Cet enseignant dit que la méthode suivie dépend de la nature de l'exercice. Il souligne que lorsqu'il utilise le TNI, il essaie de profiter de ses potentiels pour faire comprendre aux élèves la notion de fraction et les opérations nécessaires à cette notion. La troisième réponse, quant à elle, se base sur les ressources animées pour enseigner les fractions. Du point de vue de cet enseignant, les ressources animées permettent d'attirer l'attention des élèves et de rendre les notions fractionnaires plus concrètes. Quant aux réponses courtes données par les hommes[48], les trois premières réponses se focalisent sur les situations de partage. Ces enseignants mettent l'accent sur le coloriage, le découpage et le dessin pour représenter et faire comprendre les fractions à leurs élèves. Au sujet des réponses longues, on constate plus d'informations sur la méthode d'enseignement des fractions en utilisant le TNI. Dans la première, l'enseignant souligne au début de sa réponse les difficultés rencontrées par les élèves lors de l'apprentissage des fractions. Il regroupe les difficultés en quatre principales raisons : il existe deux nombres dans une fraction ; la relation existante entre ces deux nombres ; la possibilité de représenter la même fraction sous plusieurs formes ; la possibilité de représenter une figure donnée avec plusieurs écritures fractionnaires. Dans un deuxième temps, cet enseignant souligne qu'en utilisant le TNI, il essaie d'aider les élèves à résoudre ou à simplifier ces difficultés. Pour représenter et faire comprendre aux élèves la notion de fraction, l'enseignant joue sur les différentes formes ou figures que le TNI offre. La deuxième réponse montre dans un premier temps la méthode suivie par l'enseignant pour enseigner les fractions avant le TNI, puis il montre les choix disponibles pour enseigner avec le TNI. Cet enseignant souligne qu'avant le TNI il apportait une tarte pour donner une signification à cette notion. Mais avec le TNI il a beaucoup plus de possibilités : dessins coloriés, gâteaux, tartes, pommes, etc. Tout cela sous forme de graphiques numériques. Dans la troisième réponse, l'enseignant souligne qu'il utilise le TNI en petits groupes ou en individuel où il invite un élève à utiliser le TNI pour réaliser un exercice sur les fractions.

Les résultats à cette question nous montrent que les enseignants suivent plusieurs méthodes pour enseigner les fractions en utilisant le TNI. Les femmes essayent plus que les hommes de varier leurs méthodes d'enseignement. Elles exploitent plusieurs potentiels

48 Pour consulter les résultats détaillés des hommes à cette question (V17), voir annexe 23.

pédagogiques du TNI (logiciels, équipements supplémentaires, ressources disponibles en ligne, ressources interactives). Les hommes, quant à eux, se focalisent plus particulièrement sur les méthodes basées sur le partage par le dessin, découpage et coloriage, etc. Ils mettent aussi l'accent sur l'aspect motivationnel du TNI.

En ce qui concerne la manipulation du TNI, nous avons posé la question suivante (V18) : *dans les leçons sur les fractions animées par le TNI qui manipule le TNI ? Plutôt vous* ☐ *Plutôt les élèves* ☐ *Vous et les élèves de façon équitable* ☐

Comme le montre la figure 52 ci-après, nous constatons que les trois quarts des enseignants interrogés (74,6%) déclarent qu'ils manipulent le TNI d'une façon équitable avec leurs élèves. 13,4% d'entre eux manipulent plutôt le TNI. 6% laissent plutôt leurs élèves manipuler le TNI. 6% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent qu'une grande partie des enseignants interrogés partage la manipulation du TNI avec leurs élèves. Cela signifie qu'un nouveau paradigme pédagogique est en train de naître chez les enseignants. Dans ce modèle pédagogique l'enseignant est un ingénieur pédagogique. Il partage la manière de construire des connaissances avec ses élèves.

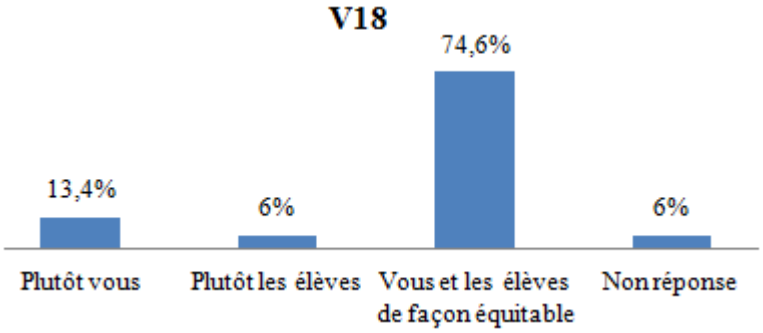


FIGURE 52 – *Répartition de l'utilisation du TNI entre l'enseignant et les élèves*

Nous voulons tester si ces résultats sont unanimes. Nous prenons les variables du sexe, du niveau des classes enseignées, de l'ancienneté dans l'utilisation du TNI et du suivi d'une formation sur celui-ci. Pour tester l'indépendance des modalités, deux hypothèses sont en concurrence : H0 (hypothèse nulle) et H1 (alternative). En ce qui concerne les modalités du sexe et la réponse à la question V18, nous obtenons la conclusion suivante en recourant au test du Khi2. Le tableau 27 montre que la valeur calculée de $\chi^2 = 2{,}87$ est inférieure à la valeur théorique 5,99 au seuil de risque de 0.05, nous acceptons donc l'hypothèse nulle. Il n'y a pas donc de différence significative statistique entre les hommes et les femmes concernant la réponse à la question V18. Ceci nous permet de dire qu'il y a une homogénéité entre la méthode suivie par les hommes et celle suivie par les femmes.

TABLEAU 27 – *Tableau de contingence : sexe (V3) et réponse à la question V18*

Effectifs % en ligne	Plutôt les élèves	Plutôt vous	Vous et les élèves de façon équitable	Ensemble
Femme	4	6	29	39
	10,3	15,4	74,4	100,0
Homme	0	3	21	24
	0,0	12,5	87,5	100,0
Ensemble	4	9	50	63
	6,3	14,3	79,4	100,0

Khi2 = 2.87, nombre de degrés de liberté = 2

Concernant le croisement entre le niveau des classes enseignées (V5) et la réponse des enseignants à la question V18, nous avons obtenu les résultats suivants. Le tableau 28 montre que la valeur calculée de χ^2 = 6,89 est inférieure à la valeur théorique 9,48 au seuil de risque de 0.05. Nous acceptons donc l'hypothèse nulle. Il n'y a pas donc de différence significative entre les trois niveaux des classes impliquées dans cette recherche (CM1, CM2, CM1_CM2). Ceci nous permet de dire qu'il y a une homogénéité entre les méthodes impliquées par les enseignants de CM1, de CM2 et de CM1_CM2 par rapport à leurs méthodes de manipulation du TNI.

TABLEAU 28 – *Tableau de contingence : niveau des classes enseignées (V5) et réponse à la question V18*

Effectifs % en ligne	Plutôt les élèves	Plutôt vous	Vous et les élèves de façon équitable	Ensemble
CM1	0	2	22	24
	0,0	8,3	91,7	100,0
CM2	4	5	19	28
	14,3	17,9	67,9	100,0
CM1_CM2	0	2	9	11
	0,0	18,2	81,8	100,0
Ensemble	4	9	50	63
	6,3	14,3	79,4	100,0

Khi2 = 6.89, nombre de degrés de liberté = 4

S'agissant du croisement entre l'ancienneté dans l'utilisation du TNI (V7) et la réponse des enseignants à la question V18, nous avons obtenu les résultats suivants. Le tableau 29 montre que la valeur calculée de χ^2 = 1,41 est inférieure à la valeur théorique 5,99 au seuil de risque de 0.05. Nous acceptons donc l'hypothèse nulle. Il n'y a pas de différence statistique significative entre les deux niveaux d'ancienneté impliqués dans cette recherche (ancienneté_1, ancienneté_2). Ceci nous permet de dire qu'il y a une homogénéité entre la

méthode suivie par les enseignants utilisant le TNI depuis moins de trois ans et celle suivie par les enseignants utilisant cet outil depuis plus de trois ans.

TABLEAU 29 – *Tableau de contingence : ancienneté dans l'utilisation du TNI (V7) et réponse à la question V18*

Effectifs % en ligne	Plutôt les élèves	Plutôt vous	Vous et les élèves de façon équitable	Ensemble
Ancienneté_1	3	5	23	31
	9,7	16,1	74,2	100,0
Ancienneté_2	1	4	27	32
	3,1	12,5	84,4	100,0
Ensemble	4	9	50	63
	6,3	14,3	79,4	100,0

Khi2 = 1.41, nombre de degrés de liberté = 2

Concernant l'étude d'interdépendance entre le suivi d'une formation sur le TNI et la réponse à la question V18, nous avons obtenu les résultats suivants dans le tableau ci-dessous. Le tableau 30 montre que le χ^2 = 6,81 est supérieur à la valeur théorique 5,99 au seuil de risque de 0.05. Nous rejetons donc l'hypothèse nulle. Il y a donc une différence statistique significative entre les enseignants ayant suivi une formation sur l'utilisation du TNI et ceux n'ayant pas suivi cette formation. Cela nous permet de dire qu'il y a une hétérogénéité entre la méthode suivie par les enseignants ayant suivi une formation et celle par les enseignant n'ayant pas suivi cette formation.

TABLEAU 30 – *Tableau de contingence : enseignants ayant suivi ou non une formation sur le TNI (V9) et réponse à la question V18*

Effectifs % en ligne	Plutôt les élèves	Plutôt vous	Vous et les élèves de façon équitable	Ensemble
Oui	4	5	44	53
	7,5	9,4	83,0	100,0
Non	0	4	6	10
	0,0	40,0	60,0	100,0
Ensemble	4	9	50	63
	6,3	14,3	79,4	100,0

Khi2 = 6.81, nombre de degrés de liberté = 2

Aux modalités de l'utilisation du TNI, nous nous sommes interrogé sur la question de connaître les contextes et conditions dans lesquels les enseignants utilisent chacune des trois modalités de l'utilisation du TNI (grand groupe, petits groupes, individuel). Puis, nous avons demandé aux enseignants d'évaluer l'utilité de l'utilisation de chaque modalité dans les cours en donnant une note entre 0 et 10 (0 signifiant le plus faible et 10 le plus fort).

Dans quels contextes les enseignants recourent-ils à l'utilisation du TNI en grand groupe ? Nous avons donc posé la question suivante (V19) : *dans quel contexte préférez-vous utiliser le TNI en grand groupe (par vous, devant la classe entière) dans les leçons sur les fractions ?* 56 enseignants (83,6%) ont répondu à cette question. 11 enseignants (16,4%) n'ont pas répondu. Pour traiter les réponses obtenues, nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Le traitement et l'analyse de ces réponses, nous a fourni les résultats suivants :

17 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe pour mettre en commun ce qu'ils viennent de traiter. 12 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe pour présenter les consignes des activités ou des exercices que les élèves doivent faire. 10 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe dans la phase de recherche, de découverte et d'explications des notions. 9 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe pour corriger des exercices devant tous les élèves. 8 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe pour faire un rappel des notions traitées précédemment. 6 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe pour synthétiser les notions traitées. 4 enseignants sur 56 ont dit ne pas pouvoir fragmenter le contexte de l'usage du TNI. Pour ces enseignants, il est difficile de séparer les modalités de l'utilisation du TNI. Lors de l'utilisation du TNI dans une séance, ces enseignants mélangent les trois modalités. Un des ces trois enseignants souligne que l'utilisation du TNI en petits groupes est la meilleure et la plus pertinente des modalités. Mais ce type d'usage n'est pas réalisable ou est très artificielle en raison du nombre des élèves dans la classe ou parfois à l'existence de deux niveaux (CM1 et CM2) dans la même classe. 3 enseignants sur 56 recourent à l'usage collectif du TNI à la fin de la séance pour poser les acquis sur le tableau et garder une trace. 2 enseignants sur 56 recourent à l'usage collectif du TNI en grand groupe pour introduire et présenter les objectifs du cours. 2 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe pour corriger les travaux des élèves. Du point de vue de ces enseignants, la correction collective permet d'enrichir l'échange et la discussion avec tous les élèves. 2 enseignants sur 56 utilisent le TNI en grand groupe au début de séance sans préciser le contexte de cet usage. 1 enseignant sur 56 a souligné qu'il est possible d'utiliser le TNI en grand groupe dans tous les contextes comme un tableau classique. Il peut être utilisé dans la phase de découverte, correction, institutionnalisation, etc. 1 enseignant sur 56 utilise le TNI en grand groupe dans toutes les phases du cours. 1 enseignant sur 56 n'pas donné de vraies réponses. Il souligne que cela dépend des objectifs de chaque cours. 3 enseignants sur 56 ont répondu qu'ils ne savaient pas.

Ces résultats montrent que les enseignants, recourent à l'utilisation collective du TNI lorsqu'ils veulent adresser et transmettre des informations intéressant l'ensemble des élèves.

Pour cela, les enseignants utilisent le TNI en grand groupe pendant les phases d'explications, de mise en commun, de synthèse ainsi que pour faire le point sur les séances précédentes.

Existe-t-il une différence entre les enseignants ayant suivi une formation sur le TNI et ceux n'ayant pas suivi cette formation (V9) par rapport aux réponses données à la question V19 ? Sur 56 enseignants ayant suivi une formation sur le TNI, 48 (soit 83,7%) ont répondu et sur 11 n'ayant pas suivi une formation, 8 enseignants (soit 83,3%) ont répondu à cette question. En ce qui concerne les réponses données par les enseignants ayant suivi une formation sur le TNI[49], nous constatons que les trois premières réponses courtes se focalisent sur trois contextes différents. Le premier se base sur l'usage collectif du TNI dans l'introduction et la correction des travaux des élèves. Le deuxième souligne la possibilité de l'utilisation collective du TNI uniquement dans la situation de découverte. Le troisième indique qu'il est possible d'utiliser collectivement le TNI dans tous les contextes : découverte, institutionnalisation, rappel, etc. Sur les réponses longues, nous remarquons que celles-ci se regroupent en deux contextes. Le premier mélange les trois modalités du TNI durant la même séance. Le deuxième se focalise sur l'utilisation du TNI en grand groupe pour la présentation des consignes que les élèves doivent appliquer ainsi que la mise en commun de ce que l'enseignant vient d'expliquer. Concernant les enseignants n'ayant pas suivi une formation[50], nous constatons que les réponses courtes se focalisent sur deux aspects. Le premier est la mise en commun alors que le deuxième ne souligne que l'utilisation collective du TNI selon les objectifs des situations d'enseignement. Au sujet des réponses longues, nous trouvons les mêmes contextes que mentionnés précédemment. Le troisième contexte souligne qu'il est possible d'utiliser le TNI dans toutes les phases du cours : rappel, découverte, mise en commun, etc.

Nous trouvons qu'il n'y a pas de différences entre les contextes d'utilisation collective du TNI par les enseignant ayant suivi une formation et ceux qui n'ont pas suivi cette formation. Il y a donc une homogénéité entre les deux catégories d'enseignants par rapport à l'usage collectif du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité de l'utilisation du TNI en grand groupe ? (V20) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous à l'utilisation du TNI en grand groupe dans les leçons sur les fractions ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort)*. Comme le montre la figure 53 ci-après, 31,34% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour

49 Pour consulter les résultats détaillés des enseignants ayant suivi une formation sur le TNI, voir annexe 24.

50 Pour consulter les résultats détaillés des enseignants n'ayant pas suivi une formation sur le TNI, voir annexe 25.

l'utilité de l'usage du TNI en grand groupe, 20,89% d'entre eux donnent une note de 9 et 23,88% donnent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous constatons que 76,11% des enseignants interrogés donnent une importance considérable à l'utilité de l'usage du TNI en grand groupe. Cela nous permet de conclure que les enseignants estiment le TNI comme un outil très utile servant à faire des cours collectifs pour enseigner les fractions. 3 enseignants (4,5%) n'ont pas répondu à cette question.

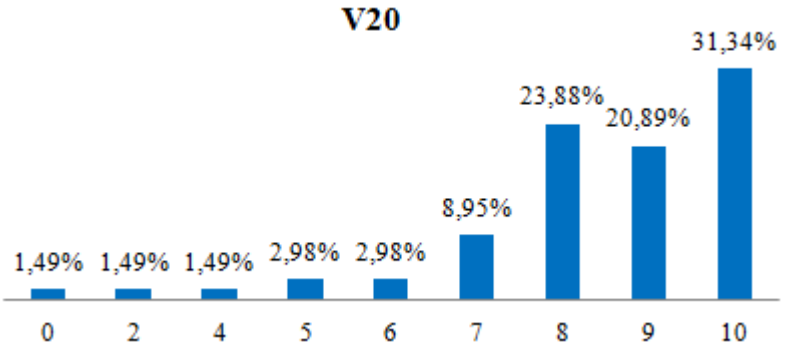


FIGURE 53 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'usage du TNI en grand groupe*

Dans quels contextes les enseignants recourent-ils à l'utilisation du TNI en petits groupes ? Nous avons posé la question suivante (V21) : *dans quel contexte préférez-vous utiliser le TNI en petits groupes d'élèves dans les leçons sur les fractions ?* 55 enseignants (82,1%) ont répondu à cette question. 12 enseignants (17,9%) n'ont pas répondu. Les réponses des enseignants sont très variées. Pour les traiter nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Nous avons obtenus les résultats suivants :

17 enseignants sur 55 utilisent le TNI en petits groupes pour faire un travail groupal en petits ateliers dans la classe. Dans ces ateliers les enseignants donnent des exercices différents et ils demandent à chaque groupe de venir au tableau et d'expliquer devant leurs camarades la solution trouvée et la technique suivie pour résoudre l'exercice. Ils justifient également leurs méthodes pour la résolution des problèmes. Dans ce travail les élèves recherchent et découvrent ensemble la notion étudiée. Ils corrigent aussi ensemble leurs travaux. Certains enseignants soulignent qu'il n'est pas possible de passer plusieurs groupes au TNI dans la même séance. Ils passent donc deux ou trois groupes dans chaque séance. Ils font cela à tour de rôle avec les autres groupes dans les séances suivantes. 9 enseignants sur 55 ont dit qu'ils utilisent le TNI en petits groupes pour faire des activités pédagogiques complémentaires. Du point de vue de ces enseignants, l'utilisation du TNI dans les ateliers permettent d'intégrer le TNI plus facilement et de favoriser les interactions entre les élèves et l'enseignant. Ces activités concernent notamment les élèves ayant besoin d'être plus particulièrement accompagnés. Elles se déroulent après les heures de classe pour les élèves en difficulté. 6

enseignants sur 55 disent qu'il est difficile d'utiliser le TNI en petits groupes avec un nombre important d'élèves dans la classe. D'autres n'utilisent pas cette modalité en raison de la configuration de la classe : deux niveaux dans la même classe. Cette modalité prend beaucoup de temps et donc il y a un risque de prendre un certain retard dans les programmes scolaires. Pourtant ces enseignants soulignent que l'utilisation du TNI en petits groupes est la meilleure et la plus pertinente, parce que celle-ci permet aux élèves de discuter et de trouver les solutions ensemble. 6 enseignants sur 55 utilisent le TNI en petits groupes pour les exercices d'entraînement et de vérification de la compréhension des élèves. 4 enseignants sur 55 ont dit qu'ils ne peuvent pas segmenter le contexte de l'usage du TNI. Pour ces enseignants, il est difficile de séparer les modalités de l'utilisation du TNI. Lors de l'utilisation du TNI dans une séance, ces enseignants mélangent les trois modalités. 4 enseignants sur 55 utilisent le TNI en petits groupes pour faire un travail différencié : petits groupes d'élèves en difficulté ou inversement élèves de bon niveau en recherche sur un problème plus difficile. 3 enseignants sur 55 utilisent le TNI en petits groupes pour réexpliquer aux élèves n'ayant pas compris ce que l'enseignant vient de traiter. 3 enseignants sur 55 utilisent peu le TNI en petits groupes car ils ont une classe de deux niveaux ou à cause du nombre d'élèves dans la classe. Ils trouvent donc qu'il est difficile de répartir les élèves en petits groupes. Ils soulignent que le TNI leur sert bien entendu pour l'apprentissage en petits groupes. 1 enseignant sur 55 n'a pas donné de vraies réponses : il souligne que cela dépend des objectifs de chaque cours. 1 enseignant sur 55 n'utilise pas le TNI en petits groupes. 3 enseignants sur 55 ont répondu qu'ils ne savaient pas.

Ces résultats nous montrent que les enseignants durant les situations d'enseignement sur les fractions recourent à l'utilisation du TNI en petits groupes pour différentes raisons. Viennent en tête de ces motifs la réalisation d'activités collectives dans la classe et d'activités pédagogiques complémentaires Dans ces ateliers le but est de construire les connaissances collectivement entre les élèves. Ils partagent leurs connaissances pour trouver une solution à la situation-problème posée. Le rôle de l'enseignant est de guider les élèves vers la bonne méthode pour résoudre le problème. Il partage l'utilisation du TNI avec ses élèves.

Y a-t-il une différence entre les enseignants utilisant le TNI depuis moins de trois ans et ceux l'utilisant depuis plus de trois ans (V7) par rapport aux réponses données à la question V21 ? Sur 34 enseignants de l'ancienneté_1 ; 27 (79,41%) ont répondu à cette question et sur 33 enseignants de l'ancienneté_2 ; 28 (84,85%) ont répondu. Concernant les réponses des

enseignants débutants dans l'utilisation du TNI[51], nous trouvons que deux des trois courtes réponses se focalisent sur la difficulté d'utilisation du TNI en petits groupes d'élèves. Pourtant dans ces deux réponses, les enseignants soulignent que l'utilisation du TNI en petits groupes est très pertinente et très utile. La troisième courte réponse est une réponse du genre « on ne sait pas ». Au sujet des réponses longues, nous constatons que la première et la troisième phrases indiquées se basent aussi sur la difficulté de l'utilisation du TNI en petits groupes avec un nombre important d'élèves dans la classe. La deuxième réponse se focalise sur la difficulté de séparer les modalités de l'utilisation du TNI. Cet enseignant souligne que lorsqu'il utilise le TNI, il mélange les trois modalités pendant la séance. Pour celui-ci, l'utilisation du TNI en petits groupes est la meilleure et la plus pertinente. Mais ce type d'usage n'est pas réalisable ou très difficile à mettre en œuvre en raison de la configuration de la classe. Quant aux réponses données par les enseignants utilisant le TNI depuis plus de trois ans[52], nous constatons que les trois courtes réponses sont identiques : l'utilisation du TNI en petits groupes dans la phase de recherche et de découverte. Concernant les réponses longues, on voit plus de diversités sur l'utilisation du TNI. Dans la première et la troisième réponses, les enseignants soulignent qu'ils utilisent souvent le TNI en petits groupes même s'il n'est pas facile de le faire en raison du nombre d'élèves dans la classe. Dans ce travail groupal, les enseignants donnent des exercices différents et demandent à chaque groupe de venir au TNI et d'expliquer devant leurs camarades la solution trouvée et la technique suivie pour résoudre l'exercice. La deuxième réponse met l'accent sur la possibilité d'utiliser le TNI en petits groupes d'élèves pour faire des ateliers de différenciation en travaillant sur des manipulations avec des élèves ayant les mêmes difficultés. Cet enseignant souligne que dans ces ateliers les élèves cherchent et travaillent ensemble pour trouver la réponse à l'exercice proposé.

Nous constatons que l'ancienneté des enseignants dans l'utilisation du TNI joue un rôle d'enrichissement des contextes dans l'usage de cet instrument en petits groupes d'élèves. Plus les enseignants utilisent le TNI, plus ils varient les contextes de l'exploitation de cet instrument. En outre, plus les enseignants exploitent le TNI, plus ils mettent en valeur les plus-values de celui-ci. Enfin, plus les enseignants utilisent le TNI, plus ils se défont de la peur de l'utilisation de cet outil numérique et du manque de confiance en soi. Nous pouvons lier cela avec les compétences que l'enseignant peut acquérir au cours de l'utilisation du TNI.

---

51 Pour consulter les résultats détaillés des enseignants de l'ancienneté_1 à la question V21, voir annexe 26.

52 Pour consulter les résultats détaillés des enseignants de l'ancienneté_2 à la question V21, voir annexe 27.

Cela est lié aux schèmes d'utilisation et aux genèses instrumentales que l'enseignant développe et construit au fil du temps.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité de l'utilisation du TNI en petits groupes ? (V22) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous à l'utilisation du TNI en petits groupes d'élèves dans les leçons sur les fractions ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort)*. Comme le montre la figure 54 ci-après, 34,32% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation du TNI en petits groupes, 20,89% d'entre eux donnent une note de 9 et 23,88% attribuent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous remarquons que 79,09% des enseignants interrogés donnent une forte importance à l'utilité de l'usage du TNI en petits groupes. Nous concluons que les enseignants voient le TNI comme un outil très utile pour enseigner des petits groupes d'élèves. 2 enseignants (3%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence des notes 1, 3 et 4.

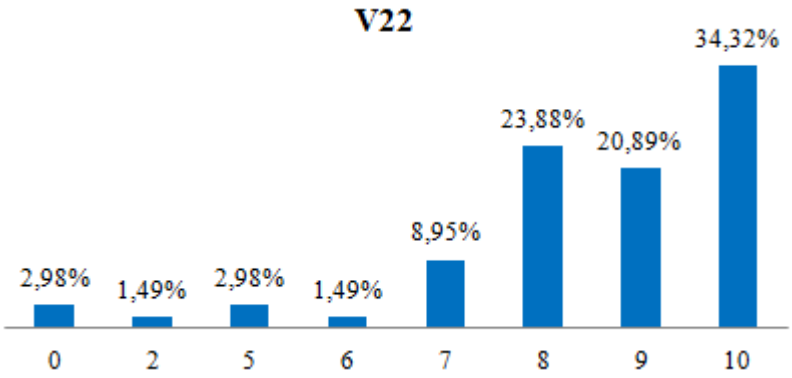


FIGURE 54 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'usage du TNI en petits groupes d'élèves*

Dans quels contextes les enseignants recourent-ils à l'utilisation du TNI en individuel ? Nous avons posé la question suivante (V23) : *dans quel contexte préférez-vous l'utilisation individuelle (par les élèves) du TNI dans les leçons sur les fractions ?* 57 enseignants (85,1%) ont répondu à cette question.10 enseignants (14,9%) n'ont pas répondu. Pour traiter les réponses, nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Le traitement et l'analyse de ces réponses, nous ont fourni les résultats suivants :

19 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel avec les élèves en difficulté n'ayant pas compris ce que l'enseignant vient d'expliquer. Ces enseignants demandent à leurs élèves de venir au TNI et d'appréhender la technique du raisonnement. Ils réexpliquent à ces élèves les démarches de la résolution. Ces enseignants trouvent que cette technique est très utile pour aider ces élèves. 12 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel durant les activités pédagogiques complémentaires pour aider les élèves rencontrant des difficultés.

Durant ces séances d'aide personnalisée, les enseignants recourent à l'usage individuel du TNI pour leur réexpliquer ce qu'ils n'ont pas compris en vue de les mettre à niveau. 6 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel lorsque les élèves doivent noter leurs réponses à une question précise ou lorsqu'ils doivent présenter leur travail sur le TNI devant leurs camarades. 6 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel pour la remédiation. 4 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel pour la correction des exercices des élèves. 4 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel pour réaliser des exercices d'entraînement et de vérification de la compréhension des élèves. 3 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel lorsqu'ils demandent à un élève ayant fait un travail original ou ayant bien compris, d'expliquer à ses camarades une notion qui n'est pas claire pour les autres élèves. 3 enseignants sur 57 disent qu'ils ne peuvent pas segmenter le contexte de l'usage du TNI. Pour ces enseignants, il est difficile de séparer les modalités de l'utilisation du TNI. Lors de l'utilisation du TNI, ces enseignants mélangent les trois modalités de l'usage. 2 enseignants sur 57 utilisent le TNI en individuel lorsque chaque élève présente à tour de rôle la solution proposée pour un exercice. 2 enseignants sur 57 n'utilisent pas le TNI en individuel. 1 enseignant sur 57 n'a pas donné de vraies réponses. Il souligne que cela dépend des objectifs de chaque cours. 3 enseignants sur 57 ont répondu qu'ils ne savaient pas.

Les résultats de l'utilisation individuelle du TNI nous montrent que les enseignants recourent à cette modalité d'usage pour aider un élève à surmonter une difficulté ou un obstacle qu'il rencontre lors de son apprentissage. Le TNI est utilisé ici dans deux grands contextes : soutien et remédiation. Nous distinguons entre deux types d'usage individuel : usage individuel dans la classe et usage individuel hors de la classe. Dans le premier type, même si le but principal est d'aider un élève n'ayant pas bien compris ce que son enseignant vient de lui expliquer, l'aspect collectif existe aussi. Dans ce cas, même si l'enseignant donnent ses explications à un seul élève, les autres en profitent pour améliorer leurs connaissances. Dans le deuxième type, l'enseignant travaille avec un seul élève ou un petit groupe d'élèves homogènes rencontrant les mêmes difficultés pendant les ateliers pédagogiques complémentaires. On voit donc la dimension collective même si le public est restreint. L'enseignant gère l'utilisation du TNI pour aider ce groupe à bien comprendre ce qu'il n'a pas compris dans la classe. Le TNI est parfois utilisé pour aider un élève en difficulté après les cours.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité de l'utilisation du TNI en individuel ? (V24) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous à l'utilisation individuelle (par les élèves) du TNI dans les leçons sur les fractions ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort)*. Comme on le voit

dans la figure 55 ci-après, 37,31% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation individuelle du TNI, 20,89% d'entre eux donnent une note de 9 et 14,92% attribuent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous trouvons que 73,12% des enseignants interrogés donnent une grande importance à l'utilité de l'usage individuel du TNI. Nous concluons que les enseignants trouvent que le TNI est un outil très utile pour l'usage individuel. Sachant que 3 enseignants (4,5%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence des notes 2 et 3.

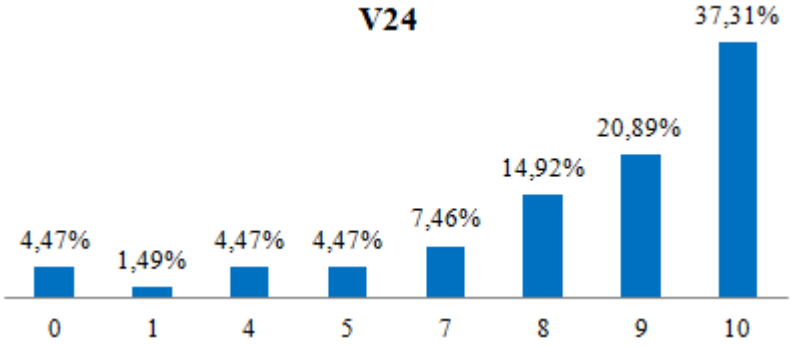


FIGURE 55 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'usage individuel du TNI*

Après avoir étudié les questions de modalités d'utilisation du TNI par les enseignants, nous nous sommes posé la question de connaître l'avis de ceux-ci sur l'utilisation individuelle du TNI par les élèves. (V25) : *les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI pour apprendre les fractions. Êtes-vous :*

Pas du tout d'accord ☐ *Plutôt pas d'accord* ☐ *Plutôt d'accord* ☐ *Tout à fait d'accord* ☐

Comme le montre la figure 56 ci-après, environ deux tiers (61,19%) des enseignants interrogés sont plutôt d'accord sur le fait que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI pour apprendre les fractions, 20,89% d'entre eux sont tout à fait d'accord, 11,94% ne sont plutôt pas d'accord et seulement 1,49% ne sont pas du tout d'accord. En regroupant les deux premiers pourcentages, nous trouvons qu'une majorité des enseignants (82,08%) est d'accord. Nous concluons que les enseignants estiment que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI dans les cours sur les fractions. 3 enseignants (4,5%) n'ont pas répondu à cette question.

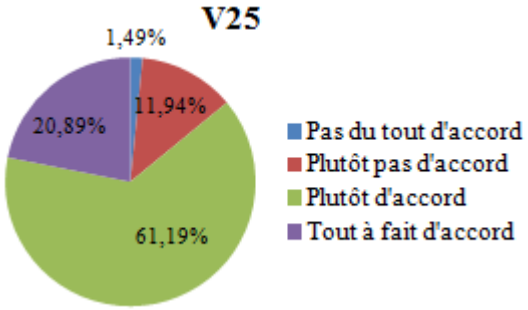


FIGURE 56 – *Perception des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*

Ces résultats nous montrent que les enseignants donnent une importance considérable à l'utilisation du TNI. Celle-ci permet aux élèves d'être un acteur participatif au lieu d'être un récepteur passif. L'élève construit lui-même ses connaissances en interagissant avec sa communauté et son instrument. Cela augmente la motivation et la confiance de soi chez l'élève.

5.1.3. Représentation des fractions à travers le TNI

Dans cette série de questions nous voulions étudier les perceptions des enseignants envers les effets des supports multimodaux visuels et manipulables sur l'apprentissage des élèves dans la notion de fraction. Pour chaque support, nous avons posé deux questions. Dans la première question nous essayons de connaitre l'impact cognitif de celui-ci sur l'apprentissage des élèves. La deuxième question est consacrée à l'étude du niveau d'utilité que les enseignants accordent à ce support.

Pour étudier les effets cognitifs des supports visuels, nous avons posé la question suivante (V26_enseignants) : *le fait de voir les fractions représentées d'une façon dynamique sous forme d'images en couleurs sur le TNI aide cognitivement les élèves à apprendre les fractions. Êtes-vous :*

Pas du tout d'accord ☐ *Plutôt pas d'accord* ☐ *Plutôt d'accord* ☐ *Tout à fait d'accord* ☐

Comme le montre la figure 57, plus de la moitié des enseignants (53,7%) est plutôt d'accord sur le fait que la représentation visuelle des fractions sur le TNI constitue une aide cognitive pour les élèves. 38,8% d'entre eux sont tout à fait d'accord et 3% ne sont plutôt pas d'accord. 4,5% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les enseignants ont un avis favorable par rapport aux effets cognitifs des supports visuels sur l'apprentissage des élèves. Ils apprécient donc le rôle joué par les supports visuels pour aider les élèves à apprendre les fractions.

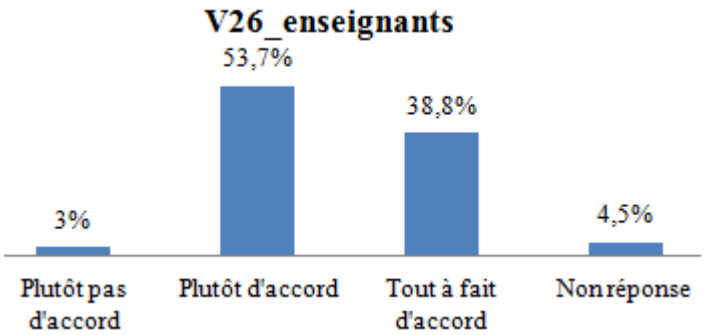


FIGURE 57 – *Perception des enseignants envers les effets des représentations visuelles des fractions à l'aide du TNI*

Nous voulons maintenant tester à l'aide du Khi-deux s'il y a un consensus sur ces résultats. Nous ne montrons ci-après que quelques résultats du croisement avec les variables où nous avons trouvé une différence significative[53]. Le croisement de la variable V26_enseignants avec la variable d'âge (V04) nous montre qu'il y a une différence significative entre les trois catégories d'âge par rapport aux effets des supports visuels. En consultant le tableau 1, en annexe 28, nous trouvons que 15 enseignants sur 25 de la tranche d'âge_1 sont tout à fait d'accord que les supports visuels du TNI aident cognitivement les élèves. 13 enseignants sur 22 de la tranche d'âge_2 sont plutôt d'accord. Nous remarquons que les enseignants qui ne sont plutôt pas d'accord appartiennent exclusivement à la tranche d'âge_3.

Le croisement entre la variable V26_enseignants et la fréquence d'utilisation du TNI en mathématiques (V11), nous montre qu'il y une différence entre le niveau de fréquence dans l'utilisation du TNI et la perception envers l'utilité des supports visuels. En consultant le tableau 4, en annexe 28, nous trouvons que sur 29 enseignants utilisant « toujours » le TNI en mathématiques, 19 ont dit qu'ils sont tout à fait d'accord sur le fait que les supports constituent un élément aidant les élèves dans leur apprentissage. De même, sur 27 enseignants utilisant « souvent » le TNI dans les situations d'enseignement de mathématiques, 21 d'entre eux sont plutôt d'accord s'agissant de l'utilité des représentations visuelles sur l'apprentissage des élèves.

Le croisement entre la variable V25 (*les perceptions des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*), avec la variable V26_enseigants, nous montre également qu'il existe une différence entre les points de vue des enseignants sur l'utilisation individuelle du TNI par les élèves et la réponse à la question V26_enseignants. En consultant le tableau 5, en annexe 28, nous trouvons que sur 14 enseignants ayant dit qu'ils sont tout à fait d'accord pour que les élèves utilisent le TNI, 10 enseignants sont aussi tout à fait d'accord sur le fait que les représentations visuelles aident les élèves à apprendre cette notion mathématique.

Ces résultats nous montrent que les jeunes enseignants sont plus favorables aux effets des supports visuels sur l'apprentissage des élèves que les enseignants plus âgés. De plus, la fréquence de l'usage du TNI contribue à avoir une idée positive sur l'utilité des potentiels pédagogiques du TNI. Plus les enseignants utilisent le TNI dans leurs situations d'enseignement, plus ils sont favorables à l'importance des supports visuels. En outre, les

53 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de variable V26_enseignants avec les autres variables, voir annexe 28.

perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves jouent un rôle dans les points de vue sur l'efficacité des supports visuels comme aide cognitive sur l'apprentissage des élèves. Plus les enseignants sont convaincus que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI, plus ils estiment que les représentations visuelles des fractions sur le TNI aident cognitivement les élèves à apprendre cette notion mathématique.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité des supports visuels sur l'apprentissage des élèves ? (V27) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous aux représentations visuelles (statiques et/ou dynamiques) des fractions sur le TNI ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort).* Comme on le voit dans la figure 58 ci-après, 47,8% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour l'utilité des supports visuels du TNI, 14,9% d'entre eux donnent une note de 9 et 19,4% donnent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous trouvons que 82,1% des enseignants interrogés donnent une importance considérable à l'utilité des supports visuels pour aider cognitivement les élèves à apprendre les fractions. Nous concluons que les enseignants trouvent que les représentations visuelles (statiques ou animées) constituent une aide cognitive pour les élèves dans leur apprentissage. 3 enseignants (4,5%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence des notes entre 0 et 4.

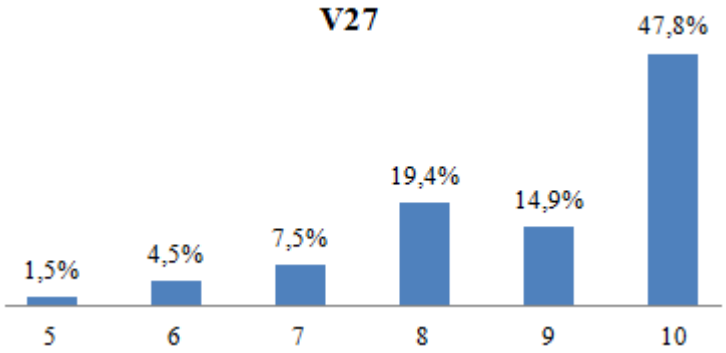


FIGURE 58 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité des supports visuels dans l'apprentissage des élèves*

Pour étudier les effets cognitifs des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves, nous avons posé la question suivante (V28_enseignants) : *le fait de toucher le TNI par les élèves lors de l'apprentissage des fractions aide cognitivement les élèves à apprendre les fractions. Êtes-vous :*

Pas du tout d'accord ☐ *Plutôt pas d'accord* ☐ *Plutôt d'accord* ☐ *Tout à fait d'accord* ☐

Comme le montre la figure 59, plus de la moitié des enseignants (55,2%) est plutôt d'accord sur le fait que les manipulations physiques des fractions par les élèves sur le TNI constitue une aide cognitive pour ceux-ci. 37,3% d'entre eux sont tout à fait d'accord et 3% ne sont plutôt pas d'accord. 4,5% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette

question. Ces résultats nous montrent que les enseignants sont favorables aux effets cognitifs des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. Ils trouvent que les manipulations kinesthésiques des fractions par les élèves jouent un rôle pour aider les élèves.

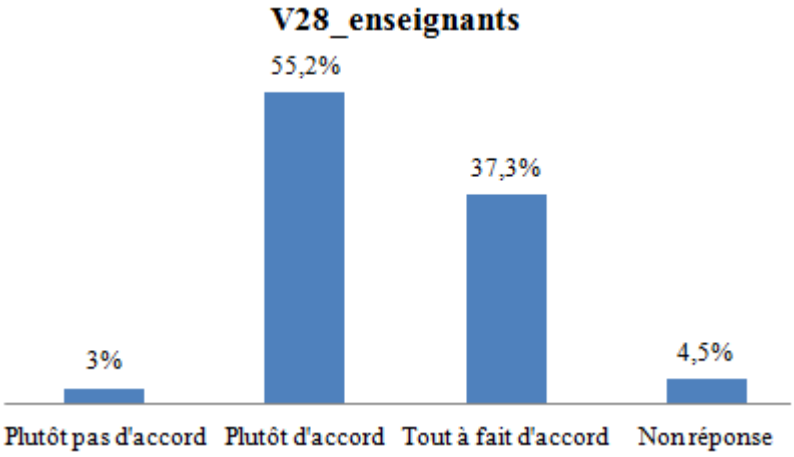


FIGURE 59 – *Perception des enseignants envers les effets des manipulations physiques des fractions par les élèves*

Nous voulons tester, à l'aide du Khi-deux, si ces résultats sont unanimes. Au départ, nous avons croisé cette variable (V28_enseignants) avec toutes les autres variables pour savoir si elles sont indépendantes ou dépendantes. Puis, nous avons retenu exclusivement les variables où nous avons trouvé une différence significative. Ci-après nous ne présentons que quelques exemples du croisement de la variable V28 avec les autres variables[54]. Le croisement de la variable V28_enseignants avec la variable de fréquence d'utilisation du TNI dans les leçons de mathématiques (V11) nous montre qu'il y a une différence significative entre le niveau de fréquence d'utilisation du TNI par rapport aux effets des manipulations physiques des fractions par les élèves. En consultant le tableau 3, en annexe 29, nous trouvons que sur 29 enseignants utilisant « souvent » le TNI, 18 sont tout à fait d'accord sur le fait que les supports manipulables aident les élèves à apprendre les fractions. De même, sur 27 enseignants déclarant qu'ils utilisent « souvent » le TNI pour animer leurs cours de mathématiques, 21 d'entre eux sont plutôt d'accord.

Le croisement entre cette variable (V28_enseignants) et la variable V25 (*perceptions des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*), nous montre également qu'il y a une différence significative entre les perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves et les effets cognitifs des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. En consultant le tableau 5, en annexe 29, nous trouvons que sur 14

54 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V28_enseignants avec les autres variables, voir annexe 29.

enseignants disant qu'ils sont tout à fait d'accord sur le fait que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI, 11 d'entre eux sont tout à fait d'accord sur le fait que les manipulations physiques des fractions par les élèves aident cognitivement ceux-ci dans leur apprentissage. De même, sur 41 enseignants déclarant qu'ils sont plutôt d'accord pour l'utilisation du TNI par les élèves, 27 d'entre eux sont aussi plutôt d'accord sur le fait que les supports manipulables jouent un rôle cognitif.

En croisant la variable V28_enseignants avec la variable V35 (*l'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions*), nous trouvons qu'une différence significative est identifiée entre ces deux variables. En consultant le tableau 8, en annexe 29, nous constatons que sur 61 enseignants ayant dit que l'interaction élève-TNI aide celui-ci à comprendre les fractions, 35 d'entre eux sont plutôt d'accord et 25 tout à fait d'accord sur le fait que les manipulations physiques des fractions par les élèves les aident à appréhender cette notion mathématique. Par contre, les enseignants déclarant que l'interaction élève-TNI n'aide pas celui-ci à comprendre les fractions, ces enseignants ne sont plutôt pas d'accord pour dire que les supports manipulables constituent une aide cognitive pour les élèves.

Ces résultats nous montrent que les enseignants utilisant le plus le TNI dans les situations d'enseignement de mathématiques sont plus favorables aux effets des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves que les enseignants utilisant rarement le TNI. Plus les enseignants utilisent le TNI dans leurs situations d'enseignement, plus ils sont favorables à l'importance des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. Les perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves jouent aussi un rôle dans les points de vue des enseignants sur l'efficacité des manipulations physiques comme aide cognitive sur l'apprentissage des élèves. Plus les enseignants sont convaincus que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI, plus ils estiment que les représentations manipulables des fractions par les élèves sur le TNI les aident cognitivement à apprendre cette notion mathématique. Les perceptions des enseignants envers l'utilité des interactions élève-TNI sur la compréhension des élèves des notions étudiées jouent enfin un rôle dans les points de vue des enseignants sur l'efficacité des supports manipulables comme une aide cognitive sur l'apprentissage des élèves. Plus les enseignants sont favorables sur le fait que les interactions élève-TNI aident celui-ci à mieux comprendre la notion étudiée, plus ils apprécient les effets des supports manipulables des fractions par les élèves.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves ? (V29) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous aux manipulations physiques par les élèves des fractions sur le TNI ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort).*

Comme on le voit dans la figure 60 ci-après, 35,8% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour l'utilité des supports manipulables du TNI, 16,4% d'entre eux donnent une note de 9 et 31,3% attribuent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous trouvons que 83,50% des enseignants interrogés donnent une forte importance à l'utilité des manipulations physiques. Nous concluons que les enseignants trouvent que les représentations manipulables constituent une aide cognitive pour les élèves. 2 enseignants (3%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence des notes entre 0 et 4.

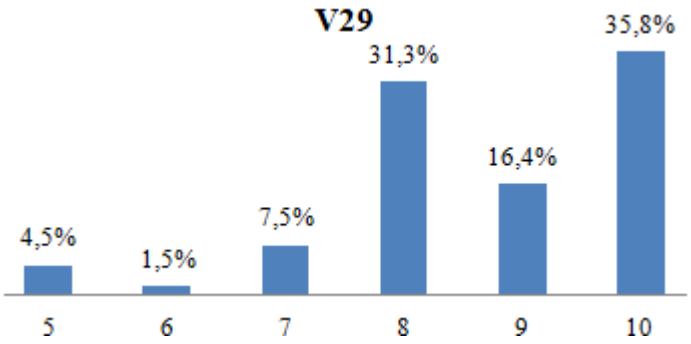


FIGURE 60 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité des supports manipulables dans l'apprentissage des élèves*

5.1.4. Interactions médiées par le TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions

Dans cette série de questions nous voulions étudier les perceptions des enseignants envers les effets de différentes sortes d'interactions médiées par le TNI sur l'apprentissage et la compréhension des élèves des situations d'enseignement sur les fractions. Nous voulions tout d'abord savoir si les enseignants trouvent qu'il y a une différence entre la discussion dans la classe avec l'utilisation du TNI et avant l'utilisation de cet instrument numérique. (V30_enseignants) : *quand vous avez utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, y avait-il plus de discussions dans la classe que d'habitude ? Oui, plus* ☐ *Pareil* ☐ *Non, moins* ☐

Comme on le voit dans la figure 61 ci-après, 49% des enseignants interrogés estiment qu'avec le TNI, il y a plus de discussions dans la classe que d'habitude. 45% d'entre eux trouvent qu'il n'y a pas de changement. 6% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question. Il est important de souligner qu'aucun enseignant n'a dit qu'avec l'utilisation du TNI il y avait moins de discussions dans la classe que d'habitude. Ces résultats nous montrent que les avis des enseignants sur cette question sont partagés.

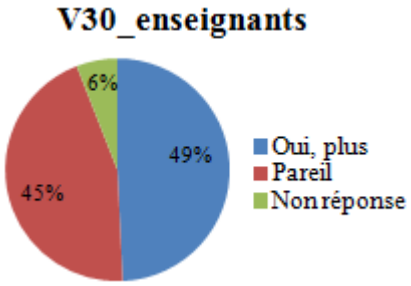


FIGURE 61 – *Discussions dans la classe avec et sans le TNI vues par les enseignants*

Quels sont les impacts des interactions médiées par le TNI, entre l'enseignant et les élèves sur l'apprentissage de ceux-ci ? (V31) : *l'interaction enseignant-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme le montre la figure 62 ci-dessous, 83,6% des enseignants interrogés disent que les interactions enseignant-élèves médiées par le TNI aident les élèves à mieux comprendre les situations d'enseignement sur les fractions. 9% d'entre eux disent que non. 7,5% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question.

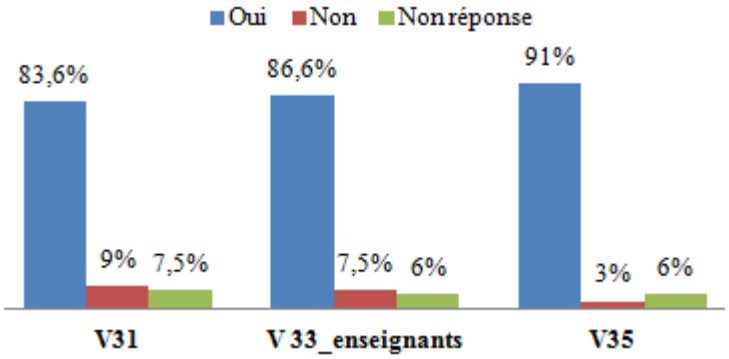


FIGURE 62 – *Réponses des enseignants aux questions V31, V33_enseignants et V35*

Ces résultats nous montrent que les avis des enseignants sont homogènes s'agissant des effets des interactions, entre ceux-ci et les élèves, sur l'apprentissage. Les enseignants apprécient les rôles joués par ces interactions sur la compréhension des élèves.

Nous voulons croiser, à l'aide du test du Khi-deux, cette variable (V31) avec une série de nos variables pour savoir s'il y a une indépendance entre ces variables. Cela nous permet d'identifier les variables jouant un rôle sur les interactions enseignant-élèves. Nous ne présentons que quelques exemples du croisement de la variable V31 avec les autres variables[55]. Le croisement de la variable V31 avec la variable de fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les leçons (V10) et avec la variable de fréquence d'utilisation du TNI dans les

55 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V31 avec les autres variables, voir annexe 30.

leçons de mathématiques (V11) nous montre qu'il y a une différence significative entre le niveau de fréquence d'utilisation du TNI par rapport aux effets des interactions enseignant-élèves médiées par le TNI. En consultant les tableaux 1 et 2, en annexe 30, nous trouvons que tous les enseignants utilisant toujours le TNI dans toutes les matières en particulier les mathématiques, ont répondu par l'affirmative que les interactions enseignant-élèves médiées par le TNI aident les élèves à mieux comprendre leurs situations d'apprentissage. Dans le tableau 2, nous constatons que sur 2 enseignants disant qu'ils utilisent rarement le TNI en mathématiques, 1 a répondu négativement à la question V31. Nous remarquons également que tous les enseignants disant qu'ils utilisent quelquefois le TNI dans les leçons de mathématiques, ont répondu affirmativement à la question V31.

Le croisement entre cette variable (V31) et la variable V25 (*les perceptions des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*), nous montre également qu'une différence significative existe entre les perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves et les effets cognitifs des interactions enseignant-élèves médiées par le TNI. En consultant le tableau 4, en annexe 30, nous trouvons que tous les enseignants ayant dit qu'ils sont tout à fait d'accord sur le fait que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI pour apprendre les fractions, ont un avis favorable sur les effets des interactions enseignant-élèves à l'aide du TNI. Sur 41 enseignants déclarant qu'ils sont plutôt d'accord pour l'utilisation du TNI par les élèves, 37 ont répondu par l'affirmative que les interactions enseignant-élèves jouent un rôle cognitif sur l'apprentissage de ceux-ci.

En croisant la variable V31 avec la variable V30_enseignants (*quand vous avez utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, y avait-il plus de discussions dans la classe que d'habitude ?*), nous trouvons également qu'une différence significative est identifiée entre ces deux variables. En consultant le tableau 5, en annexe 30, nous constatons que tous les enseignants qui ont répondu « oui » à la question V30_enseignants, ont dit aussi « oui » à la question V31 (*les interactions enseignant-élèves aident ces derniers à mieux comprendre les leçons sur les fractions*). Sur 29 enseignants disant que la discussion dans la classe est « identique » avec et sans le TNI, 23 ont dit que les interactions entre l'enseignant et les élèves grâce au TNI constituent une aide cognitive pour les élèves.

Ces résultats nous montrent que les enseignants utilisant très souvent le TNI dans toutes les leçons en général et plus particulièrement dans les leçons de mathématiques sont plus favorables aux effets des interactions enseignant-élèves sur l'apprentissage des élèves par rapport aux enseignants utilisant peu le TNI. Plus les enseignants utilisent le TNI dans leurs situations d'enseignement, plus ils sont favorables à l'importance des interactions enseignant-

élèves sur la compréhension des élèves. Les perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves jouent aussi un rôle dans les points de vue des enseignants sur l'efficacité des interactions entre l'enseignant et ses élèves. Plus les enseignants sont convaincus que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI, plus ils estiment que les interactions enseignant-élèves aident ces derniers à apprendre et comprendre les fractions. En outre, les perceptions des enseignants envers la discussion dans la classe jouent un rôle dans les points de vue des enseignants sur la pertinence des interactions entre l'enseignant et les élèves médiées par le TNI.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité du TNI favorisant les interactions entre l'enseignant et les élèves ? (V32) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous au TNI favorisant l'interaction enseignant-élève(s) ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort).* Comme on le voit dans la figure 63 ci-après, 25,4% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour l'utilité du TNI dans le soutien des interactions enseignant-élèves, 23,9% d'entre eux donnent une note de 9 et 22,4% attribuent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous trouvons que 71,7% des enseignants interrogés donnent une importance considérable à l'utilité du TNI favorisant l'interaction enseignant-élèves. Nous concluons que les enseignants estiment que leurs interactions avec les élèves médiées par le TNI aident ces derniers à comprendre leur situation d'enseignement-apprentissage. 4 enseignants (6%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence des notes entre 1 et 4.

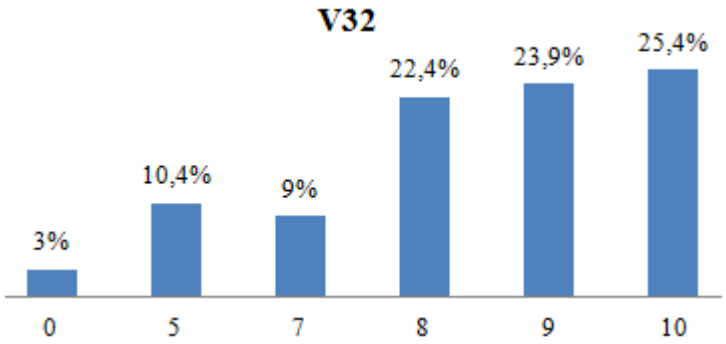


FIGURE 63 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité du TNI favorisant l'interaction enseignant-élèves*

Quels sont les impacts des interactions élèves-élèves médiées par le TNI ? (V33_enseignants) : *l'interaction élève(s)-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle à mieux comprendre les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme le montre la figure 62 ci-dessus, 86,6% des enseignants interrogés disent que les interactions élèves-élèves médiées par le TNI aident les élèves à mieux comprendre les situations d'apprentissage sur les fractions. 7,5% d'entre eux disent non. 6% des enseignants

interrogées n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les enseignants sont d'accord pour dire que les interactions entre les élèves favorisent la compréhension des élèves.

Nous voulons maintenant tester à l'aide du test Khi-deux s'il y a un consensus sur ces résultats. Nous ne montrons ci-après que quelques résultats du croisement avec les variables où nous avons trouvé une différence significative[56]. Le croisement de la variable V33-enseignants avec la variable du suivi d'une formation sur les TIC (V08) nous montre qu'il y a une différence significative entre les enseignants ayant suivi une formation sur les TIC et ceux n'ayant pas suivi cette formation par rapport aux effets des interactions élèves-élèves médiées par le TNI. En consultant le tableau 2, en annexe 31, nous trouvons que sur 58 enseignants disant qu'ils ont suivi une formation sur les TIC, 55 ont répondu que les interactions élèves-élèves, médiées par le TNI, aident les élèves à mieux comprendre leurs situations d'apprentissage. Sur 5 enseignants déclarant qu'ils n'ont pas suivi de formation sur les TIC, 2 ont dit que le TNI n'avait pas d'impacts des interactions élèves-élèves sur l'apprentissage des élèves contre 3 confirmant les effets positifs des interactions élèves-élèves sur l'apprentissage.

Le croisement entre cette variable (V33_enseignants) et la variable V26_enseignants (*le fait de voir les fractions représentées d'une façon dynamique sous forme d'images en couleurs sur le TNI aide cognitivement les élèves à apprendre les fractions*), nous montre également qu'il existe une différence significative entre les perceptions des enseignants envers l'utilité des supports visuels et les effets cognitifs des interactions élèves-élèves médiées par le TNI. En consultant le tableau 3, en annexe 31, nous trouvons que tous les enseignants ayant dit qu'ils sont tout à fait d'accord sur la question V26-enseignants, ont un avis favorable sur les effets des interactions élèves-élèves à l'aide du TNI. Sur 2 enseignants déclarant qu'ils sont plutôt d'accord sur les effets des supports visuels sur l'apprentissage des élèves, 1 a répondu que les interactions élèves-élèves ne jouent pas de rôle cognitif sur l'apprentissage de ceux-ci.

En croisant la variable V33_enseignants avec la variable V35 (*l'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions ?*), nous trouvons également qu'une différence significative existe entre ces deux variables. En consultant le tableau 4, en annexe 31, nous constatons sur 60 enseignants qui ont répondu par l'affirmative que les interactions élève-TNI aident celui-ci à mieux comprendre sa situation d'enseignement-apprentissage, 56

56 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V33_enseignants avec les autres variables, voir annexe 31.

ont aussi dit que les interactions élèves-élèves aident ceux-ci à mieux comprendre les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Sur 2 enseignants ayant ont déclaré que l'interaction élève-TNI n'aide pas celui-ci à mieux comprendre sa situation d'enseignement-apprentissage, 1 seul a répondu que les interactions élèves-élèves n'ont pas d'impacts sur les apprentissages des élèves.

Ces résultats nous montrent que les enseignants qui suivent une formation sur les TIC sont plus favorables aux effets des interactions élèves-élèves sur l'apprentissage de ceux-ci que les enseignants n'ayant pas suivi cette formation. Les perceptions des enseignants envers l'utilité des représentations visuelles des fractions à l'aide du TNI jouent aussi un rôle dans les points de vue des enseignants sur l'efficacité des interactions médiées par le TNI entre les élèves. Plus les enseignants sont convaincus que les supports visuels du TNI aident les élèves, plus ils estiment que les interactions élèves-élèves aident ces derniers à apprendre et comprendre les fractions. En outre, les perceptions des enseignants envers l'utilité de l'interaction élève-TNI sur l'apprentissage de celui-ci jouent un rôle sur les points de vue des enseignants sur la pertinence des interactions médiées par le TNI entre les élèves.

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité du TNI favorisant les interactions entre les élèves ? (V34) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous au TNI favorisant l'interaction élève(s)-élève(s) ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort).* Comme on le voit dans la figure 64 ci-après, 22,4% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour l'utilité du TNI dans le soutien des interactions entre les élèves, 20,9% d'entre eux donnent 9 et 26,9% attribuent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous trouvons que 70,2% ont un avis favorable sur l'utilité du TNI pour favoriser les interactions entre les élèves. Nous concluons que les enseignants estiment que les interactions élèves-élèves médiées par le TNI aident ces derniers à mieux comprendre leurs situations d'apprentissage. 4 enseignants (6%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence des notes entre1 et 3.

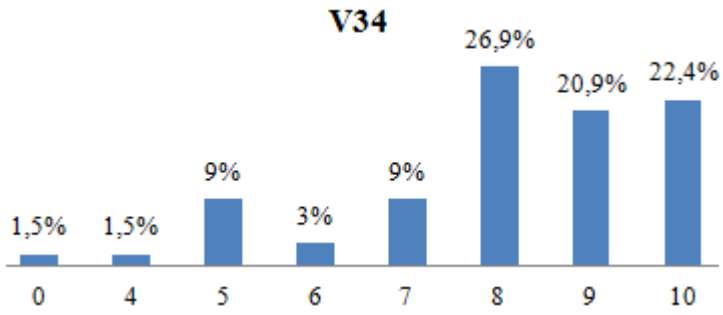


FIGURE 64 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité du TNI favorisant l'interaction élèves-élèves*

Quels sont les effets des interactions élève-TNI sur l'apprentissage de l'élève ? (V35) : *l'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions ? Oui* ☐*Non* ☐

Comme le montre la figure 62 ci-dessus, 91% des enseignants interrogés disent que les interactions élève-TNI aident l'élève à mieux comprendre les situations d'apprentissage des sur fractions. 3% d'entre eux ont répondu non. 6% des enseignants interrogées n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent qu'il y un consensus entre les enseignants sur les effets des interactions entre les élèves et l'instrument numérique mis à leur disposition. Les enseignants apprécient les rôles joués par ces interactions pour la compréhension des élèves.

Nous voulons croiser, à l'aide du test du Khi-deux, cette variable (V35) avec une série de nos variables pour savoir s'il y a une indépendance entre ces variables. Cela nous permet d'identifier les variables jouant un rôle sur les interactions entre l'élève et l'outil numérique mis à sa disposition. Nous ne présentons que quelques exemples du croisement de la variable V31 avec les autres variables[57]. Le croisement de la variable V35 avec la variable de fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les leçons (V10) et avec la variable de fréquence d'utilisation du TNI dans les leçons de mathématiques (V11) nous montre qu'il y a une différence significative entre le niveau de fréquence d'utilisation du TNI par rapport aux effets des interactions élèves-TNI. En consultant les tableaux 1 et 2, en annexe 32, nous trouvons que tous les enseignants utilisant souvent et toujours le TNI dans toutes les matières dont les mathématiques, ont répondu que les interactions élève-TNI aident l'élève à mieux comprendre ses situations d'apprentissage.

Le croisement entre cette variable (V35) et la variable V25 (*les perceptions des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*) nous montre également qu'une différence significative existe entre les perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves et les effets cognitifs des interactions élève-TNI. En consultant le tableau 4, en annexe 32, nous trouvons que tous les enseignants qui ont répondu qu'ils sont plutôt d'accord ou tout à fait d'accord sur le fait que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI pour apprendre les fractions, ils ont également dit que les interactions élève-TNI jouent un rôle cognitif sur l'apprentissage de celui-ci.

En croisant la variable 35 avec la variable V26_enseignants (*le fait de voir les fractions représentées d'une façon dynamique sous forme d'images en couleurs sur le TNI*

---

57 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V35 avec les autres variables, voir annexe 32.

aide cognitivement les élèves à apprendre les fractions), nous trouvons également qu'il y a une différence significative entre ces deux variables. En consultant le tableau 5, en annexe 32, nous constatons que tous les enseignants qui disent qu'ils sont tout à fait d'accord sur les effets des représentations visuelles, ont également dit que les interactions élève-TNI aident l'élève à mieux comprendre les situations d'apprentissage sur les fractions. En consultant le tableau 6, en annexe 32, nous constatons que sur 36 enseignants déclarant qu'ils sont plutôt d'accord aux effets des manipulations physiques des fractions par les élèves, 25 d'entre eux ont répondu que les interactions élève-TNI constituent une aide cognitive pour les élèves.

Le croisement de la variable V35 avec la variable V31 (*l'interaction enseignant-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ?*) et V33_enseignants (*l'interaction élève(s)-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ?*), nous trouvons également qu'il y a une différence significative entre la variable V35 et ces deux variables séparément. En consultant le tableau 7, en annexe 32, nous constatons que sur 55 enseignants ayant répondu par l'affirmative sur le fait que les interactions enseignant-élèves jouent un rôle sur l'apprentissage de ceux-ci, 54 ont dit que les interactions élève-TNI aident l'élève à mieux comprendre les situations d'enseignement sur les fractions. Nous constatons également que sur 6 enseignants déclarant que les interactions enseignant-élèves médiées par le TNI n'aident pas les élèves, 5 ont répondu que les interactions élève-TNI représentent une aide pour l'élève dans son apprentissage et sa compréhension des situations d'apprentissage sur les fractions. En outre, en consultant le tableau 8, en annexe 32, nous remarquons que sur 57 enseignants qui ont dit que les interactions élèves-élèves ont des effets positifs sur l'apprentissage de ceux-ci, 56 ont dit que les interactions élève-TNI constituent une aide pour l'élève pour mieux comprendre les situations d'apprentissage sur les fractions. Nous constatons également que sur 5 enseignants déclarant que les interactions élèves-élèves médiées par le TNI n'aident pas les élèves, 4 ont répondu que les interactions élève-TNI jouent un rôle d'aide pour l'élève dans son apprentissage et sa compréhension.

Ces résultats nous montrent que les enseignants qui utilisent très souvent le TNI dans toutes les leçons ou dans les leçons de mathématiques sont plus favorables aux effets des interactions élève-TNI sur l'apprentissage des élèves que les enseignants qui utilisent rarement le TNI. Plus les enseignants utilisent le TNI dans leurs situations d'apprentissage, plus ils sont favorables à l'importance des interactions élève-TNI sur la compréhension de l'élève. Les perceptions des enseignants envers l'utilisation individuelle du TNI par les élèves jouent aussi un rôle dans les points de vue des enseignants sur l'efficacité des interactions

entre les élèves et l'outil technologique mis à leur disposition. Plus les enseignants sont convaincus que les élèves peuvent utiliser eux-mêmes le TNI, plus ils estiment que les interactions élève-TNI aident ce dernier à apprendre et comprendre les fractions. Les perceptions des enseignants envers l'utilité des supports visuels et manipulables pour l'apprentissage des fractions jouent un rôle sur les points de vue des enseignants quant à la pertinence des interactions entre les élèves et le TNI. En outre, les perceptions des enseignants envers l'utilité des interactions entre l'enseignant et les élèves, et, entre les élèves, médiées par le TNI ont un rôle sur les points de vue des enseignants de l'utilité des interactions entre les élèves et cet instrument mis à leur disposition.

5.1.5. Place et rôle du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions

Dans cette série de questions nous voulions étudier les appréciations des enseignants sur la place et sur le rôle du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Nous voulions tout d'abord savoir comment les enseignants évaluent l'enseignement des fractions en utilisant cet instrument numérique. Nous avons posé les deux questions suivantes : V36 et V37. V36 : *l'enseignement des fractions est "passionnant" en utilisant le TNI. Êtes-vous :*

Pas du tout d'accord ☐ *Plutôt pas d'accord* ☐ *Plutôt d'accord* ☐ *Tout à fait d'accord* ☐

Comme on le voit dans la figure 65 ci-après, nous constatons que 61% des enseignants interrogés sont plutôt d'accord sur le fait que l'enseignement des fractions devient plus intéressant avec l'utilisation du TNI, 9% d'entre eux sont tout à fait d'accord, 22% ne sont plutôt pas d'accord et 2% ne sont pas du tout d'accord. 6% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les enseignants estiment que le TNI introduit un changement considérable dans la façon d'enseigner les fractions. Grâce à ses potentiels pédagogiques, le TNI rend l'enseignement des fractions plus intéressant.

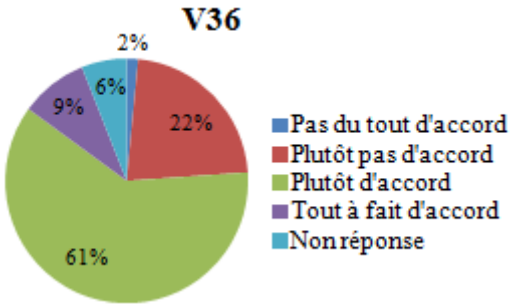


FIGURE 65 – *Perceptions des enseignants envers l'enseignement des fractions en utilisant le TNI*

Dans la question V37, *les enseignants pensent qu'il est plus facile d'enseigner les fractions en utilisant le TNI. Êtes-vous :*

Pas du tout d'accord ☐ *Plutôt pas d'accord* ☐ *Plutôt d'accord* ☐ *Tout à fait d'accord* ☐

Comme on le voit dans la figure 66 ci-après, nous remarquons que 36% des enseignants interrogés sont tout à fait d'accord sur le fait que le TNI facilite l'enseignement des fractions, 43% d'entre eux sont plutôt d'accord, 13% ne sont plutôt pas d'accord et 3% ne sont pas du tout d'accord. 5% des enseignants n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les enseignants apprécient le changement joué par le TNI dans l'enseignement des fractions. De leurs points de vue, les potentiels pédagogiques du TNI les aident à enseigner la notion de fraction.

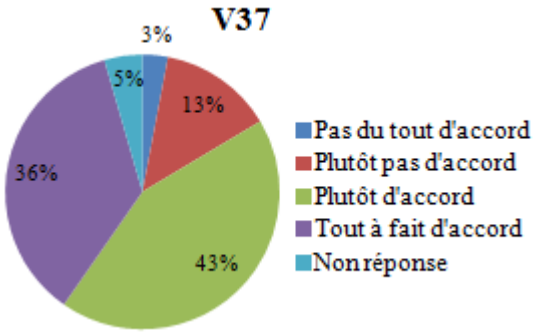


FIGURE 66 – *Points de vue des enseignants sur l'utilisation du TNI dans leurs enseignements des fractions*

Quels sont les avantages de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions ? (V38_enseignants) : *quels sont pour vous les trois apports majeurs de l'utilisation du TNI pour l'enseignement des fractions ?* 58 enseignants (86,5% des enseignants interrogés) ont répondu à cette question. 9 enseignants (13,5%) n'ont pas répondu. 54 enseignants ont cité trois apports sur l'utilisation du TNI, 56 d'entre eux n'ont cité que 2 avantages de cet usage (ils ont donné le premier et le deuxième apport de l'utilisation du TNI). 58 enseignants ont signalé au moins un point positif de leur utilisation du TNI. 2 enseignants sur 58 n'ont cité que le premier apport sur l'utilisation du TNI. Ils n'ont donné ni le deuxième, ni le troisième avantage de cet usage. Pour traiter les réponses obtenues, nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Le traitement et l'analyse de ces réponses, nous ont fourni les résultats suivants :

23 enseignants sur 58 ont cité que l'avantage le plus significatif de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions est le support visuel permettant de capter l'attention des élèves et de présenter les fractions sous différentes formes. Parmi ces 23 enseignants, un a souligné que le support visuel du TNI apporte une amélioration considérable

aux enfants en difficulté. Pour 12 enseignants sur 58 l'enregistrement des travaux faits sur le TNI est un avantage majeur de l'utilisation du TNI. 12 enseignants sur 58 ont dit que l'apport majeur de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions est l'accès à Internet. Cela permet de trouver des situations-problèmes et des exercices interactifs en ligne pour faire travailler les élèves. Pour 12 enseignants sur 58 le TNI facilite la représentation visuelle des fractions. Pour ces enseignants, cela aide les élèves à comprendre la nature d'une fraction, à concrétiser cette notion et à comprendre les relations fractionnaires. Pour 11 enseignants sur 58 cet outil favorise la discussion dans la classe à la fois entre l'enseignant et les élèves et entre ceux-ci eux-mêmes. Du point de vue de ces enseignants, le TNI permet d'assurer la rapidité d'échanges entre les acteurs dans la classe. Pour 10 enseignants sur 58 cet outil permet de faire faire des manipulations par les élèves. Cette manipulation d'objets joue un rôle de facilitateur dans la compréhension des élèves. 9 enseignants sur 58 c'est la possibilité de présenter les travaux des élèves devant la classe. Pour un travail « original » d'un élève, cela permet aux autres de voir sa technique. Cela permet aussi de comparer les travaux des élèves et de faire une correction collective des exercices. 9 enseignants sur 58 c'est aussi l'accès à des ressources pédagogiques très variées. 9 enseignants sur 58 ont souligné que cet outil numérique permet de faire des cours plus attractifs et facilite l'insertion immédiate des propositions des élèves. Il permet aussi d'utiliser des supports virtuels (bandes/règles graduées, dessins en couleur, annotations, etc.) impossibles à utiliser autrement. 8 enseignants sur 58 ont dit que cet outil permet de varier considérablement les modes de travail. Il facilite le travail collectif ainsi qu'en petits groupes. 8 enseignants sur 58 ont dit que le TNI favorise la participation des élèves dans les cours. Cette participation pour certains enseignants garantit l'engagement des élèves dans les activités faites en classe. 8 enseignants sur 58 estiment que le TNI permet aussi de réutiliser ultérieurement les travaux enregistrés auparavant. 8 enseignants sur 58 déclarent cet outil retient l'attention des élèves. 5 enseignants sur 58 soulignent que cet instrument motive les élèves dans leur apprentissage. 4 enseignants sur 58 qu'il aide les élèves à mémoriser grâce aux représentations visuelles. 2 enseignants sur 58 qu'il aide les élèves à retenir ce qu'ils ont appris dans la classe. Enfin, la possibilité d'illustrer avec les doigts, d'annoter sur les documents numériques (site Internet, vidéo, travail d'un élève, texte...), de partager les ressources avec d'autres enseignants, autonomie des enfants, support facilité pour les élèves absents ont été aussi signalés comme des avantages de l'utilisation du TNI. Seul un enseignant sur 58 a répondu qu'il ne savait pas.

Ces résultats nous montrent que l'aspect visuel de l'utilisation du TNI joue un très grand rôle pour les enseignants interrogés. Pour ceux-ci, l'aspect visuel aide à représenter et

présenter plus facilement les informations. Cela aide également les élèves à bien comprendre les notions étudiées. Cela permet aussi d'augmenter la motivation et l'attention chez les élèves. Ces résultats vont dans le même sens des conclusions de Beauchamp et Kennewell, 2008 ; Glover et Miller, 2001 ; Hall et Higgins, 2005 ; Northcote *et al*., 2010. L'enregistrement des travaux faits en classe pour la réutilisation ultérieure est très apprécié par les enseignants. Cela permet d'avoir une mémoire de toutes les activités réalisées dans la classe. Cette mémoire est utilisable ultérieurement pour différents objectifs : révision collective, revoir les procédures de résolutions de problèmes… Ces résultats confirment ceux obtenus par (Beauchamp, 2004 ; Leroux, 2009 ; Walker, 2002). L'accès à Internet est lui aussi un atout remarquable. Cela permet d'accéder à des ressources très variées pour les exploiter en classe. En raison de cette diversité, le TNI peut encourager la discussion entre l'enseignant et les élèves et entre eux. Ces résultats se croisent avec ceux signalés par (Beauchamp, 2004 ; Beauchamp et Parkinson, 2005 ; Levy, 2002.)

Quels sont les limites que les enseignants rencontrent lors de l'utilisation du TNI ? (V39_enseignants) : *quels sont pour vous les trois limites majeures de l'utilisation du TNI pour l'enseignement des fractions ?* 57 enseignants (85% des enseignants interrogés) ont répondu à cette question. 10 enseignants (15%) n'ont pas répondu. 21 enseignants ont donné trois limites à l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions, 48 d'entre eux n'ont cité que deux limites à cet usage (ils ont donné la première et la deuxième limites de l'utilisation du TNI). 57 enseignants ont signalé au moins une limite dans leur utilisation du TNI. 9 enseignants sur 57 n'ont cité que le premier inconvénient dans l'utilisation du TNI : ils n'ont donné ni le deuxième, ni le troisième. Pour traiter les réponses obtenues, nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Le traitement et l'analyse de ces réponses, nous ont fourni les résultats suivants :

Pour 21 enseignants sur 57 ce sont les problèmes techniques (pannes, blocages, mauvaise visibilité, détection TNI et stylo, connexion ordinateur-TNI, déconnexion entre le TNI et Internet...) qui sont les grands inconvénients. Pour 16 enseignants sur 57 c'est le temps important consacré à la préparation des activités principalement celles d'interactivités. Pour 6 enseignants sur 57 c'est le temps consacré à la gestion des problèmes techniques et les retards pour réparer. Pour 4 enseignants sur 57 c'est le manque de ressources suffisantes pour l'utilisation directe sur le TNI. Pour deux de ces quatre enseignants, il n'y a pas suffisamment de ressources disponibles en ligne prêtes à l'utilisation sur le TNI. 4 enseignants sur 57 disent que c'est le manque de compétences suffisantes pour maîtriser les fonctionnalités du TNI. Pour ces enseignants le manque de formation pour se servir du TNI constitue un vrai obstacle

à l'utilisation du TNI. Pour 4 enseignants sur 57 les élèves ne savent pas utiliser la barre d'outils et ils manquent de maîtrise dans la manipulation, leurs écritures ne sont pas de bonne qualité sur le TNI (ils ne maîtrisent pas l'utilisation du stylet), le stylet est lourd pour certains élèves. Tout cela représente un défi lors de l'utilisation du TNI avec les élèves de l'école primaire. 4 enseignants sur 57 disent que la limite majeure de l'utilisation du TNI est la luminosité de celui-ci durant tous les cours et que cela conduit à la fatigue visuelle autant pour l'enseignant que pour les enfants. Pour 4 enseignants sur 57 c'est la position du tableau qui ne convient pas à tous les élèves. Les élèves n'arrivent pas à écrire dans la partie supérieure du tableau ce qui les empêche de bien voir toutes les écritures faites au tableau. Pour 4 enseignants sur 57 c'est la configuration de la classe en deux niveaux les empêchant de faire des ateliers en petits groupes et d'organiser des interventions avec les élèves. 3 enseignants sur 57 ont dit que le besoin continu de calibrer cet outil constitue un obstacle à son usage. Pour 3 enseignants sur 57 l'enseignement avec le TNI prend plus de temps que d'habitude et l'avancement dans le programme scolaire se fait plus lentement. 3 enseignants sur 57 ont dit que la limite de l'utilisation du TNI est le nombre d'élèves dans la classe. Cela les oblige à scinder la classe en petits groupes effectuant des tâches différentes. Pour 2 enseignants sur 57 ce sont les élèves en difficulté qui empêchent le recours à cet outil. Pour deux autres enseignants c'est l'aspect ludique qui l'emporte sur l'aspect pédagogique pour les élèves. Le TNI devient une source de distraction pour eux. 2 enseignants sur 57 constatent que c'est un investissement lourd pour eux. C'est une surcharge de travail. 4 enseignants sur 57 ont dit qu'ils n'avaient pas trouvé pour le moment de limites à l'utilisation du TNI. Enfin, 2 enseignants sur 57 ont répondu qu'ils ne savent pas. Les points comme la perte de l'importance de l'écriture chez les élèves, la prise de notes amoindrie, les enfants s'appropriant plus facilement l'écriture numérique plutôt que l'écriture courante, croire qu'il suffit d'utiliser de jolis supports pour que les élèves apprennent mieux, croire que les jolis supports dispensent des manipulations ont été aussi signalés comme des limites de l'utilisation du TNI.

Ces résultats nous montrent que les problèmes d'ordre techniques sont les principaux obstacles à l'utilisation du TNI. Ces résultats sont en harmonie avec les conclusions de Glover et Miller, 2001 ; Miller *et al*., 2005b ; Hall et Higgins, 2005 ; Smith *et al*., 2005 ; Wall *et al*., 2005. L'investissement d'un temps important pour préparer les situations d'enseignement est lui aussi un obstacle très présent chez les enseignants lors de l'utilisation du TNI. Cela renvoie au fait que 50% des enseignants interrogés utilisent le TNI depuis moins de trois ans. Ils n'ont pas encore construit toutes les ressources pédagogiques nécessaires pour leurs

enseignements. Le manque de compétences technologiques et pédagogiques indispensables pour profiter des fonctions pédagogiques du TNI est une contrainte dans l'utilisation du TNI. Ce manque de compétences renvoie aussi au manque de formation. Dans la littérature du TNI, nous trouvons des résultats similaires dans les travaux de Somyürek *et al*., 2009 ; Türel, 2010 ; Villemonteix et Béziat, 2013 ; Lefebvre et Samson, 2013 ; Slay *et al*., 2008.

Quelles sont les raisons pour lesquelles les enseignants utilisent le TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions ? (V41) : *vous avez utilisé le TNI dans les leçons sur les fractions pour : (choisissez les 3 items les plus importants)*

- *Varier vos méthodes d'enseignement des fractions* ☐
- *Aider les élèves à comprendre les notions complexes* ☐
- *Créer un environnement d'apprentissage favorable aux élèves* ☐
- *Attirer l'attention des élèves* ☐
- *Susciter la motivation des élèves pour l'apprentissage des fractions* ☐
- *Permettre aux élèves de s'exercer et de pratiquer* ☐
- *Autres, à préciser*……

Nous observons, comme le montre la figure 67, que pour 58,2% des enseignants interrogés « *aider les élèves à comprendre les notions complexes* » est la première raison qu'évoquent les enseignants pour utiliser le TNI. 56,7% d'entre eux soulignent qu'ils travaillent avec le TNI pour susciter la motivation des élèves. « *Attirer l'attention des élèves* » est la troisième raison sélectionnée de la part de 55,2% des enseignants enquêtés. Pour 52,2% des enseignants, la quatrième raison pour utiliser le TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions est de créer un environnement d'apprentissage favorable. « *Permettre aux élèves de s'exercer et de pratiquer* » vient en cinquième position pour 41,8%. « *Varier vos méthodes d'enseignement des fractions* » se positionne comme une sixième raison de l'usage du TNI pour 35,8% des enseignants interrogés. Un seul enseignant a ajouté un autre motif : il utilise le TNI pour proposer des exercices différents selon le niveau des élèves.

Ces résultats nous montrent que pour les enseignants, les deux premiers critères pris en compte pour choisir le support utilisé dans les situations d'enseignement de mathématiques est la capacité de celui-ci à simplifier et à concrétiser les notions étudiées et la capacité de ce support pour motiver et capter l'attention des élèves.

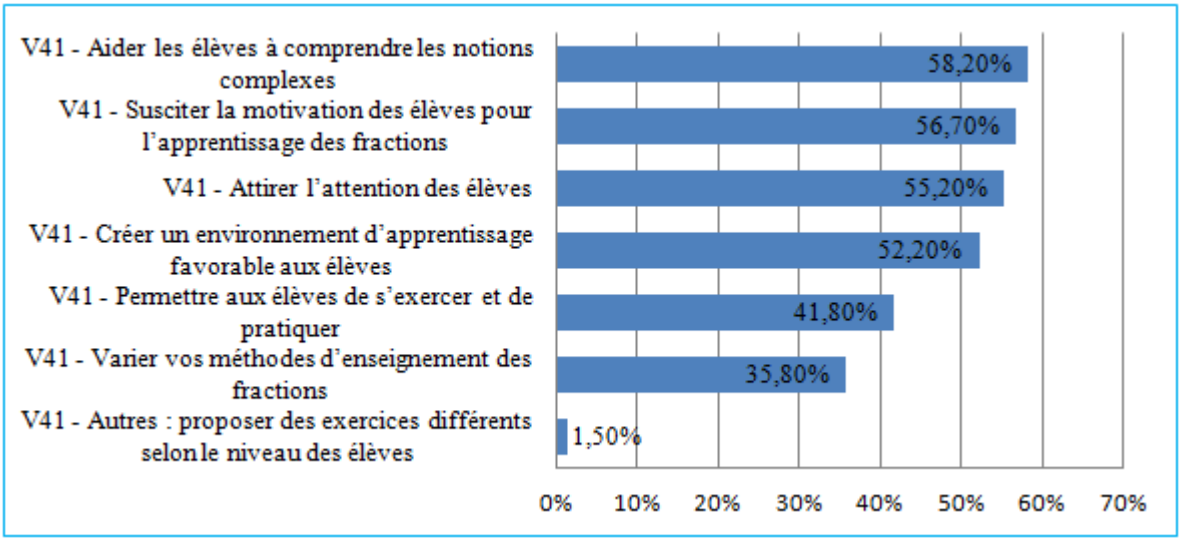


FIGURE 67 – *Rangement des raisons d'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions selon les enseignants*

Comment les enseignants évaluent-ils l'utilité de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions ? (V42) : *quel niveau d'utilité attribuez-vous à l'utilisation du TNI dans les leçons sur les fractions ? (0 signifie le plus faible, 10 le plus fort).* Comme on le voit dans la figure 68 ci-après, 37,3% des enseignants interrogés attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions, 23,9% d'entre eux donnent une note de 9 et 17,9% attribuent une note de 8. En regroupant ces trois pourcentages, nous trouvons que 79,1% ont un avis favorable sur l'utilité de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions. Nous concluons que les enseignants estiment que le TNI sert beaucoup à l'enseignement et l'apprentissage de cette notion mathématique. De leurs points de vue, les potentiels pédagogiques du TNI constituent une aide tant pour l'enseignant que pour les élèves lors de leur apprentissage. 4 enseignants interrogés (6%) n'ont pas répondu à cette question. Nous constatons, enfin, l'absence de notes de 0 à 4 et 6.

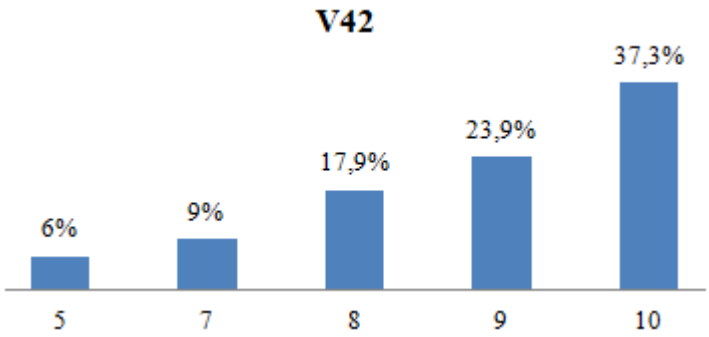


FIGURE 68 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'utilisation du TNI dans les leçons sur les fractions*

Les enseignants envisagent-ils d'enseigner les fractions sans utiliser le TNI ? (V43) : *pourriez-vous aujourd'hui envisager d'enseigner les fractions sans le TNI ? Oui* ☐ *Oui, mais difficilement* ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 69 ci-après, 36% des enseignants interrogés ont répondu qu'ils envisagent d'enseigner les fractions sans utiliser le TNI, 51% d'entre eux ont dit « oui mais difficilement » et 9% ont répondu par la négative. 4% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les enseignants apprécient les avantages de l'utilisation du TNI en classe. Ces enseignants ne veulent pas revenir aux pratiques précédentes. Pour ceux-ci, il est difficile d'enseigner aujourd'hui sans le TNI.

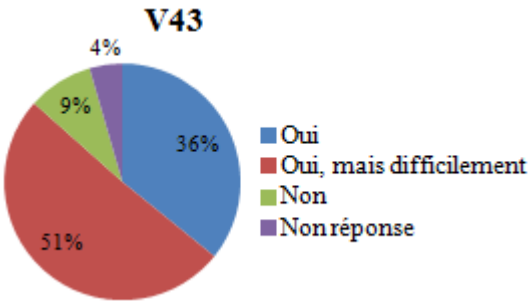


FIGURE 69 – *Représentation des enseignants envers l'enseignement des fractions sans utiliser le TNI*

Les enseignants veulent-ils enseigner toutes les notions mathématiques en utilisant le TNI ? (V44_enseignants) : *désiriez-vous faire tous vos cours de mathématiques en utilisant le TNI ? Oui* ☐ *Non* ☐

Nous constatons, comme le montre la figure 70 ci-dessous, que les trois quarts des enseignants interrogés veulent généraliser l'utilisation du TNI pour enseigner toutes les notions mathématiques. 18% d'entre eux ne sont pas en mesure d'enseigner toutes les autres notions mathématiques en utilisant le TNI. 4% des enseignants interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent qu'une grande partie des enseignants participant à notre étude sont convaincus des effets positifs de l'utilisation du TNI dans les cours sur les fractions. Comme ils ont constaté la pertinence de l'usage du TNI dans les cours sur les fractions, ils sont prêts à tenter d'utiliser cet instrument pour enseigner toutes les notions mathématiques.

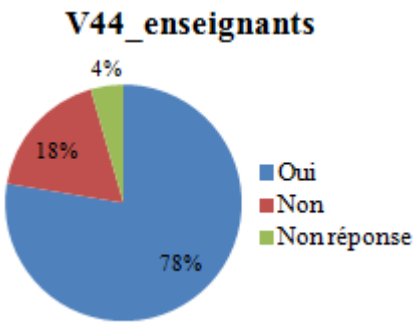


FIGURE 70 – *Perception des enseignants envers la généralisation du TNI dans toutes les notions mathématiques*

5.1.6. Appréciation des enseignants des potentiels pédagogiques du TNI

En ce qui concerne la question V40, nous avons posé cette question pour déterminer le degré d'appréciation des potentialités pédagogiques du TNI chez les enseignants. L'objectif de cette question était de voir s'il y avait un accord entre les enseignants concernant les potentiels pédagogiques du TNI et de comprendre certaines relations entre ces potentialités.

Nos lectures sur les recherches conduites sur l'exploitation du TNI en mathématiques, nous ont permis d'identifier certains potentiels pédagogiques du TNI dans les leçons de mathématiques. Selon nos observations sur le terrain nous avons également pu remarquer d'autres fonctions pédagogiques de cet outil. Nous avons regroupé l'ensemble des potentiels pédagogiques du TNI dans une échelle de préférence en excluant les potentiels identiques (voir tableau 31). Nous avons proposé ensuite à l'ensemble de notre échantillon une échelle comprenant 12 items (de V40A à V40L) qu'il fallait classer de 1 à 12 afin de mesurer leurs appréciations sur l'usage du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions. Ces douze items se regroupent par potentiels pédagogiques du TNI sur l'aspect individuel et collectif. Les enseignants de notre échantillon étaient invités à attribuer un rang de préférence de 1 à 12 pour chaque item initialement rangé de manière aléatoire par nous-même et de classer les 12 éléments par ordre d'importance croissante.

Après avoir recueilli les données, nous les avons analysées dans un premier temps selon le test W de Kendall pour savoir s'il existait une tendance à un choix préférentiel dans l'échantillon de notre étude. Nous nous sommes tournés dans un deuxième temps vers une analyse des données focalisée sur l'approche d'analyse statistique implicative. Cette approche est développée par Régis Gras et ses collaborateurs (Gras *et al.*, 2009 ; Gras *et al.*, 2013) et instrumentée par le logiciel C.H.I.C.

Ces deux approches statistiques nous ont permis d'approfondir nos analyses et interprétations et donc d'avoir une lecture plus fine de nos données. L'analyse statistique

implicative nous permet de « *fournir une information plus analytique sur la structure de quai-ordre affectée d'un niveau de confiance 1- α, qui organise l'ensemble des q(q-1) paires d'objets, que ne le permet l'approche par la procédure du W de Kendall qui fournit un rangement global synthétique* » (Régnier et Gras, 2013, p. 193). Il est important de souligner que les variables de rangs dans notre recherche se situent dans le cas du rangement complet et avec ex aequo.

TABLEAU 31 – *Tableau des q =12 items à ranger par ordre d'importance croissante*

Enoncés des objectifs	Rang
V40A. Encourager la participation des élèves	
V40B. Promouvoir l'interaction élèves-élèves	
V40C. Aider à comprendre des notions complexes	
V40D. Concrétiser les concepts abstraits	
V40E. Transmettre plus facilement le contenu des cours	
V40F. Varier les ressources pédagogiques utilisées en classe	
V40G. Favoriser l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage	
V40H. Attirer l'attention des élèves	
V40I. Susciter la motivation des élèves pour apprendre	
V40J. Aider à représenter facilement les relations fractionnaires	
V40K. Encourager l'interaction enseignant-élèves	
V40L. Diversifier les méthodes d'enseignement-apprentissage	

5.1.6.1. Le recours au test W de Kendall

Le calcul des sommes des objets rangés, de 1 à 12, selon le test W de Kendall nous donne les résultats suivants (voir tableau 32) :

TABLEAU 32 – *Tableau des 12 items rangés par ordre d'importance croissante selon l'approche W de Kendall*

Objectifs	O1 V40A	O2 V40B	O3 V40C	O4 V40D	O5 V40E	O6 V40F	O7 V40G	O8 V40H	O9 V40I	O10 V40J	O11 V40K	O12 V40L
Sommes	303	343,5	462,5	465,5	575	509	381	292	320,5	530,5	402	641,5
Rangs	2	4	7	8	11	9	5	1	3	10	6	12

La mise en œuvre de la procédure du test W de Kendall fournit les informations suivantes. La réalisation empirique de la statistique W vaut w = 0.2210 alors que la valeur critique au seuil de α = 0.01 vaut wc = 0.0335 et au seuil de α = 0.05 vaut wc = 0.0266. Selon le principe du test W de Kendall on rejette dans les deux niveaux de risque l'hypothèse nulle H0 d'indépendance ou d'hétérogénéité des rangements fournis par les enseignants de l'école primaire : il y a certains accords entre les enseignants sur le rangement des potentialités du TNI.

En ce qui concerne le tableau 33, nous trouvons en jaune le rang des items du point de vue de l'ensemble de notre échantillon. Les autres couleurs nous montrent le classement des items du point de vue de chaque groupe de notre échantillon (en rouge selon le sexe et ainsi de suite). Le tableau 34, nous fournit les informations suivantes : W correspond au W de Kendall, P au nombre d'individus (échantillon ou sous-échantillon), wc à la valeur critique et enfin 0.05 et 0.01 correspondent au niveau de risque, le « statut » renvoie à la décision prise montrant s'il y a de concordance ou non entre les sujets concernant les objets rangés. La lecture du tableau 33 selon l'approche du W de Kendall nous permet de fournir la conclusion suivante : plus nous nous approchons de 1 et de 12, plus la concordance est forte. Nous traduisons cette conclusion par des exemples concrets du tableau 34. Dans ce cas, nous voyons (en vert pâle) que la concordance est plus forte à la fois chez les hommes et les enseignants de CM1(0,4273) et moins forte (en gris) chez les maîtres enseignants une classe mixte (0,0800). Nous précisons que dans les rangs 1 et 12, il y a respectivement 3 et 2 items se répétant dans les groupes de l'échantillon. Alors que pour les rangs 5, 10 et 11, il y a 4 items se répétant. Concernant les rangs 6 et 8, il y a 5 items se répétant. Pour les rangs 2, 3, 4 et 9, il y a 6 items se répétant. Enfin, dans le rang numéro 7, il y a 7 items se répétant.

TABLEAU 33 –*Rangements des items au sein des différents groupes de l'échantillon*

Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Global	V40H	V40A	V40I	V40B	V40G	V40K	V40C	V40D	V40F	V40J	V40E	V40L
Homme	V40A	V40H	V40I	V40B	V40K	V40G	V40C	V40D	V40F	V40E	V40J	V40L
Femme	V40H	V40A	V40I	V40B	V40G	V40K	V40D	V40C	V40F	V40J	V40E	V40L
CM1	V40A	V40H	V40I	V40B	V40K	V40G	V40D	V40C	V40J	V40F	V40E	V40L
CM2	V40H	V40G	V40I	V40A	V40B	V40K	V40F	V40D	V40C	V40J	V40E	V40L
CM1_CM2	V40A	V40I	V40C	V40H	V40G	V40D	V40E	V40F	V40B	V40J	V40K	V40L
Formation_TIC_Oui	V40A	V40H	V40I	V40B	V40G	V40K	V40D	V40C	V40F	V40J	V40E	V40L
Formation_TIC_Non	V40J	V40F	V40G	V40C	V40H	V40D	V40I	V40K	V40E	V40L	V40A	V40B
Formation_TNI_Oui	V40H	V40A	V40I	V40B	V40G	V40K	V40C	V40D	V40F	V40J	V40E	V40L
Formation_TNI_Non	V40H	V40A	V40K	V40B	V40G	V40I	V40J	V40D	V40C	V40F	V40E	V40L
Âge_1	V40H	V40B	V40I	V40A	V40K	V40G	V40D	V40C	V40J	V40F	V40E	V40L
Âge_2	V40H	V40A	V40I	V40G	V40B	V40C	V40K	V40D	V40F	V40E	V40J	V40L
Âge_3	V40A	V40H	V40B	V40I	V40G	V40K	V40C	V40J	V40D	V40F	V40E	V40L
Ancienneté_1	V40H	V40I	V40A	V40B	V40G	V40K	V40C	V40D	V40F	V40J	V40E	V40L
Ancienneté_2	V40A	V40H	V40I	V40B	V40G	V40K	V40C	V40D	V40F	V40J	V40E	V40L

Le tableau 33 nous également montre que la réponse des femmes est tout à fait en harmonie avec la réponse du groupe. Les rangements des hommes ne sont pas très différents

de celui des femmes. Ils ont donné la même importance aux potentiels signalés par les femmes mais il y a parfois certaines inversions entre le rangement donné par les hommes et celui attribué par les femmes. Par exemple, les hommes rangent V40A "*encourager la participation des élèves*" en première position et V40H "*attirer l'attention des élèves*" en deuxième position alors qu'on voit l'inverse chez les femmes. Le rangement donné par les enseignants ayant suivi une formation sur le TNI est identique à celui de l'ensemble du groupe. Par contre, le rangement des enseignants n'ayant pas suivi une formation sur les TIC va dans un sens complètement différente par rapport au rangement global et au rangement des sous-groupes. Cette catégorie d'enseignants a mis respectivement V40A "*encourager la participation des élèves*" et V40B "*promouvoir l'interaction élèves-élèves*" en dernière position. Cependant pour les autres sous-groupes ces deux potentiels du TNI se trouvent dans les premiers rangs. Ils ont mis V40J "*aider à représenter facilement les relations fractionnaires*" en premier position alors que ce potentiel pédagogique du TNI est rangé en dixième position pour l'ensemble des sous-groupes.

En termes d'importance comme le montre le tableau 33, une majorité de l'échantillon s'accorde pour placer V40L "*diversifier les méthodes d'enseignement-apprentissage*" en dernière position, V40E "*transmettre plus facilement le contenu des cours*" en avant dernière position et en neuvième position V40F "*varier les ressources pédagogiques utilisées en classe*". V40A "*encourager la participation des élèves*" et V40I "*susciter la motivation des élèves pour apprendre*" occupent toujours les premiers rangs. V40A se situe entre la première et quatrième position tandis que V40I se trouve plus généralement entre la deuxième et troisième position. V40G "*favoriser l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage*" se situe entre la deuxième et sixième position (plus généralement en cinquième et sixième position). Alors que V40K "*encourager l'interaction enseignant-élèves*" se trouve au milieu des rangs entre la troisième et huitième position (plus généralement en sixième position). V40B "*promouvoir l'interaction élèves-élèves*" et V40H "*attirer l'attention des élèves*" se positionnent dans les premiers rangs. V40B se positionne généralement en quatrième rang alors que V40H se trouve généralement en première et deuxième position. V40C "*aider à comprendre des notions complexes*" et V40D "*concrétiser les concepts abstraits*" occupent les rangs du milieu (septième et huitième position). Alors que V40J "*aider à représenter facilement les relations fractionnaires*" se situe dans les rangs suivants et plus généralement en dixième position.

TABLEAU 34 – *Valeurs empiriques et critiques au seuil de $\alpha = 0.01$ et de $\alpha = 0.05$*

	P =	W =	wc : α = 0,05	wc : α = 0,01	S_k	S_{max}	Statut
Global	67	0,2210	0,0266	0,0335	324909,5	641927	Significatif
Homme	24	0,4273	0,0745	0,0936	43311,5	82368	Significatif
Femme	43	0,1406	0,0415	0,0522	151261	264407	Significatif
CM1	25	0,4273	0,0715	0,0899	46506	89375	Significatif
CM2	30	0,2089	0,0596	0,0749	67954,5	128700	Significatif
CM1_CM2	12	0,0800	0,1490	0,1873	19899,5	20592	Significatif
Formation_TIC_Oui	60	0,2901	0,0298	0,0374	248758	514800	Significatif
Formation_TIC_Non	7	0,1456	0,2555	0,3211	13695,5	7007	Significatif
Formation_TNI_Oui	56	0,2402	0,0319	0,0401	221806	448448	Significatif
Formation_TNI_Non	11	0,1569	0,1626	0,2043	10827	17303	Significatif
Age_1	25	0,2450	0,0715	0,0899	40151,5	89375	Significatif
Age_2	25	0,2537	0,0715	0,0899	55127	89375	Significatif
Age_3	17	0,2044	0,1052	0,1322	21126	41327	Significatif
Ancienneté_1	34	0,2263	0,0526	0,0661	78479,5	165308	Significatif
Ancienneté_2	33	0,2246	0,0542	0,0681	85690	155727	Significatif

5.1.6.2. Le recours à l'analyse statistique implicative (ASI)

L'analyse statistique implicative nous a permis d'avoir des informations plus riches avec plus de détails sur les rangs et les liens implicatifs entre les items rangés (Alcheghri, 2015b, 2016). Pour traiter nos variables de rangs selon l'approche d'ASI, nous avons transformé les variables binaires en variables modales à valeur sur [0 ; 1] comme le suggère Régnier et Gras (2005, 2013). Avec cette méthode, nous avons pu étudier l'arbre de similarité, le graphe implicatif et l'arbre cohésitif comme nous les présenterons ci-après. Il est important de souligner que nous avons analysé nos données selon l'approche d'ASI en se focalisant sur l'approche de l'analyse de la propension statistique de J-B. Lagrange (Lagrange, 1998). Celui-ci étudie la relation de propension aux variables de rangs avec des valeurs modales de [0 ; 1]. Nous avons pensé au début nous tourner vers l'approche "permutationnelle" de la propension de Régnier mais compte-tenu du manque de temps nous nous sommes focalisé sur celle de Lagrange. L'approche de Régnier nécessite des procédures plus fines pour calculer l'intensité de propension. Régnier et Gras (2013) mettent en lumière la différence entre la relation de propension de Lagrange et l'approche permutationnelle en disant que « *la seule différence réside dans le fait que le calcul de l'espérance et de la variance statistique Z utilisée par J.B. Lagrange tient compte de la particularité de l'information fondée sur statistique de rangs* » (Régnier et Gras, 2013, p. 201).

Dans la suite nous présentons les résultats issus de l'approche d'ASI. Nous montrons dans un premier temps les résultats de l'arbre de similarité, puis ceux du graphe implicatif et enfin nous mettrons en lumière les résultats de l'arbre cohésitif.

L'arbre des similitudes : étude des similarités entre les variables

L'arbre de similarité nous a permis de voir s'il y a des similarités entre nos variables et d'identifier le niveau de similarité entre les couples de variables. L'arbre des similarités calcule pour chaque couple de variables la similarité entre celles-ci. Il regroupe aussi les variables similaires par des groupes de variables se ressemblant le plus et classe la similarité entre les variables du niveau le plus élevé vers le moins élevé.

Dans notre exemple, nous avons trois groupes de similarité qui se détachent (voir figure 71). Horizontalement nos variables se répartissent en 11 niveaux de similarité (voir figure 71 et tableau 35). Le premier composé de V40A, V40B, V40K, V40H et V40I. Le deuxième de V40C, V40D, V40E et V40J. Le troisième de, V40F, V40L et V40G. Pour bien comprendre la similarité entre ces variables nous précisons que les lignes rouges reliant les variables signifient que la similarité est très forte et signifiante entre les variables. En outre, plus les lignes du graphique descendent vers le bas, moins il y a de similarité entre les variables. À ce stade, nous pouvons dire que V40B « *promouvoir l'interaction élèves(s)-élève(s)* » et V40K « *encourager l'interaction enseignant-élève(s)* » sont plus similaires que V40H et V40I. Cela signifie que ces deux potentiels pédagogiques du TNI (V40B et V40K) sont plus similaires que les autres couples de potentiels. Nous observons également que le deuxième et le troisième groupe ont des similarités très fortes, mais cela se fait à un niveau très bas. Ces deux groupes se ressemblent au niveau 11 avec le premier groupe. Les trois groupes constituent à la fin un seul bloc, ce qui signifie qu'il y a une similarité entre ces groupes. Autrement dit, il existe une similarité entre les potentiels pédagogiques du TNI du point de vue des enseignants.

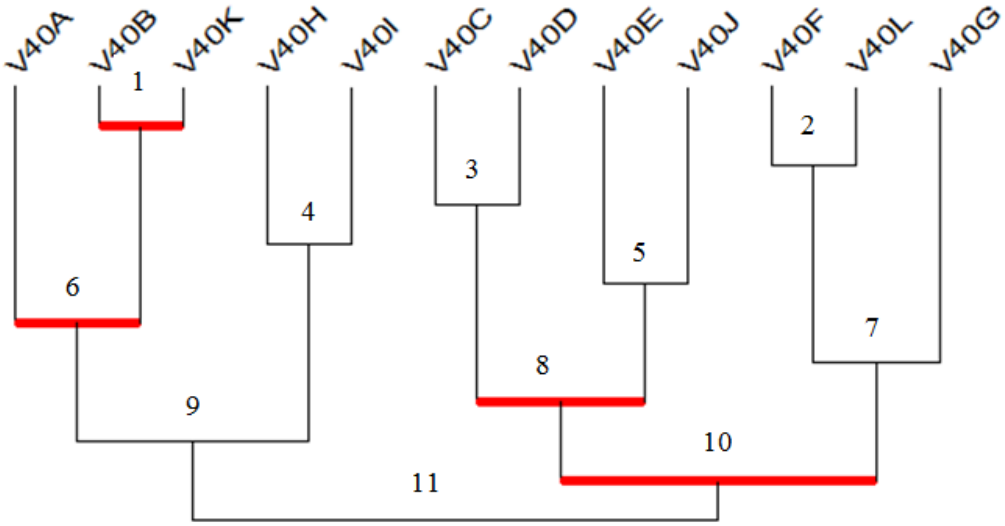


FIGURE 71 – *Arbre de similarité organisant les 12 potentiels pédagogique du TNI en classe*

Notre arbre de similarité montre que le nœud le plus significatif est au niveau 1. C'est-à-dire, entre V40B "*promouvoir l'interaction élèves-élèves*" et V40K "*encourager l'interaction enseignant-élèves*". Cela signifie qu'il y a une forte similarité entre ces deux potentiels pédagogiques du TNI. Il y a d'autres nœuds significatifs : au niveau 6, 8 et 10. Nous remarquons que V40F "*varier les ressources pédagogiques utilisées en classe*" et V40L "*diversifier les méthodes d'enseignement-apprentissage*" sont très similaires. V40C "*aider à comprendre des notions complexes*" et V40D "*concrétiser les concepts abstraits*" ont également un niveau fort de similarité. Une similarité assez forte existe aussi entre V40H "*attirer l'attention des élèves*" et V40I "*susciter la motivation des élèves pour apprendre*". Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, plus nous descendons vers le bas du graphique, moins la similarité est identifiée entre les potentiels pédagogiques du TNI.

TABLEAU 35 – *Niveaux de similarité entre nos variables*

Niveau de classification	Variables	Similarité
Classification au niveau 1	(V40B V40K)	0.769235
Classification au niveau 2	(V40F V40L)	0.754896
Classification au niveau 3	(V40C V40D)	0.695462
Classification au niveau 4	(V40H V40I)	0.686112
Classification au niveau 5	(V40E V40J)	0.585862
Classification au niveau 6	(V40A (V40B V40K))	0.468743
Classification au niveau 7	((V40F V40L) V40G)	0.459339
Classification au niveau 8	((V40C V40D) (V40E V40J))	0.209076
Classification au niveau 9	((V40A (V40B V40K)) (V40H V40I))	0.0589753
Classification au niveau 10	(((V40C V40D)) ((V40E V40J) ((V40F V40L) V40G))	0.0330178
Classification au niveau 11	(((V40A (V40B V40K)) (V40H V40I)) (((V40C V40D) (V40E V40J)) ((V40F V40L) V40G)))	4.38583e-09

Le graphe implicatif : réseaux des variables

Quant au graphe implicatif, il nous montre les tendances à une intensité d'implication supérieure à un certain seuil entre les différentes variables (voir figure 72). À l'origine, nous avons fixé l'indice d'implication à un niveau de confiance 99.99, mais aucune variable n'apparaissait. Nous avons alors décidé de l'abaisser à 90, mais seulement deux variables apparaissaient, ce qui n'apportait que peu d'éléments pour développer notre interprétation dans le champ de l'usage du TNI. Nous avons décidé à nouveau d'abaisser le niveau de confiance jusqu'au niveau 76 où on voit alors toutes nos variables principales. Les résultats ont été plus explicites : toutes les variables apparaissent en trois groupes distincts.

Le premier groupe réunit 5 variables : V40I "*susciter la motivation des élèves pour apprendre*", V40H "*attirer l'attention des élèves*", V40K "*encourager l'interaction enseignant-élèves*", V40B "*promouvoir l'interaction élèves-élèves*", et V40A "*encourager l'interaction enseignant-élèves*"). De cette manière, nous observons qu'il y une tendance entre les enseignants à classer V40H ("*attirer l'attention des élèves*") au premier rang. Puis vient V40I ("*susciter la motivation des élèves pour apprendre*"). Ce qui signifie que V40H est préféré à V40I chez les enseignants de notre échantillon. Cela signifie que le potentiel préféré des enseignants est le fait que le TNI attire l'attention des élèves. Le deuxième potentiel préféré est le fait que le TNI favorise la motivation des élèves pour apprendre. V40I est préféré respectivement à V40A ("*encourager la participation des élèves*") et à V40B ("*promouvoir l'interaction élèves-élèves*"). Les enseignants préfèrent donc les potentiels affectifs (motivation, attention) sur ceux d'ordres cognitifs (participation, interaction). Nous observons alors qu'avec un degré de confiance à 0.93, il y a une tendance chez les enseignants à ranger V40K ("*encourager l'interaction enseignant-élèves*") juste après V40B. Autrement dit, les enseignants préfèrent le fait que le TNI promeut l'interaction entre les élèves eux-mêmes plus que le fait qu'il encourage l'interaction enseignant-élèves. Une fermeture transitive à 0.73 lie directement V40K à V40A comme le montre les flèches pointillées (voir figure 72). Cela veut dire qu'au niveau de confiance de 0.73 le fait que le TNI encourage l'interaction enseignant-élèves implique que cet instrument numérique encourage la participation des élèves dans les situations d'enseignement.

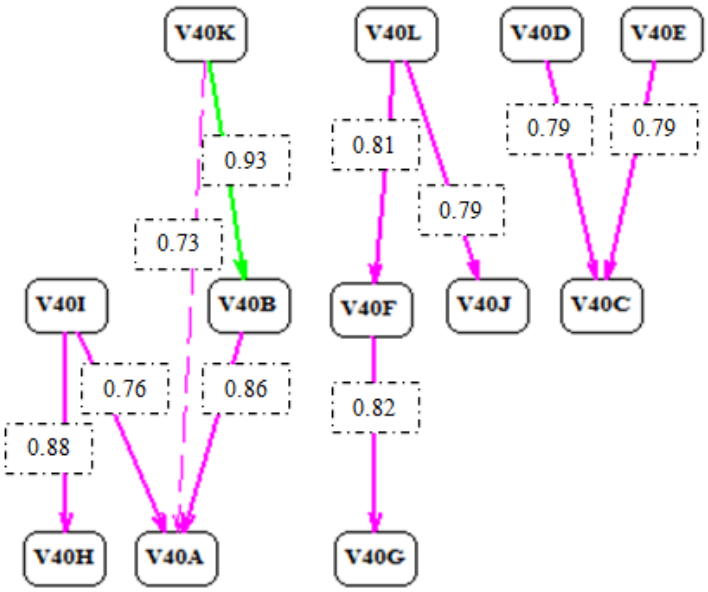


FIGURE 72 – *Graphe implicatif organisant les 12 potentiels pédagogiques du TNI au niveau de confiance de ≥ 0.73*

Quatre variables composent le second groupe. Dans ce groupe implicatif on voit que les enseignants ont tendance à placer V40L "*diversifier les méthodes d'enseignement-apprentissage*", en neuvième position précédée de V40F "*varier les ressources pédagogiques utilisées en classe*" et de V40J "*aider à représenter facilement les relations fractionnaires*". Le troisième groupe réunit trois variables : V40D "*concrétiser les concepts abstraits*", V40E "*transmettre plus facilement le contenu des cours*" et V40G "*favoriser l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage*". Les enseignants ont donc tendance à classer la variable V40E en dernière position. Cela signifie que cette fonction pédagogique du TNI est le moins préférée par les enseignants interrogés.

Il est important de souligner qu'il y a certaines inversions dans le rang des variables selon le graphe implicatif par rapport au rang donné par le test de Kendall. Par exemple, le test de Kendall classe V40A ("*encourager la participation des élèves*") en deuxième position et V40I ("*susciter la motivation des élèves pour apprendre*") en troisième. Cependant dans l'ASI nous trouvons l'inverse. En outre, le test de Kendall classe V40L ("*diversifier les méthodes d'enseignement-apprentissage*") en dernière position alors que cette variable est en neuvième position dans le classement fourni par ASI.

Concernant les chemins de propension figurés dans le graphe implicatif nous pouvons dire qu'une variable supplémentaire (homme, âge, etc.) peut contribuer à la création d'un chemin comme le montre le tableau 36 ci-après[58]. Pour le chemin V40K-V40B-V40A, les enseignants de la classe de CM1 sont ceux qui participent le plus à ce chemin avec un risque de 0.0495 alors que la variable « Formation_TIC_Non » contribue le moins à ce chemin avec un risque de 0.959. Autrement dit, les enseignants de CM1 participent plus que les autres variables secondaires à montrer que le TNI encourage l'interaction enseignant-élève impliquant le fait qu'il promeut l'interaction élèves-élèves. Cela implique aussi que le TNI encourage la participation des élèves dans les situations d'enseignement. Au contraire les enseignants n'ayant pas suivi une formation sur les TIC contribuent le moins parmi les autres variables à créer ce chemin de quai-implication entre les potentiels pédagogiques du TNI. En outre, les variables, « Âge_3 » et « Femme » participent respectivement le plus au chemin V40I-V40A et V40I-V40H avec un risque de 0.113 et de 0.276.

58 Dans notre graphe il y a d'autres chemins mais dans le tableau 15 nous n'avons présenté que quatre chemins et les contributions des variables propres à chaque chemin. On voit en rouge la variable contribuant le plus au chemin envisagé.

TABLEAU 36 – *Contribution des variables supplémentaires aux chemins de propension*

Chemin	Contribution des variables supplémentaires
V40I-V40H	Femme [0.276], Homme [0.656], CM1 [0.277], CM2 [0.323], CM1_CM2 [0.769], Formation_TIC_Oui [0.344], Formation_TIC_Non [0.786], Formation_TNI_Oui [0.493], Formation_TNI_Non [0.403], Âge_1 [0.433], Âge_2 [0.277], Âge_3 [0.591], Ancienneté_1 [0.278], Ancienneté_2 [0.603].
V40I-V40A	Femme [0.348], Homme [0.553], CM1 [0.192], CM2 [0.683], CM1_CM2 [0.365], Formation_TIC_Oui [0.332], Formation_TIC_Non [0.811], Formation_TNI_Oui [0.586], Formation_TNI_Non [0.213], Âge_1 [0.792], Âge_2 [0.331], Âge_3 [0.113], Ancienneté_1[0.624], Ancienneté_2 [0.255].
V40K-V40B-V40A	Femme [0.513], Homme [0.404], CM1 [0.0495], CM2 [0.831], CM1_CM2 [0.491], Formation_TIC_Oui [0.237], Formation_TIC_Non [0.959], Formation_TNI_Oui [0.404], Formation_TNI_Non [0.6], Âge_1 [0.647], Âge_2 [0.491], Âge_3 [0.124], Ancienneté_1 [0.47], Ancienneté_2 [0.396].
V40K-V40B	Femme [0.545], Homme [0.288], CM1 [0.0418], CM2 [0.572], CM1_CM2 [0.865], Formation_TIC_Oui [0.24], Formation_TIC_Non [0.939], Formation_TNI_Oui [0.453], Formation_TNI_Non [0.49], Âge_1 [0.0418], Âge_2 [0.88], Âge_3 [0.394], Ancienneté_1 [0.265], Ancienneté_2 [0.613].

L'arbre cohésitif : classification hiérarchique orientée par la relation de quasi-implication

Par rapport aux résultats de l'arbre cohésitif, celui-ci nous montre le degré de cohésion entre les variables principales (voir figure 73). Dans la figure 73 nous voyons que toutes les variables sont liées les unes avec les autres. C'est-à-dire, que selon l'arbre cohésitif chaque fonction pédagogique du TNI implique un autre potentiel pédagogique de l'usage du TNI.

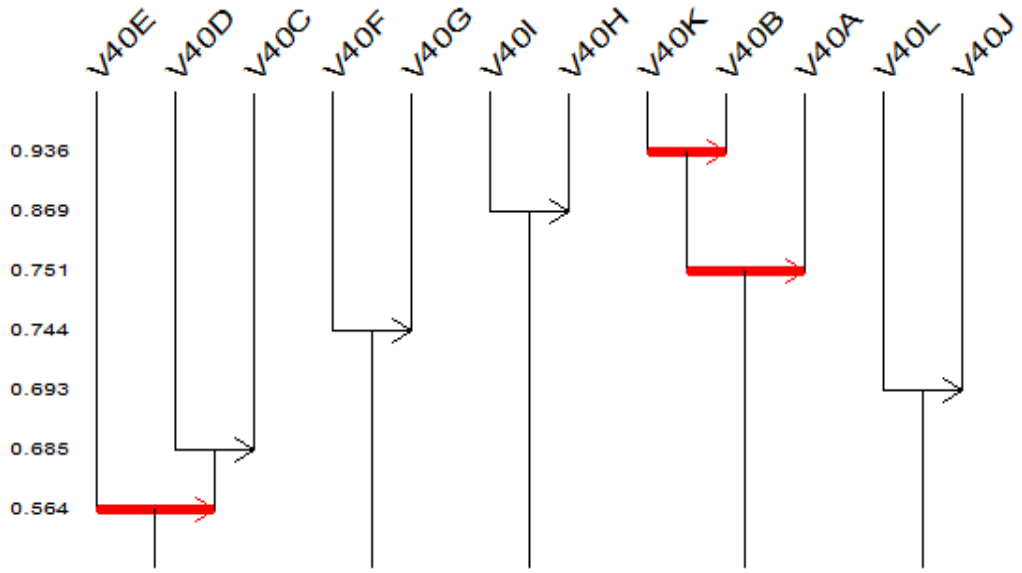


FIGURE 73 – *Arbre cohésitif organisant les 12 potentiels pédagogiques du TNI selon une classification hiérarchique orientée par la relation de quasi-implication*

Comme le montre la figure 73, nous avons sept niveaux de cohésion entre les variables. Les niveaux de cohésion varient de 0.936 à 0.564. Le degré de cohésion le plus fort correspond à 1 : plus on descend, moins il y a de cohésions identifiées entre les variables. De cette manière, au premier niveau de la hiérarchie, nous remarquons que la classe (V40K, V40B) est créée. Elle représente le fait que la fonction pédagogique du TNI V40K ("*encourager l'interaction enseignant-élèves*") implique le potentiel V40B ("*promouvoir l'interaction élèves-élèves*") avec une intensité plus forte que tous les autres couples de variables. Ce premier niveau de la hiérarchie est d'ailleurs significatif comme l'indique la flèche rouge. Au deuxième niveau, nous observons que le fait d'affirmer que le TNI suscite la motivation des élèves (V40I) implique le fait que le TNI attire l'attention des élèves (V40H). Au troisième niveau V40K, V40B et V40A forment une classe. Cette classe à trois composantes admet la plus forte cohésion parmi celles de toutes les classes possibles à trois composantes. Ce niveau de la hiérarchie est d'ailleurs significatif comme l'indique la flèche rouge. Cela veut dire que le fait d'affirmer que le TNI encourage l'interaction enseignant-élève implique le fait qu'il promeut l'interaction élèves-élèves. Ces deux potentiels de leur côté implique que le TNI encourage la participation des élèves dans les situations d'enseignement. La figure ci-dessus nous montre également la variable V40F "*varier les ressources pédagogiques utilisées en classe*" et V40G "*favoriser l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage*" ont une cohésion très forte. C'est-à-dire, du point de vue des enseignants le fait d'affirmer que le TNI permet de varier les ressources pédagogiques utilisées en classe implique le fait que cet instrument numérique favorise l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage. V40E, V40D et V40C forment enfin une dernière classe. Ce dernier niveau de la hiérarchie est d'ailleurs significatif comme l'indique la flèche rouge.

5.2. Questionnaire des élèves

Nous rappelons qu'un échantillon de 144 élèves, ont répondu à notre questionnaire : 74 élèves de CM1 et 70 de CM2.

5.2.1. Place et rôle du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions

Dans cette série de questions nous voulions étudier les perceptions des élèves envers la place et le rôle du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions. Nous voulions tout d'abord savoir si le TNI aide les élèves dans leur apprentissage. Nous avons donc posé la question suivante (V45A) : *le TNI t'a-t-il aidé à apprendre les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme le montre la figure 74 ci-après 81,3% des élèves interrogés ont dit que le TNI les aide dans leur apprentissage. Nous constatons également que 17,4% d'entre eux trouvent que le TNI ne les aide pas. 1,4% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les élèves sont favorables à l'aide apportée par le TNI. Ils estiment que le TNI peut jouer un rôle de facilitateur dans l'apprentissage de la notion de fractions.

Dans la question V45B, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V45A. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V45A. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu affirmativement que le TNI les aide à apprendre les fractions et ceux qui ont répondu négativement. Le but de cette comparaison est d'identifier la différence entre ces deux réponses. Cela nous permet de comprendre les points positifs et négatifs de l'usage du TNI. Nous avons traité ces réponses avec le logiciel SPAD. Ce traitement nous fournit les courtes et les longues phrases données par les élèves ayant répondu par l'affirmative ainsi que ceux ayant répondu par la négative[59]. Sachant que sur 117 élèves ayant répondu « oui », 85 (72,6%) ont donné une justification à leur réponse. Sur les réponses négatives, 19 élèves (76%) sur 25 ont expliqué les raisons pour lesquelles le TNI ne les a pas aidés. Concernant les réponses données par les élèves ayant dit que le TNI les aide à apprendre les fractions[60], nous constatons que l'élève de la première réponse souligne qu'il a avait du mal à comprendre les fractions avant le TNI. Il indique qu'avec le TNI, il comprend mieux les fractions parce qu'il y a des images qui aident à comprendre. Dans la deuxième réponse, nous trouvons que l'élève souligne que pour lui c'est plus facile de comprendre les fractions avec le TNI. Dans la troisième réponse, nous remarquons que l'élève met l'accent sur l'aspect visuel du TNI. Il comprend mieux les fractions parce qu'il voit mieux. Sur les réponses des élèves déclarant que le TNI n'aide pas à apprendre les fractions, nous constatons que dans la première réponse, l'élève souligne qu'au début de l'usage du TNI, il croyait que c'était très bien. Avec le temps, cet élève s'est rendu compte que cela n'a rien changé. Dans la deuxième réponse, l'élève indique qu'il n'aime pas les fractions avec ou sans le TNI. L'élève de la troisième réponse souligne que quelque soit le matériel utilisé pour enseigner-apprendre les fractions la

59 Dans le traitement et l'analyse de cette question et les questions similaires dans lesquelles nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses, nous ne prenons que les trois premières réponses longues traitées par le logiciel SPAD pour les élèves ayant répondu oui et les trois premières pour ceux ayant répondu non. Nous ne traitons pas le reste des réponses longues ainsi que les réponses courtes, cela fera l'objet d'un travail à postériori.

60 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V45B_élèves avec la variable V45A_élèves, voir annexe 33.

difficulté est la même. Pourtant cet élève dit à la fin de sa réponse qu'il faut admettre qu'avec le TNI l'apprentissage des fractions est plus pratique.

Ces résultats nous montrent que les élèves ayant confirmé que le TNI les aide à apprendre les fractions s'appuient sur un potentiel pédagogique les aidant dans leur apprentissage. Pour certains ce sont les supports visuels, pour d'autres l'ergonomie du travail impliqué dans le TNI. Dans les justifications des élèves trouvant que le TNI n'aide pas à apprendre, nous constatons que ces élèves n'aiment pas les fractions quelque soit le support utilisé. Ces élèves estiment que le TNI ne les aide pas. Ce n'est pas parce que celui-ci n'est pas pertinent mais plutôt parce que ces élèves n'aiment pas les mathématiques. Pour certains d'entre eux le TNI est quand même le support le plus pratique utilisé pour apprendre les fractions.

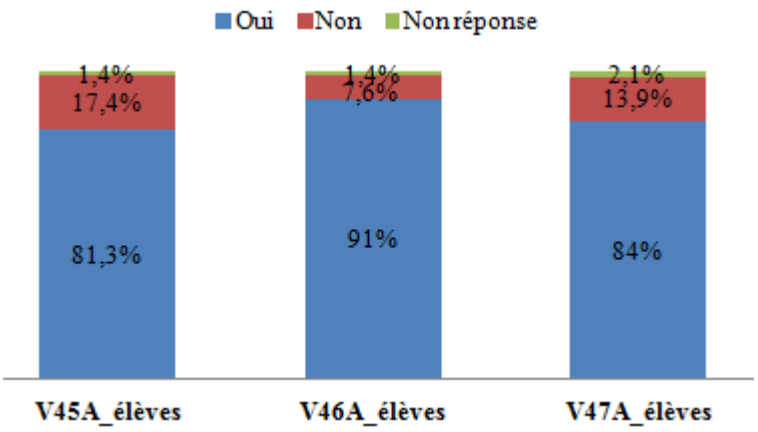


FIGURE 74 – *Réponses des élèves aux questions V45, V46 et V47*

Les élèves aiment-ils les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions animées par le TNI ? (V46A) : *as-tu aimé l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 74 ci-dessus, 91% des élèves ont déclaré qu'ils aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI, 7,6% d'entre eux n'aiment pas apprendre à l'aide du TNI, 1,4% des élèves interrogés n'ont pas répondu à cette question. En analysant ces résultats, nous trouvons qu'une grande partie des élèves ayant appris les fractions en utilisant le TNI ont aimé cette expérimentation. Pour ceux-ci, le TNI représente un outil qui les motive.

Dans la question V46B, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V46A. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V46A. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu affirmativement qu'ils aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI et ceux

qui ont répondu négativement. Cette comparaison nous permet de cerner les potentiels jouant un rôle dans l'apprentissage des élèves et les potentiels qui n'ajoutent pas grand-chose durant l'apprentissage. Sachant que sur 131 élèves ayant répondu par l'affirmative, 94 (71,7%) ont donné une justification à leur réponse. Sur les réponses négatives, 8 élèves (72,7%) sur 11 ont justifié pourquoi ils n'ont pas aimé l'apprentissage des fractions avec le TNI. Concernant les réponses fournies par les élèves disant qu'ils aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI[61], nous constatons que les élèves de la première et la deuxième réponses aiment l'apprentissage des fractions à l'aide du TNI parce que cela est plus facile. Dans la troisième réponse, nous trouvons que l'élève souligne que c'est mieux. Sur les réponses des élèves déclarant qu'ils n'aiment pas l'apprentissage des fractions avec le TNI, nous constatons que la première et la troisième réponses vont dans le même sens: les élèves n'aiment pas les fractions quelque soit le support utilisés par l'enseignant pour animer les situations d'enseignement. Dans la deuxième réponse, l'élève indique qu'il a déjà appris les fractions dans son ancienne école qui n'était pas équipée du TNI. Il est certain que cet élève a changé d'école et il n'a pas appris les fractions dans l'école où il a répondu à notre enquête. Pour lui, l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI ne signifie rien.

Ces résultats nous montrent que les élèves, ayant dit qu'ils aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI, participent à l'environnement général de leurs classes équipées du TNI. Pour eux, c'est plus facile et mieux d'apprendre à l'aide du TNI. Ils ne signalent pas un potentiel spécifique du TNI. Dans les justifications des élèves n'aimant pas apprendre en utilisant le TNI, nous trouvons des justifications confirmant que ces élèves soit n'aiment pas les fractions, peu importe le support utilisé par l'enseignant, soit ils n'ont pas appris cette notion en utilisant cet instrument numérique.

Les pratiques des enseignants sur le TNI aident-elles les élèves à comprendre les situations d'apprentissage sur les fractions ? (V47A) : *ce qu'a fait le maître avec le TNI t'a-t-il aidé à comprendre les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 74 ci-dessus, 84% des élèves ont dit que les pratiques faites par l'enseignant sur le TNI aident à la compréhension des situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions, 13,9% d'entre eux trouvent que ces pratiques n'aident pas à comprendre les fractions. 2,1% des élèves interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les élèves apprécient les pratiques de leurs enseignants utilisant le

61 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V46B_élèves avec la variable V46A_élèves, voir annexe 34.

TNI. De leurs points de vue, ces pratiques les aident à mieux comprendre la situation d'apprentissage. La façon de présenter l'information par les enseignants a joué un rôle sur l'apprentissage des élèves.

Dans la question V47B, nous avons demandé aux élèves de justifier leur réponse donnée à la question V47A. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V47A. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu que les pratiques de l'enseignant à l'aide du TNI facilitent la compréhension des situations d'apprentissage sur les fractions et ceux qui ont répondu négativement à cette question. L'objectif de cette comparaison est de voir ce qui attire les élèves dans les pratiques pédagogiques de leurs enseignants et d'identifier les pratiques n'aidant pas les élèves dans leur apprentissage. Sur 121 élèves ayant répondu affirmativement, 87 (71,9%) ont donné une justification à leur réponse. Sur les réponses négatives, 12 élèves (60%) sur 20 ont justifié pourquoi les pratiques de leurs enseignants sur le TNI n'aident pas à comprendre les fractions. Par rapport aux réponses données par les élèves disant que les pratiques de leurs enseignants aident à comprendre les fractions[62], nous constatons que les élèves de la deuxième et la troisième réponses soulignent qu'avec le TNI leurs enseignants expliquent bien la situation d'enseignement. Ces élèves ne précisent pas la nature de ces pratiques rendant les fractions plus compréhensibles. Dans la première réponse, nous trouvons que l'élève donne une justification très vague. Il souligne qu'avec le TNI c'est plus facile pour comprendre les situations d'apprentissage sur les fractions. Dans les réponses négatives, nous constatons que dans la première réponse l'élève souligne que les pratiques des enseignants avec le TNI n'ont pas changé leur compréhension des fractions. Pour lui, c'est comme un tableau à la craie. Dans la deuxième réponse, nous constatons que l'élève ne donne pas une vraie justification. Il indique que cela ne l'a pas aidé à mieux comprendre les fractions. Dans la troisième réponse, l'élève indique qu'il n'aime pas les fractions avec ou sans le TNI.

Ces résultats nous montrent que les élèves ayant confirmé que les pratiques pédagogiques de leurs enseignants avec le TNI les aident à mieux comprendre les fractions, soulignent, en général, le dispositif instrumenté par le TNI sans préciser réellement les pratiques remarquables de leurs enseignants. Pour ceux-ci, dans l'ensemble, c'est mieux avec le TNI parce l'enseignant explique bien les situations d'enseignement. Cela montre que les élèves ne sont pas en mesure de donner une justification dans l'utilisation du TNI. Dans les

---

62 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V47B_élèves avec la variable V47A_élèves, voir annexe 35.

arguments des élèves trouvant que les pratiques de leurs enseignants ne les aident pas à mieux comprendre, nous remarquons qu'une partie de ces élèves n'aiment pas les fractions quelque soit le support utilisé. D'autres trouvent qu'il n'y a pas de changements dans les pratiques avec le TNI.

Pour connaître les appréciations des élèves sur l'utilisation du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions, nous avons posé la question suivante (V48) : *qu'as-tu aimé dans l'utilisation du TNI concernant les leçons sur les fractions ?*

- **V48A**_*C'est plus facile de discuter avec le maître : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48B**_*C'est plus facile de discuter avec les camarades : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48C**_*C'est plus facile de faire attention à la leçon : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48D**_*Cela me donne envie d'apprendre : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48E**_*Les images présentées sont une aide pour comprendre les fractions : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48F**_*Cela me permet d'apprendre en grand groupe, en petit groupe ou tout seul : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48G**_*Cela me donne envie de participer à la leçon : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V48H**_*Cela m'aide à retenir plus facilement la leçon : Oui* ☐ *Non* ☐

Concernant la question V48A et comme on le voit dans la figure 75 ci-après 67,4% des élèves interrogés trouvent qu'avec le TNI c'est plus facile de discuter avec l'enseignant, 30,6% d'entre eux ne sont pas d'accord avec cette idée et 2,1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. À la question V48B, nous constatons que 55,6% des élèves estiment que l'usage du TNI facilite la discussion avec les camarades, 43,1% pensent que cet usage ne facilite pas la discussion entre les élèves et 1,4% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Par rapport à la question V48C, nous remarquons que 83,3% des élèves enquêtés trouvent que le TNI les aide à être attentifs à la situation d'enseignement-apprentissage, 15,3% d'entre eux ne sont pas convaincus que le TNI peut jouer ce rôle et 1,4% n'ont pas répondu à cette question. Concernant la question V48D, nous constatons que 82,6% des élèves interrogés pensent que l'usage du TNI leur donne envie d'apprendre et 17,4% n'apprécient pas cette capacité de l'usage du TNI. À la question V48E, nous trouvons que 84,7% des élèves estiment que les supports visuels du TNI constituent une aide cognitive pour comprendre les fractions, 13,2% d'entre eux ne voient pas cette utilité dans les supports visuels et 2,1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. En ce qui concerne la question V48F, nous remarquons que 81,3% des élèves interrogés estiment que l'usage du TNI permet

de diversifier les contextes d'apprentissage. Il leur permet d'apprendre en grand groupe, en petits groupes d'élèves ou en individuel. 16,7% d'entre eux ont dit que le TNI ne peut pas jouer ce rôle. Concernant la question V48G, nous constatons que 81,9% des élèves trouvent que l'usage du TNI leur donnent envie de participer à la situation d'enseignement-apprentissage et 18,1% d'entre eux estiment que l'usage de cet instrument numérique ne permet pas d'augmenter leurs participations aux situations d'enseignement. Pour la question V48H, nous remarquons que 72,2% des élèves interrogés sont favorables à l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions et que cela les aide à retenir plus facilement la situation d'enseignement-apprentissage. 27,8% trouvent que l'usage de cet instrument n'aide pas à retenir ce qu'ils ont appris.

Ces résultats nous montrent que les élèves apprécient l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Ils estiment que cet usage favorise l'échange à la fois entre eux et l'enseignant et, entre eux-mêmes. Ils apprécient également que cet instrument numérique mis à leur disposition permet d'attirer leur attention et d'augmenter leurs envies pour apprendre. Du point de vue de ces élèves, les supports visuels du TNI les aident cognitivement dans leur apprentissage. De plus, la diversité des contextes où on peut exploiter le TNI est vue comme un avantage pour les élèves. En outre, pour ces élèves, le TNI est vu aussi comme un élément aidant à favoriser leurs participations aux situations d'apprentissage et à retenir ce qu'ils ont appris dans la classe.

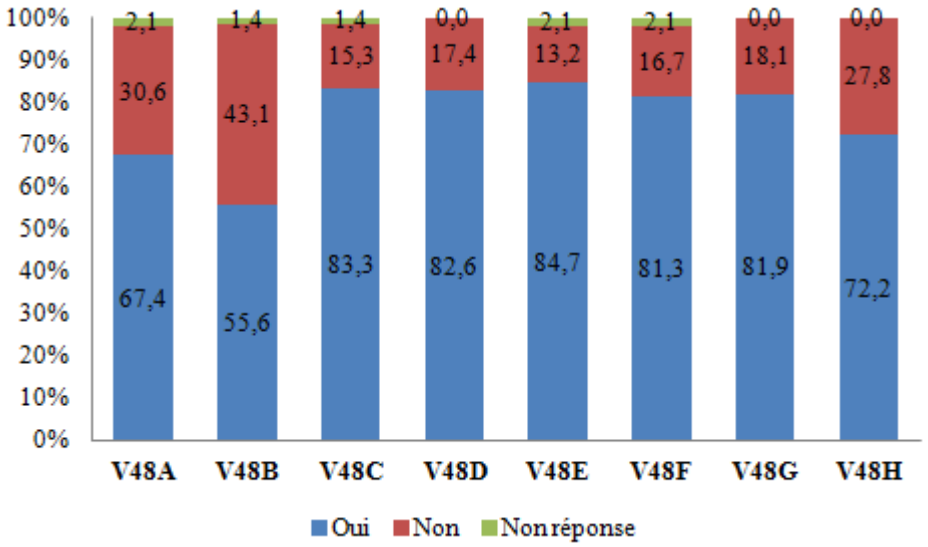


FIGURE 75 – *Réponses des élèves à la question V48*

Pour connaître les points de vue des élèves concernant le rôle joué par le TNI durant l'apprentissage des fractions, nous avons posé une question touchant directement les thèmes fractionnaires traités durant les séances dans chaque classe (CM1, CM2). Pour les élèves de

CM1, nous avons posé la question suivante (V49_CM1), *quand le maître a utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, as-tu trouvé que cela t'a aidé à… (Choisis les 3 phrases les plus importantes pour toi)*

- *Savoir ce qu'est une fraction* ☐
- *Apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…)* ☐
- *Utiliser les fractions dans des situations de partage* ☐
- *Utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs* ☐
- *Représenter à l'aide de dessins (cercle, carré, rectangle…) une fraction donnée* ☐
- *Placer les fractions sur une droite graduée* ☐

Nous observons, comme le montre la figure 76, que pour les élèves de CM1, l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions aide avant tout à reconnaître ce qu'est une fraction. Ce potentiel du TNI a été remarqué par 31,3% des élèves de CM1. Nous constatons également que le TNI aide les élèves à utiliser les fractions dans une situation de partage et à placer les fractions sur une droite graduée. Ces deux potentiels du TNI ont été soulignés par 29,2% des élèves de CM1 pour chaque thème mentionné. Nous remarquons aussi que le TNI apporte une aide dans la compréhension de l'utilisation des fractions dans des situations de grandeurs et de mesures. Cela a été cité par 26,4% des élèves de CM1. Pour 25% des élèves de CM1, le TNI aide à l'apprentissage du vocabulaire pour nommer les fractions. Enfin, 13,9% des élèves de CM1 apprécient la possibilité du TNI dans la représentation d'une fraction à l'aide d'une forme géométrique donnée.

Ces résultats nous montrent que pour les élèves de CM1 l'aspect visuel du TNI apporte une aide considérable dans leur apprentissage. Le TNI les aide à comprendre et à conceptualiser le sens d'une fraction. Cet instrument numérique est très pratique pour apprendre aux élèves à utiliser les fractions dans des situations de partages, de grandeurs et de mesures. Le potentiel visuel du TNI joue aussi un rôle pour aider les élèves à maîtriser le placement des fractions sur une ligne graduée.

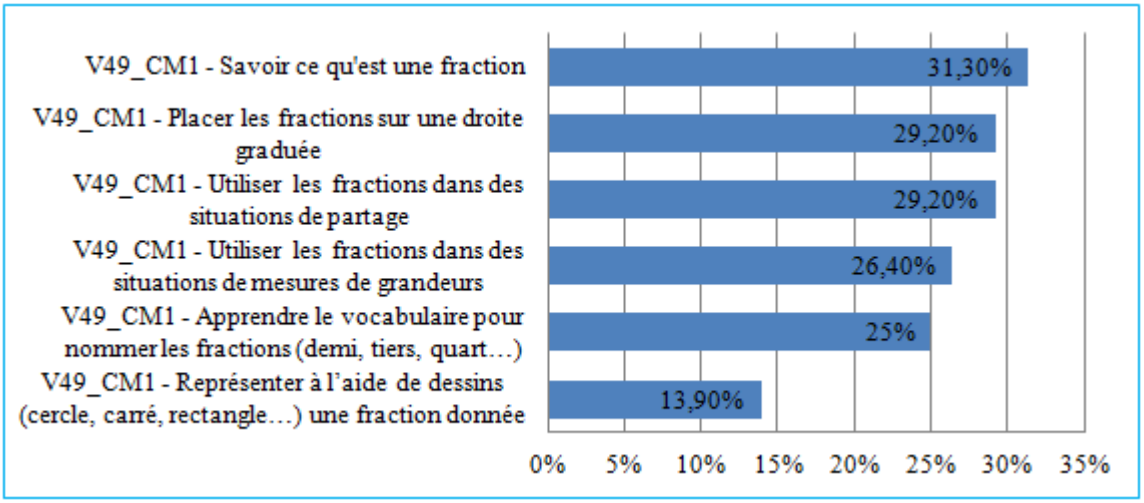


FIGURE 76 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des contributions du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions selon les élèves de CM1*

Pour les élèves de CM2, nous avons posé la question suivante (V49_CM2), *quand le maître a utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, as-tu trouvé que cela t'a aidé à… (Choisis les 3 phrases les plus importantes pour toi)*

- *Utiliser les fractions dans des situations de partage* ☐
- *Utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs* ☐
- *Encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs* ☐
- *Ecrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1* ☐
- *Ajouter deux fractions simples de même dénominateur* ☐
- *Comparer une série des fractions* ☐
- *Ranger les fractions par ordre croissant ou décroissant* ☐

Nous observons, comme le montre la figure 77, que pour les élèves de CM2, l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions aide avant tout à manipuler les fractions dans des situations de partages. Ce potentiel du TNI a été remarqué par 29,9% des élèves de CM2. Nous constatons également que le TNI aide les élèves à encadrer une fraction entre deux nombres entiers consécutifs. Ce potentiel du TNI a été souligné par 26,4% des élèves de CM2. Pour 22,9% des élèves de CM2, le TNI apporte une aide pour ranger les fractions par ordre croissant ou décroissant. Nous remarquons aussi que l'utilisation du TNI constitue chez 22,2% des élèves de CM2 un élément pour écrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1. Pour 18,8% des élèves de CM2, le TNI aide à utiliser les fractions dans un contexte de mesures et de grandeurs. Nous constatons également que le TNI joue un rôle pour simplifier l'addition des

fractions pour 13,2% des élèves de CM2. Enfin, 12,5% des élèves de CM2 apprécient l'usage du TNI pour comparer une série de fractions.

Ces résultats nous montrent que pour les élèves de CM2 l'usage du TNI les aide à comprendre et conceptualiser la notion de fraction. Pour ceux-ci, l'usage de cet instrument numérique est pertinent pour apprendre aux élèves à utiliser les fractions dans des situations de partages, de grandeurs et de mesures. Il est aussi pratique pour apprendre certaines opérations nécessaires sur les fractions comme l'encadrement d'une fraction entre deux nombre entiers et le rangement des fractions par ordre croissant ou décroissant.

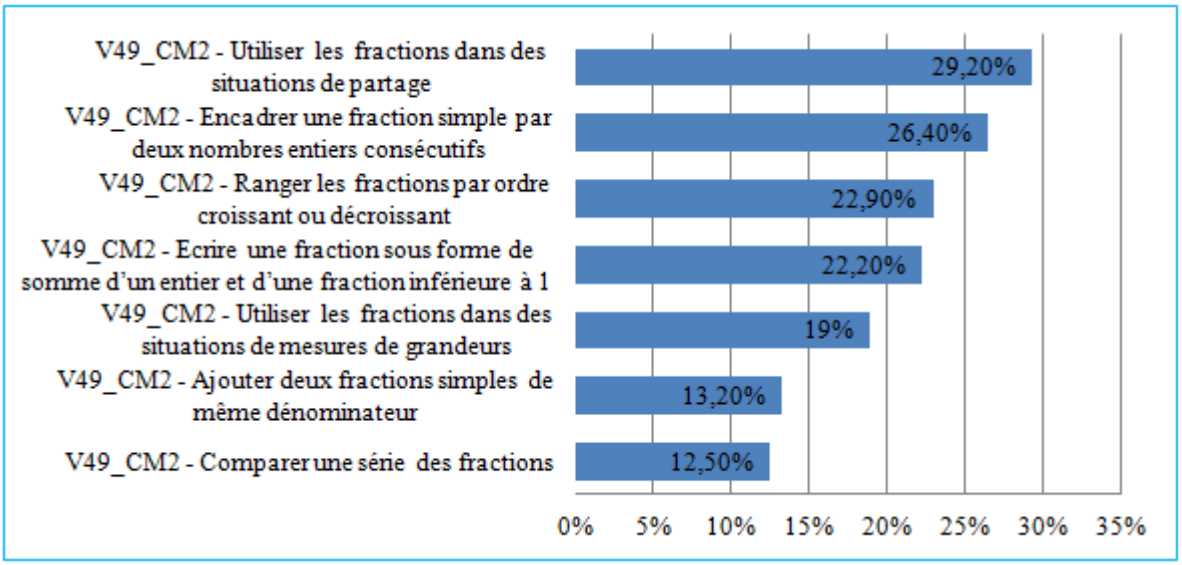


FIGURE 77 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des contributions du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions selon les élèves de CM2*

Pour connaître si les élèves veulent que leurs enseignants utilisent le TNI pour enseigner toutes les notions mathématiques, nous avons posé la question suivante (V44A_élèves), *aimerais-tu que ton maître utilise le TNI pour enseigner toutes les leçons de mathématiques ? Oui* ☐ *Non* ☐

Nous constatons, comme on le montre la figure 78 ci-dessous, que plus des trois quarts des élèves interrogés veulent que leurs enseignants généralisent l'utilisation du TNI dans toutes les notions mathématiques. 19% d'entre eux disent non. 1% des élèves interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent qu'une grande partie des élèves participant à notre étude sont convaincus des effets de l'utilisation du TNI dans les cours sur les fractions. Ils apprécient la pertinence de l'usage du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions et ils veulent donc que leurs enseignants utilisent cet instrument pour enseigner toutes les leçons de mathématiques.

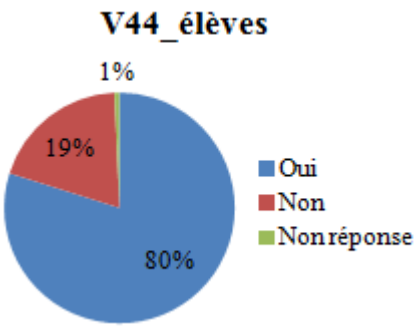


FIGURE 78 – *Perception des élèves envers l'enseignement de toutes les notions mathématiques en utilisant le TNI*

Dans la question V44B_élèves, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V44A_élèves. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V44A_élèves. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu qu'ils veulent que leurs enseignants généralisent l'utilisation du TNI dans toutes les leçons mathématiques et ceux qui ont répondu par la négative. Le but de cette comparaison est d'identifier s'il existe une différence entre ces deux réponses. Cela nous permet de comprendre les raisons qui encouragent les élèves à demander à leurs enseignants d'utiliser le TNI dans toutes les leçons de mathématiques et de comprendre pourquoi une partie des élèves ne veulent pas cette généralisation de l'usage du TNI. Sachant que sur 115 élèves ayant répondu « oui » à la question V44A_élèves, 92 (80%) ont donné une justification à leur réponse. Sur les réponses négatives, 24 élèves (82,7%) sur 28 ont justifié les raisons pour lesquelles ils ne veulent pas que leurs enseignants utilisent le TNI dans toutes les leçons sur les fractions. Par rapport aux réponses données par les élèves voulant que leurs enseignants utilisent le TNI dans toutes les leçons mathématiques[63], nous constatons que les élèves de la première et deuxième réponses disent que cela est plus facile. Ces élèves ne précisent pas comment l'usage du TNI rend l'apprentissage des mathématiques plus facile. Dans la troisième réponse, nous trouvons que l'élève donne une justification très vague. Il dit : c'est mieux comme ça. Dans les réponses négatives, nous constatons que dans la première réponse l'élève souligne que « c'est bien aussi de ne pas rester sur un seul écran pour apprendre toutes leçons ». Pour lui, c'est bien d'écrire aussi à la craie. Dans la deuxième réponse, nous constatons que l'élève dit qu'il préfère le tableau blanc ordinaire. Dans la troisième réponse, l'élève indique que cela serait bien d'utiliser plusieurs tableaux.

63 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V44B_élèves avec la variable V47A_élèves, voir annexe 36.

Ces résultats nous montrent que les élèves ayant dit oui, veulent que leurs enseignants utilisent le TNI dans toutes les leçons mathématiques, et qu'ils apprécient l'utilité du TNI. Pour eux, c'est mieux et c'est plus facile d'apprendre avec le TNI. Dans les justifications des élèves répondant par la négative, nous remarquons que certains élèves pensent que les tableaux ordinaires peuvent aussi bien servir que le TNI. D'autres trouvent qu'utiliser le TNI n'est pas bien parce que dans ce cas, il y aura plusieurs tableaux dans la classe. Nous remarquons que dans ces réponses les élèves ne critiquent pas le TNI en soi. Ils ne voient pas les plus values de cet instrument numérique.

5.2.2. Interactions médiées par le TNI entre le maître et les élèves et les élèves entre eux

Dans cette série de questions nous voulions étudier les perceptions des élèves envers les effets des différentes sortes d'interactions médiées par le TNI sur leur apprentissage et compréhension des situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Nous voulions tout d'abord savoir si les élèves trouvent qu'il y a une différence entre la discussion dans la classe avec l'utilisation du TNI et avant l'utilisation de cet instrument numérique. Nous avons posé la question suivante (V30A_élèves) : *quand le maître a utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, as-tu trouvé qu'il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude ?*

Oui ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 79 ci-après, 60% des élèves interrogés trouvent qu'en utilisant le TNI, il y a plus de discussions dans la classe que d'habitude. 39% d'entre eux répondent que non. Seulement 1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les élèves sont plutôt favorables à l'utilisation du TNI et que le TNI encourage les discussions dans la classe.

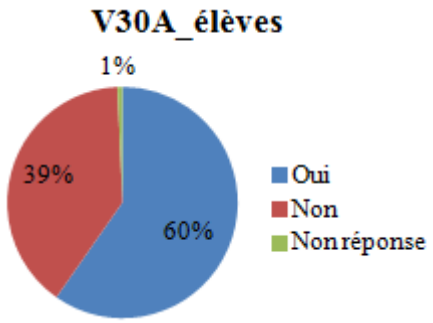


FIGURE 79 – *Discussions dans la classe avec et sans TNI vues par les élèves*

Dans la question V30B_élèves, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V30A_élèves. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V30A_élèves. Nous comparons les justifications données

par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cela nous permet d'étudier les points de vue des deux groupes d'élèves pour connaître les points forts et faibles dans l'utilisation du TNI. Sachant que sur 86 élèves ayant répondu « oui » à la question V30A_élèves, 63 (70,3%) ont donné une justification à leur réponse. Sur les réponses négatives, 29 élèves (50,9%) sur 57 ont justifié les raisons pour lesquelles ils pensent qu'avec le TNI il y a plus de discussions dans la classe que d'habitude. Par rapport aux réponses données par les élèves disant qu'avec le TNI il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude[64], nous constatons que l'élève de la première réponse dit que le TNI encourage à poser des questions. Cela permet bien sûr d'enrichir la discussion et l'échange dans la classe. Pour l'élève de la deuxième réponse, la présentation des exercices sur le grand écran du TNI aide à poser des questions. Dans la troisième réponse, nous constatons que l'élève souligne que le TNI permet à tous les élèves de participer dans les situations d'apprentissage. Dans les réponses négatives, nous constatons que les réponses vont dans le même sens. Ils donnent des justifications très vagues. Ils soulignent qu'il y a autant de discussions qu'auparavant.

Ces résultats nous montrent que les justifications des élèves ayant dit qu'avec le TNI il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude confirment que l'utilisation du TNI dans la classe encourage la participation des élèves à la situation d'enseignement-apprentissage. Pour les élèves les potentiels pédagogiques du TNI, surtout l'aspect visuel favorise la participation à la discussion dans la classe. Dans les justifications des élèves répondant par la négative, nous remarquons que ces élèves ne donnent pas une vraie justification. Ils soulignent que la discussion avec et sans le TNI est identique.

Pour connaître les effets de l'usage du TNI sur certains aspects des apprentissages des élèves nous avons posé la question suivante (V50), *quand le maître a utilisé le TNI, as-tu trouvé qu'il était plus facile de…*

- **V50A**_*Poser des questions au maître : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V50B**_*Répondre aux questions du maître : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V50C**_*Savoir ce qu'est une fraction : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V50D**_*Se représenter les situations de partages : Oui* ☐ *Non* ☐
- **V50E**_*Comprendre les fractions : Oui* ☐ *Non* ☐

64 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V30B_élèves avec la variable V30A_élèves, voir annexe 37.

Comme on le voit dans la figure 80, deux tiers (67,4%) des élèves interrogés pensent qu'avec l'usage du TNI c'est plus facile de poser des questions à l'enseignant (V50A). 29,2% d'entre eux disent non. 3.5% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Pour la question V50B, nous constatons que 77,8% des élèves estiment qu'en utilisant le TNI c'est plus facile de répondre aux questions posées par l'enseignant. 20,1% d'entre eux disent non. 2,1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Concernant la question V50C, nous remarquons que 72,2% des élèves interrogés trouvent qu'avec le TNI c'est plus facile de comprendre ce qu'est une fraction. 25,7% disent que cela n'est pas facile avec le TNI. 2,1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Par rapport à la question V50D, nous constatons que pour 80,6% des élèves interrogés l'utilisation du TNI facilite la représentation des situations de partages. 16,7% d'entre eux disent non. 2.8% des élèves n'ont pas répondu à cette question. En ce qui concerne la question V50E, nous remarquons que 84% des élèves estiment qu'avec l'usage du TNI c'est plus facile de comprendre les fractions. Pour 14,6% des élèves l'utilisation du TNI ne facilite pas la compréhension des fractions. 1,4% des élèves n'ont pas répondu à cette question.

Ces résultats nous montrent qu'une grande partie des élèves sont favorables aux effets cognitifs de l'utilisation du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions. Pour ceux-ci, cet usage permet plus facilement de poser et de répondre aux questions. Il aide également les élèves à comprendre le sens des fractions et à se représenter sous une forme géométrique une fraction.

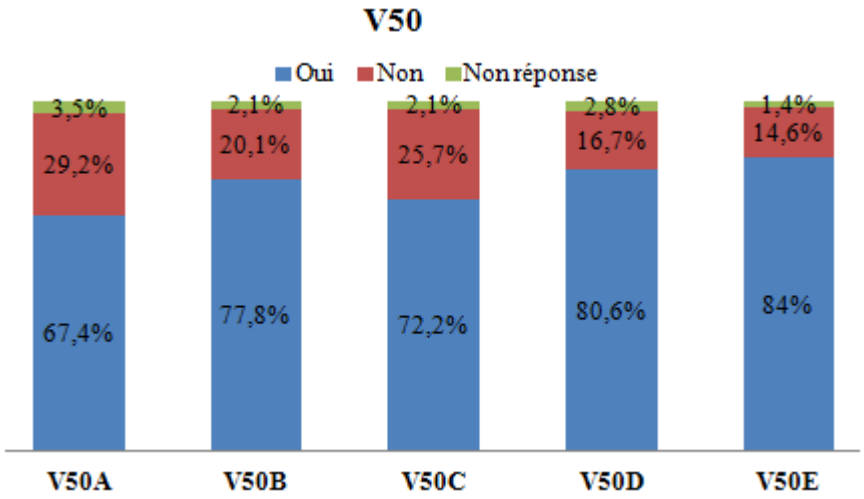


FIGURE 80 – *Effets du TNI sur certains aspects de l'apprentissage des élèves*

Pour connaître les impacts des interactions élèves-élèves médiées par le TNI, nous avons posé la question suivante (V33A_élèves) : *le TNI t'a-t-il aidé à mieux discuter avec tes camarades sur les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme le montre la figure 81 ci-après, 59 % des élèves interrogés disent que le TNI aide à mieux discuter avec les camarades sur les fractions. 39,6% d'entre eux disent non. 1,4% des élèves interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les élèves apprécient la capacité du TNI à favoriser les interactions entre les élèves dans la classe. Pour ceux-ci, cet outil numérique joue un rôle dans la compréhension des fractions en aidant à interagir entre eux.

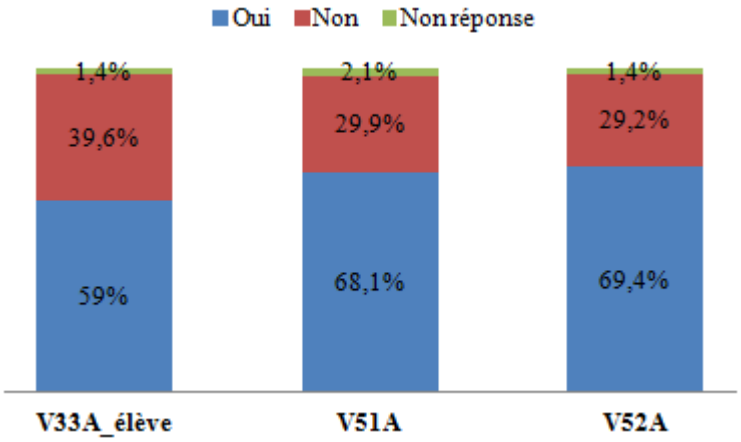


FIGURE 81 – *Réponses des élèves aux questions V33A_élèves, V51A et V52A*

Nous voulons maintenant tester à l'aide du test Khi-deux s'il y a un consensus sur ces résultats. Nous ne montrons ci-après que quelques résultats du croisement avec les variables où nous avons trouvé une différence significative[65]. Le croisement de la variable V33A_élèves avec la variable V46A (*as-tu aimé l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI ?*), nous montre qu'il y a une différence significative entre les élèves ayant dit qu'ils aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI et ceux qui n'aiment pas cet apprentissage par rapport aux effets des interactions élèves-élèves médiées par le TNI sur leur apprentissage. En consultant le tableau 2, en annexe 38, nous trouvons que sur 129 élèves disant qu'ils aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI, 84 ont répondu oui que les interactions élèves-élèves, médiées par le TNI, aident les élèves à mieux comprendre leurs situations d'apprentissage. Tous les élèves ayant dit qu'ils n'aiment pas l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI, ont aussi répondu par la négative s'agissant des impacts interactions élèves-élèves sur l'apprentissage des élèves.

Le croisement entre cette variable (V33A_élèves) et la variable V48E (*les images présentées sont une aide pour comprendre les fractions*), nous montre également qu'il existe une différence significative entre les perceptions des élèves envers l'utilité des supports

65 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V33A_élèves avec les autres variables, voir annexe 38.

visuels et les effets cognitifs des interactions élèves-élèves médiées par le TNI. En consultant le tableau 6, en annexe 38, nous trouvons que sur 121 élèves ayant dit que les supports visuels du TNI constituent une aide cognitive pour l'apprentissage, 77 ont également un avis favorable sur les effets des interactions élèves-élèves à l'aide du TNI sur l'apprentissage des élèves. Sur 19 élèves déclarant que les supports visuels du TNI n'aident pas à l'apprentissage, 6 ont dit que les interactions entre eux les aident dans l'apprentissage. 13 sur 19 ont répondu non que les interactions élèves-élèves ne jouent pas de rôle cognitif sur l'apprentissage de ceux-ci.

En croisant la variable V33A_élèves avec la variable V30A_élèves (*quand le maître a utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, as-tu trouvé qu'il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude ?*), nous trouvons également qu'une différence significative existe entre ces deux variables. En consultant le tableau 9, en annexe 38, nous constatons que sur 85 élèves qui ont répondu par l'affirmative qu'en utilisant le TNI il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude, 62 ont aussi dit « oui » sur le fait que les interactions élèves-élèves aident ceux-ci à mieux comprendre les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Sur 57 élèves qui ont répondu qu'il n'y avait pas plus de discussions dans la classe que d'habitude, 34 ont répondu non que les interactions élèves-élèves n'ont pas d'impacts sur les apprentissages des élèves.

Le croisement entre cette variable (V33A_élèves) et la variable V50A (*quand le maître a utilisé le TNI, as-tu trouvé qu'il était plus facile de poser des questions au maître*), nous montre également qu'il existe une différence significative entre les perceptions des élèves envers l'utilité du TNI pour poser des question au maître et les effets cognitifs des interactions élèves-élèves médiées par le TNI. En consultant le tableau 10, en annexe 38, nous trouvons que sur 97 élèves ayant dit que le TNI facilite la pose de questions à l'enseignant, 72 ont également un avis favorable sur les effets des interactions élèves-élèves à l'aide du TNI sur l'apprentissage des élèves. Sur 42 élèves déclarant que le TNI n'aide pas à poser des questions, 12 ont dit que les interactions entre eux les aident dans l'apprentissage. 30 sur 42 ont répondu non que les interactions élèves-élèves ne jouent pas de rôle cognitif sur l'apprentissage de ceux-ci.

Ces résultats nous montrent que les élèves qui aiment l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI sont plus favorables aux effets des interactions élèves-élèves sur l'apprentissage de ceux-ci que les élèves n'aimant pas cet apprentissage. Plus les élèves aiment l'apprentissage avec le TNI, plus ils voient l'utilité des interactions entre eux. Les perceptions des élèves envers l'utilité des représentations visuelles des fractions à l'aide du

TNI jouent aussi un rôle dans les points de vue des élèves sur l'efficacité des interactions médiées par le TNI entre les élèves. Plus les élèves sont convaincus que les supports visuels du TNI aident les élèves, plus ils estiment que les interactions élèves-élèves aident ces derniers à apprendre et comprendre les fractions. Les perceptions des élèves envers le changement introduit dans la classe avec l'utilisation du TNI jouent également un rôle sur la pertinence des interactions entre les élèves. Plus les élèves estiment que l'usage du TNI a augmenté la discussion dans la classe, plus ils voient l'utilité des interactions sur leur apprentissage. En outre, les points de vue des élèves pour poser des questions à l'enseignant jouent un rôle sur leurs avis sur la pertinence des interactions médiées par le TNI entre les élèves.

Dans la question V33B_élèves, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V33A_élèves. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V33A_élèves. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cela nous permet de voir de plus près les raisons qui favorisent les élèves et celles qui les gênent dans l'apprentissage avec le TNI. Sachant que sur 85 élèves ayant répondu « oui » à la question V33A_élève, 57 (76%) ont donné une justification à leur réponse. Sur les réponses négatives, 33 élèves (60%) sur 55 ont justifié pourquoi ils pensent que les interactions entre eux n'aident pas dans l'apprentissage. Par rapport aux réponses données par les élèves disant que le TNI aide à discuter entre eux sur les fractions[66], nous constatons que les élèves de la première et de la deuxième réponses donnent une justification identique. Pour eux, le TNI favorise la discussion parce que chaque élève peut présenter son travail sur le TNI. Cela permet aux autres de poser des questions sur le travail présenté. Dans la troisième réponse, nous constatons que l'élève souligne que le TNI favorise l'interaction entre les élèves grâce aux supports visuels présentés sur le TNI. Dans les réponses négatives, nous constatons que les élèves de la première et de la deuxième réponses donnent une justification identique. Ils soulignent qu'ils n'ont pas le droit de discuter entre eux dans la classe. Dans la troisième réponse, l'élève indique qu'en classe les élèves discutent plutôt avec l'enseignant qu'entre eux.

Ces résultats nous montrent que les justifications des élèves ayant dit que le TNI favorise les interactions entre eux mettent l'accent sur les potentiels pédagogiques du TNI qui

66 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V33B_élèves avec la variable V33A_élèves, voir annexe 39.

les encouragent à discuter entre eux. Pour certains, les supports visuels jouent un rôle très important. Pour d'autres, la possibilité de présenter le travail devant toute la classe facilite la discussion entre les élèves. Dans les justifications des élèves répondant par la négative, nous remarquons que ces élèves ne soulignent pas les inconvénients du TNI : soit ils présentent les règles de la classe comme un obstacle dans la discussion entre eux, soit parce que la discussion avec l'enseignant est suffisante.

Pour comprendre les relations entre les élèves lors des interactions médiées par le TNI, nous avons posé la question suivante (V51A), *quand un élève a expliqué les fractions aux autres élèves en utilisant le TNI, as-tu mieux compris les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 81 ci-dessus, 68,1% des élèves interrogés comprennent mieux les fractions lorsqu'un élève explique aux autres ce qu'ils n'ont pas bien compris. 29,9% d'entre eux disent non. 2,1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats complètent ceux présentés dans la question V33A_élèves. Pour les élèves, lorsqu'ils s'entraident en utilisant le TNI, cela les aident à mieux comprendre. Ils trouvent que le TNI joue un rôle de facilitateur dans les explications échangées entre les élèves.

En ce qui concerne la question V51B, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V51A. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V51A. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cette comparaison nous permet de comprendre les réponses des élèves à la question V51A. Sachant que sur 98 élèves ayant répondu « oui » à la question V51A, 60 (61,2%) ont donné une justification à leurs réponses. Sur les réponses négatives, 30 élèves (69,8%) sur 43 ont justifié pourquoi ils estiment que les explications de leurs camarades ne les aident pas à mieux comprendre les fractions. Par rapport aux réponses données par les élèves disant qu'ils comprennent mieux les fractions quand un élève leur explique en utilisant le TNI[67], nous constatons que les élèves de la première, la deuxième et la troisième réponses donnent les mêmes justifications ou presque. Pour eux, un élève peut aider les autres à mieux comprendre parce que celui-ci explique avec des mots simples et faciles. Cela permet aux autres de comprendre les explications de cet élève par rapport à celles de l'enseignant. Dans les réponses négatives, nous constatons que dans la première réponse l'élève souligne que l'élève n'explique pas aussi bien que l'enseignant. Pour l'élève de la deuxième réponse, c'est parce

67 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V51B avec la variable V51A, voir annexe 40.

que l'enseignant a déjà bien expliqué. Dans la troisième réponse, l'élève souligne un problème que rencontrent les élèves quand ils passent au TNI. Pour lui, quand un élève passe au TNI, il a tellement « honte » qu'il n'arrive pas bien à expliquer aux autres.

Ces résultats nous montrent que les justifications des élèves ayant dit qu'ils sont en mesure de mieux comprendre quand un élève leur explique en utilisant le TNI se focalisent sur les mots et les expressions utilisés par l'élève. Pour ceux-ci, l'élève explique avec des mots simples. Cela permet de mieux comprendre ce qu'il dit. Sur les justifications des élèves répondant par la négative, nous remarquons que ces élèves donnent des motifs très variés. Pour certains, l'enseignant a déjà tout expliqué, donc il n'y a plus besoin d'explications. Pour d'autres, l'élève ne peut pas être à la hauteur de l'enseignant dans les explications soit parce qu'il ne sait pas, soit parce qu'il a honte quand il passe au TNI.

Pour connaître si les interactions entres les élèves jouent un rôle pour encourager ceux-ci à apprendre, nous avons posé la question suivante (V5A), *quand vous discutez entre vous (tes camarades et toi) avec le TNI, cela t'a-t-il donné envie d'apprendre les fractions ?*
Oui ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 81 ci-dessus, 69,4% des élèves interrogés estiment que les discussions avec les camarades en utilisant le TNI leur donnent envie d'apprendre les fractions. 29,2% d'entre eux disent non. 1,4% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats confortent ceux présentés dans la question V33A_élèves et V51A. Nous concluons que pour les élèves, le TNI, facilite les discussions entre les élèves et, entre eux et l'enseignant et il donne aux élèves l'envie d'apprendre. Du point de vue des élèves, cet instrument numérique joue à la fois un rôle cognitif et psychologique pour aider les élèves dans leur apprentissage.

Concernant la question V52B, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses à la question V52A. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V52A. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cette comparaison nous permet de comprendre les motifs des différents élèves s'agissant du rôle psychologique joué par les interactions entre les élèves. Sachant que sur 100 élèves ayant répondu affirmativement à la question V52A, 58 (58%) ont donné une justification à leurs réponses. Sur les réponses négatives, 22 élèves (52,4%) sur 42 ont justifié les raisons pour lesquelles les discussions entres eux leur donnent envie d'apprendre. En ce qui concerne les réponses données par les élèves disant que les discussions entre les élèves leur donnent envie

d'apprendre[68], nous constatons que, dans la première réponse, l'élève souligne qu'apprendre en groupe c'est mieux. Pour l'élève de la deuxième réponse, cela donne envie d'apprendre en raison de l'aspect multimédia inclus dans le TNI. Dans la troisième réponse, l'élève estime qu'apprendre en utilisant en le TNI est plus amusant. Dans les réponses négatives, nous constatons que les trois réponses sont identiques. Les élèves ne discutent pas trop entre eux.

Ces résultats nous montrent que les justifications des élèves ayant dit que les discussions médiées par le TNI entre les élèves leur donnent l'envie d'apprendre se répartissent sur plusieurs aspects du TNI. Pour certains, les discussions médiées par le TNI donnent l'envie d'apprendre parce que le travail en groupe est très pertinent. Pour d'autres, en raison de ses capacités multimédias, le TNI encourage les élèves à apprendre. Dans les justifications des élèves répondant par la négative, ceux-ci ne discutent pas trop entre eux sans ou avec le TNI. Nous remarquons que ces élèves n'adressent pas de critiques sur le TNI mais sur l'environnement de la classe où ils se trouvent.

5.2.3. Représentations des fractions à travers le TNI

Dans cette série de questions nous voulions étudier les perceptions des élèves envers les effets des supports multimodaux visuels et manipulables. Pour chaque support, nous avons posé une question visant à connaitre l'impact cognitif de celui-ci sur l'apprentissage des élèves. Nous avons également demandé aux élèves de justifier leurs réponses.

Pour étudier les effets cognitifs des supports visuels, nous avons posé la question suivante (V26A_élèves) : *le fait de voir les fractions présentées sur le TNI sous forme d'images en couleurs, cela t'a-t-il aidé à mieux comprendre les fractions ? Oui* ☐ *Non* ☐

Comme on le voit dans la figure 82 ci-après, 76,4% des élèves interrogés estiment que la représentation visuelle des fractions sur le TNI les aide à mieux comprendre les fractions. 20,8% d'entre eux disent que non. 2,8% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les élèves ont un avis favorable par rapport aux effets cognitifs des supports visuels sur leur apprentissage. Ils apprécient donc le rôle joué par les supports visuels pour les aider à apprendre les fractions.

68 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V52B avec la variable V52A, voir annexe 41.

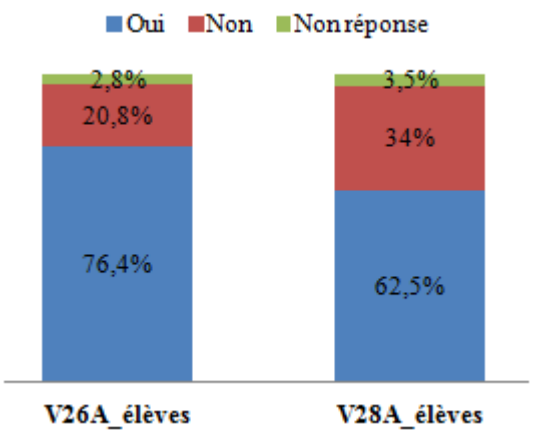


FIGURE 82 – *Perception des élèves envers les effets des représentations visuelles et manipulables sur leur apprentissage*

Nous voulons maintenant tester à l'aide du Khi-deux s'il y a un consensus sur ces résultats. Nous ne montrons ci-après que quelques résultats du croisement avec les variables où nous avons trouvé une différence significative[69]. Le croisement de la variable V26A_élèves avec la variable de pratiques pédagogiques de l'enseignant avec le TNI (V47A) nous montre qu'il y a une différence significative entre les perceptions des élèves envers l'utilité des pratiques de leurs enseignants par rapport aux effets des supports visuels sur l'apprentissage des élèves. En consultant le tableau 3, en annexe 42, nous trouvons que sur 117 élèves disant que les pratiques de leurs enseignants les aident à comprendre les fractions, 99 ont dit que les supports visuels du TNI les aident cognitivement dans leur apprentissage. Sur 20 élèves qui disent que les pratiques de l'enseignant n'aident pas à comprendre les situations d'enseignement-apprentissage, 12 ont un avis favorable sur les effets des supports visuels sur l'apprentissage.

En croisant la variable V26A_élèves et la variable V48A (*qu'as-tu aimé dans l'utilisation du TNI concernant les leçons sur les fractions? C'est plus facile de discuter avec le maître*), nous trouvons qu'il y une différence entre les points de vue des élèves envers l'utilité du TNI pour favoriser la discussion avec l'enseignant et leurs perceptions envers les impacts des supports visuels sur l'apprentissage. En consultant le tableau 4, en annexe 42, nous trouvons que sur 94 élèves disant qu'avec le TNI c'est plus facile de discuter avec l'enseignant, 83 élèves estiment que les supports visuels constituent un élément aidant les élèves dans leur apprentissage. De même, sur 43 élèves confirmant que le TNI ne facilite pas

69 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de variable V26A_élèves avec les autres variables, voir annexe 42.

la discussion avec l'enseignant, 25 d'entre eux sont favorables s'agissant de l'utilité des représentations visuelles sur l'apprentissage.

Le croisement entre la variable V33A_élèves (*les perceptions des élèves envers les apports du TNI pour favoriser les interactions entre les élèves eux-mêmes*) avec la variable V26A_élèves, nous montre également qu'il existe une différence entre les points de vue des élèves sur la capacité du TNI à soutenir l'interaction entre les élèves et la réponse à la question V26A_élèves. En consultant le tableau 14, en annexe 42, nous trouvons que sur 83 élèves disant que le TNI aide à mieux discuter entre les élèves, 73 élèves sont aussi favorables aux représentations visuelles aidant les élèves à apprendre cette notion mathématique.

En croisant la variable V26A_élèves et la variable V28A_élèves (*quand tu as utilisé le TNI avec tes doigts ou avec le stylet, cela t'a-t-il aidé à mieux comprendre les fractions ?*), nous trouvons qu'il y une différence entre les perceptions des élèves envers l'utilité des supports manipulables et leurs perceptions envers les impacts des supports visuels sur l'apprentissage. En consultant le tableau 17, en annexe 42, nous trouvons que sur 88 élèves disant que les manipulations physiques des fractions sur le TNI facilitent l'apprentissage, 75 élèves estiment que les supports visuels constituent un élément les aidant.

Ces résultats nous montrent que les élèves qui estiment que les pratiques de leurs enseignants sur l'utilisation du TNI les aidant à comprendre les situations d'enseignement-apprentissage sont plus favorables aux effets des supports visuels sur l'apprentissage de ceux-ci que les élèves qui n'apprécient pas l'utilité des pratiques de l'enseignant. Les perceptions des élèves envers l'importance du TNI pour favoriser la discussion avec l'enseignant jouent aussi un rôle dans les points de vue des élèves sur les impacts des représentations visuelles des fractions sur le TNI. Plus les élèves sont convaincus que le TNI aide à mieux discuter avec l'enseignant, plus ils estiment que les supports visuels aident les élèves à mieux apprendre et comprendre les fractions. De même, les points de vue des élèves envers l'utilité du TNI pour soutenir l'interaction entre les élèves jouent aussi un rôle dans les points de vue des élèves sur les impacts des représentations visuelles des fractions sur le TNI. En outre, les perceptions des élèves envers l'utilité des supports manipulables sur le TNI jouent un rôle sur les points de vue des élèves sur la pertinence des supports visuels. Plus les élèves estiment l'importance des supports manipulables, plus ils apprécient l'efficacité des supports visuels.

À la question V26B_élèves, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V26A_élèves. Nous avons croisé les réponses données à cette avec celles de la question V26A_élèves. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cela nous permet

de comprendre les points de vue de deux catégories d'élèves, affirmant ou non l'utilité des supports visuels. Sachant que sur 110 élèves ayant répondu « oui » à la question V26A_élève, 74 (67,3%) ont donné une justification à leurs réponses. Sur les réponses négatives, 15 élèves (50%) sur 30 ont justifié les raisons pour lesquelles ils pensent que les représentations visuelles des fractions sur le TNI ne les aident pas. Par rapport aux réponses données par les élèves disant que le TNI les aide à discuter entre eux[70], nous constatons que les élèves de la première et de la deuxième réponses donnent une justification identique. Pour eux, les images et les couleurs aident à mieux comprendre les situations d'enseignement-apprentissage. Dans la troisième réponse, nous remarquons que l'élève souligne que la présentation des fractions en couleurs aide à mieux comprendre la technique de partage et de fractionnement. Dans les réponses négatives, nous constatons que l'élève de la première réponse souligne qu'il préfère apprendre avec le tableau blanc ordinaire. Pour l'élève de la deuxième réponse, ce n'est pas les supports visuels qui favorisent l'apprentissage des fractions. Dans la troisième réponse, l'élève indique que les animations lui font perdre pied. Il n'arrive plus à suivre la situation d'enseignement.

Ces résultats nous montrent que les justifications des élèves ayant dit que les représentations visuelles des fractions sur le TNI constituent une aide cognitive pour les élèves se focalisent sur les bienfaits de ces supports. Pour eux, ces supports soutiennent très bien leur compréhension et leur apprentissage. Grâce à ces supports, ils maîtrisent les techniques de fractionnement et de partage. Dans les justifications des élèves répondant par la négative, nous remarquons que ces élèves donnent différentes raisons. Pour certains, la compréhension des situations d'enseignement-apprentissage ne provient pas des supports utilisés. Pour d'autres, ces supports peuvent être utiles mais les animations perturbent la situation d'enseignement-apprentissage.

Pour étudier les effets cognitifs des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves, nous avons posé la question suivante (V28A_élèves) : *quand tu as utilisé le TNI avec tes doigts ou avec le stylet, cela t'a-t-il aidé à mieux comprendre les fractions ? Oui* ☐*Non* ☐

Comme le montre la figure 82, plus de la moitié des élèves (62,5%) est favorable et les manipulations physiques des fractions par les élèves sur le TNI constituent une aide cognitive pour ceux-ci. 34% d'entre eux ne pensent pas que ces supports peuvent les aider. 3,5% des élèves interrogés n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les

70 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V26B_élèves avec la variable V26A_élèves, voir annexe 43.

élèves sont favorables aux effets cognitifs des supports manipulables. Ils trouvent que les manipulations kinesthésiques des fractions jouent un rôle pour les aider à apprendre les fractions.

Nous voulons maintenant tester à l'aide du Khi-deux si ces résultats sont unanimes. Pour ce faire, nous avons croisé cette variable (V28A_élèves) avec une série de variables. Nous ne montrons ci-après que quelques résultats du croisement avec les variables où nous avons trouvé une différence significative[71]. Le croisement de la variable V28A_élèves avec la variable V47A (*le TNI t'a-t-il aidé à apprendre les fractions ?*) nous montre qu'il y a une différence significative entre les perceptions des élèves envers l'utilité du TNI par rapport aux effets des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. En consultant le tableau 1, en annexe 44, nous trouvons que sur 113 élèves disant que le TNI aide à l'apprentissage, 78 ont dit que les supports manipulables les aident cognitivement. Sur 24 élèves qui disent que le TNI n'aide pas à l'apprentissage, 10 ont un avis favorable sur les effets des manipulations physiques des fractions par les élèves.

En croisant la variable V28A_élèves et la variable V33A_élèves (*l'interaction élève(s)-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions*), nous trouvons qu'il y une différence entre les points de vue des élèves envers l'utilité du TNI pour favoriser la discussion entre les élèves par rapport aux impacts des supports manipulables. En consultant le tableau 9, en annexe 44, nous trouvons que sur 83 élèves disant que le TNI favorise l'échange et la discussion entre les élèves, 65 élèves estiment que les supports manipulables constituent un élément aidant les élèves dans leur apprentissage. De même, sur 56 élèves confirmant que le TNI ne pousse pas à la discussion entre les élèves, 25 d'entre eux sont favorables à l'utilité des manipulations kinesthésiques.

En croisant la variable V28A_élèves et la variable V26A_élèves (*le fait de voir les fractions présentées sur le TNI sous forme d'images en couleurs, cela t'a-t-il aidé à mieux comprendre les fractions ?*), nous trouvons qu'il y une différence entre les perceptions des élèves envers l'utilité des supports visuels et leur perception envers les impacts des supports manipulables. En consultant le tableau 12, en annexe 44, nous trouvons que sur 107 élèves disant que les supports visuels des fractions sur le TNI facilitent l'apprentissage, 75 élèves estiment que les manipulations physiques constituent un élément aidant les élèves. De même,

---

[71] Pour consulter les résultats détaillés de croisement de variable V28A_élèves avec les autres variables, voir annexe 44.

sur 30 élèves confirmant que les supports visuels du TNI ne les aident pas, 13 d'entre eux sont favorables à l'utilité des manipulations kinesthésiques sur l'apprentissage.

Ces résultats nous montrent que les élèves estimant que le TNI aide à l'apprentissage sont plus favorables aux effets des supports manipulables sur l'apprentissage de ceux-ci que les élèves estimant que le TNI ne les aide pas. Les élèves qui apprécient l'utilité du TNI dans l'apprentissage, apprécient également l'importance des manipulations physiques des fractions sur le TNI par les élèves. Les perceptions des élèves envers l'importance du TNI pour favoriser la discussion entre les élèves eux-mêmes jouent aussi un rôle dans les points de vue des élèves sur les impacts des manipulations kinesthésiques. Plus les élèves sont convaincus que le TNI les aide à discuter entre eux, plus ils estiment que les supports manipulables les aident à apprendre et comprendre les fractions. En outre, les perceptions des élèves envers l'utilité des supports visuels sur le TNI jouent un rôle sur les points de vue des élèves sur la pertinence des manipulations physiques. Plus les élèves estiment l'importance des supports visuels sur l'apprentissage, plus ils apprécient l'efficacité des supports manipulables sur l'apprentissage.

En ce qui concerne la question V28B_élèves, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V28A_élèves. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V28A_élèves. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cette comparaison nous permet d'avoir des preuves plus concrètes sur les motifs de choix des élèves. Sachant que sur 90 élèves ayant répondu « oui » à la question V28A_élèves, 59 (65,5%) ont donné une justification à leurs réponses. Sur les réponses négatives, 27 élèves (55,1%) sur 49 ont justifié les raisons pour lesquelles ils estiment que les supports manipulables des fractions sur le TNI ne les aident pas. Par rapport aux réponses données par les élèves disant que les manipulations physiques sur TNI aident à l'apprentissage des fractions[72], nous constatons que les élèves de la première et la troisième réponses montrent que quand ils pratiquent et font des exercices sur le TNI, ils comprennent mieux. Pour ceux-ci, les interactions avec l'instrument mis à leurs dispositions les aident à mieux comprendre les situations d'apprentissage. Dans la deuxième réponse, nous remarquons que l'élève indique l'aspect de la mémorisation. Il préfère pratiquer sur le TNI parce que cela l'aide à mémoriser. Dans les réponses négatives, nous constatons que les

72 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V28B_élèves avec la variable V28A_élèves, voir annexe 45.

élèves de la première et la deuxième réponse souligne que les manipulations physiques n'ont pas changé leur compréhension des situations d'apprentissage sur les fractions. Dans la troisième réponse, l'élève indique qu'on n'utilise pas beaucoup le TNI. Cela nous amène à poser la question suivante : dans cette classe est-ce l'enseignant qui n'utilise-t-il pas beaucoup le TNI ? Ou est-ce les élèves qui n'ont pas le droit d'utiliser le TNI ?

Ces résultats nous montrent que les justifications des élèves ayant dit que les manipulations kinesthésiques des fractions sur le TNI constituent une aide cognitive pour les élèves dans leur apprentissage se focalisent sur les résultats de ces supports. Pour ceux-ci, ces supports favorisent leur compréhension, leur apprentissage et leur mémorisation. Dans les justifications des élèves répondant par la négative, nous remarquons que ces élèves soulignent que ces supports ne changent rien dans leur compréhension et leur apprentissage des situations-problèmes.

5.2.4. Modalités d'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions

Dans cette section, nous posons des questions visant à connaître la façon dont les élèves préfèrent utiliser le TNI et connaître les contextes dans lesquels les élèves préfèrent utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes et en individuel.

En ce qui concerne la question V53A, nous avons posé la question suivante : *as-tu préféré utiliser le TNI pour les leçons sur les fractions en :*

Grand groupe ☐ *Petits groupes* ☐ *Individuel* ☐

Comme on le voit dans la figure 83, 36% des élèves préfèrent apprendre en grand groupe, 42% d'entre eux en petits groupes et 21% en individuel. Seulement 1% des élèves n'ont pas répondu à cette question. Ces résultats nous montrent que les avis des élèves sont partagés.

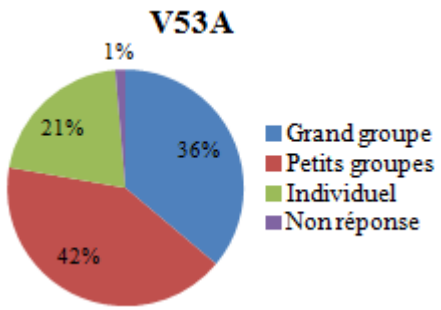


FIGURE 83 – *Préférence des élèves pour les modalités d'usage du TNI*

Nous voulons maintenons croiser ces résultats avec quelques variables pour savoir s'il y a des dépendances entre ces variables. Nous avons croisé la variable V53A avec toutes les

autres variables. Nous avons trouvé qu'il y a une dépendance entre trois variables principalement (voir annexe 46). Le croisement de la variable V53A avec la variable V2 (*classe des élèves*), nous montre qu'il y a une différence significative entre les élèves de CM1 et de CM2 sur la modalité préférée d'utilisation du TNI. En consultant le tableau 1, en annexe 46, nous trouvons que les élèves de CM1 préfèrent apprendre en petits groupes alors que les élèves de CM2 sont plutôt favorables en grand groupe ou éventuellement en individuel. Sur 60 élèves préférant apprendre en petits groupes, 40 d'entre eux appartiennent à la classe de CM1. Sur 52 élèves préférant apprendre en grand groupe, 31 d'entre eux sont en CM2. Sur 30 élèves préférant apprendre en individuel, 17 élèves appartiennent à la classe de CM2 et 13 à la classe de CM1.

En croisant la variable V53A et la variable V48B (*c'est plus facile de discuter avec les camarades*), nous trouvons qu'il y une différence entre les points de vue des élèves envers l'utilité du TNI pour favoriser la discussion entre les élèves envers les modalités préférées d'apprentissage des fractions. En consultant le tableau 1, en annexe 46, nous trouvons que les élèves disant que le TNI favorise la discussion entre les élèves préfèrent utiliser le TNI en petits groupes ou éventuellement en individuel. Par contre les élèves répondant négativement préfèrent apprendre en grand groupe. Sur 79 élèves disant que le TNI soutient l'échange et la discussion entre les élèves, 39 élèves préfèrent apprendre en petits groupe. De même, sur 61 élèves confirmant que le TNI n'aide pas à la discussion entre les élèves, 29 d'entre eux sont favorables à l'utilisation du TNI en grand groupe.

En croisant la variable V53A et la variable V48G (*cela me donne envie de participer à la leçon*), nous trouvons qu'il y une différence entre les perceptions des élèves envers l'utilité du TNI pour favoriser la participation des élèves envers leurs modalités préférées. En consultant le tableau 3, en annexe 46, nous trouvons que les élèves disant que le TNI permet de participer à la situation d'enseignement-apprentissage préfèrent apprendre en petits groupes ou éventuellement en individuel. Les élèves répondant négativement à la question V48G préfèrent apprendre en grand groupe. Sur 116 élèves disant que l'usage du TNI augmente la participation des élèves aux situations d'apprentissage, 55 élèves préfèrent apprendre en petits groupes et 25 en individuel. De même, sur 26 élèves confirmant que l'usage du TNI n'améliore pas la participation des élèves, 16 d'entre eux préfèrent apprendre en grand groupe.

Ces résultats nous montrent que le niveau de la classe joue un rôle dans la préférence des modalités d'utilisation du TNI. Les perceptions des élèves envers l'importance du TNI pour favoriser la discussion entre les élèves jouent aussi un rôle dans les modalités préférées.

Plus les élèves sont convaincus que le TNI aide à discuter entre eux, plus ils s'orientent vers le travail en petits groupes. Plus les élèves trouvent que le TNI n'aide pas à soutenir la discussion entre eux, plus ils préfèrent utiliser le TNI en grand groupe. En outre, les perceptions des élèves envers l'utilité du TNI pour améliorer la participation des élèves à la situation d'enseignement-apprentissage jouent aussi un rôle sur leurs modalités préférées pour utiliser cet instrument. Plus les élèves estiment que le TNI augmente leurs participations à la situation d'enseignement, plus ils préfèrent utiliser le TNI en petits groupes et éventuellement en individuel.

Concernant la question V53B, nous avons demandé aux élèves de justifier leurs réponses données à la question V53A. Nous avons croisé les réponses données à cette question avec celles de la question V53A. Nous comparons les justifications données par les élèves ayant répondu par l'affirmative avec ceux qui ont répondu par la négative. Cette comparaison nous permet de comprendre les points de vue des élèves choisissant chaque modalité du TNI. Sachant que sur 52 élèves ayant dit qu'ils préfèrent utiliser le TNI en grand groupe, 31 (59,6%) ont donné une justification à leurs réponses. Sur les réponses concernant les petits groupes, 38 élèves (63,3%) sur 60 ont justifié les raisons pour lesquelles ils préfèrent apprendre en petits groupes. Pour les élèves répondant qu'ils préfèrent l'usage individuel, 19 élèves (63,3%) sur 30 ont donné une justification à leurs réponses. Par rapport aux réponses données par les élèves préférant apprendre en grand groupe[73], nous constatons que l'élève de la première réponse souligne qu'en grand groupe il peut profiter des idées de tout le monde. Dans la deuxième réponse, nous remarquons que l'élève indique qu'il préfère le grand groupe parce que s'il ne comprend pas une situation, les autres peuvent l'aider. Pour l'élève de la troisième réponse, lorsqu'on fait des fautes, on peut les comprendre grâce aux autres. Dans les réponses des petits groupes, nous constatons que les trois réponses sont identiques. Les élèves préfèrent apprendre en petits groupes parce que cette modalité est plus pratique que les autres modalités. Ils ajoutent qu'il est préférable d'apprendre en petits groupes. Sur les réponses individuelles, nous constatons que l'élève de la première réponse souligne que c'est plus facile et qu'il comprend mieux son travail. Pour lui, utiliser le TNI en individuel l'aide à s'isoler du bruit autour de lui. Cela l'aide également à augmenter sa confiance en lui. Dans la deuxième réponse, l'élève souligne que de cette façon il utilise plus le TNI. Pour l'élève de la

73 Pour consulter les résultats détaillés de croisement de la variable V53B avec la variable V53A, voir annexe 47.

troisième réponse, l'utilisation du TNI en individuel permet de mieux comprendre les situations d'apprentissage et de surmonter ses difficultés.

L'analyse de ces résultats nous montre que les justifications des élèves préférant apprendre en grand groupe se focalisent sur un public très large. Dans ces justifications, les élèves montrent qu'ils attendent les aides des autres. Pour ceux-ci, apprendre en grand groupe garantit que les autres peuvent expliquer ou corriger les fautes d'un élève intervenant sur le TNI. Nous remarquons que les justifications des élèves appréciant l'utilisation du TNI en petits groupes se concentrent sur les résultats de cette modalité du travail. Pour eux, c'est mieux d'apprendre en petits groupes. En ce qui concerne les justifications des élèves préférant apprendre en individuel, nous remarquons que ces justifications se focalisent avant tout sur l'aspect personnel de l'élève répondant à la question. Cet élève fait part de ses difficultés, puis il montre que le TNI peut l'aider à résoudre ses problèmes. D'autres justifications souligne qu'en suivant cette modalité, il y a plus de chance que le TNI soit utilisé par l'élève. Nous constatons également que les élèves préférant cette modalité utilisent plutôt le « je » dans leurs justification alors que pour les grands et petits groupes les élèves ne parlent pas en leur nom. Pour ces derniers ceux-ci emploient plutôt l'expression « c'est » dans leurs réponses.

Pour connaître les contextes dans lesquels les élèves préfèrent utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes et en individuel, nous avons proposé aux élèves une série d'activités[74] en demandant de choisir les trois activités les plus importantes pour apprendre selon la modalité indiquée.

Pour les élèves de CM1, nous avons proposé les activités suivantes :

- *Savoir ce qu'est une fraction ;*
- *Apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…) ;*
- *Utiliser les fractions dans des situations de partage ;*
- *Utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs ;*
- *Représenter à l'aide de dessins (cercle, carré, rectangle…) une fraction donnée ;*
- *Placer des fractions sur une droite graduée*.

Le traitement des classements des activités préférées en grand groupes (V54_CM1) par les élèves de CM1, nous a fourni les résultats suivants (voir figure 84). Comme on le voit, les trois activités les plus importantes pour apprendre en grand groupe par les élèves de CM1

74 Ces activités constituent les éléments essentiels pour les compétences attendues à la fin de la classe de CM1/CM2 selon les programmes scolaires de 2008. Elles ont été traitées dans la classe de CM1/CM2 où nous avons réalisé notre observation.

sont : utiliser les fractions dans des situations de partage, apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…), placer les fractions sur une droite graduée.

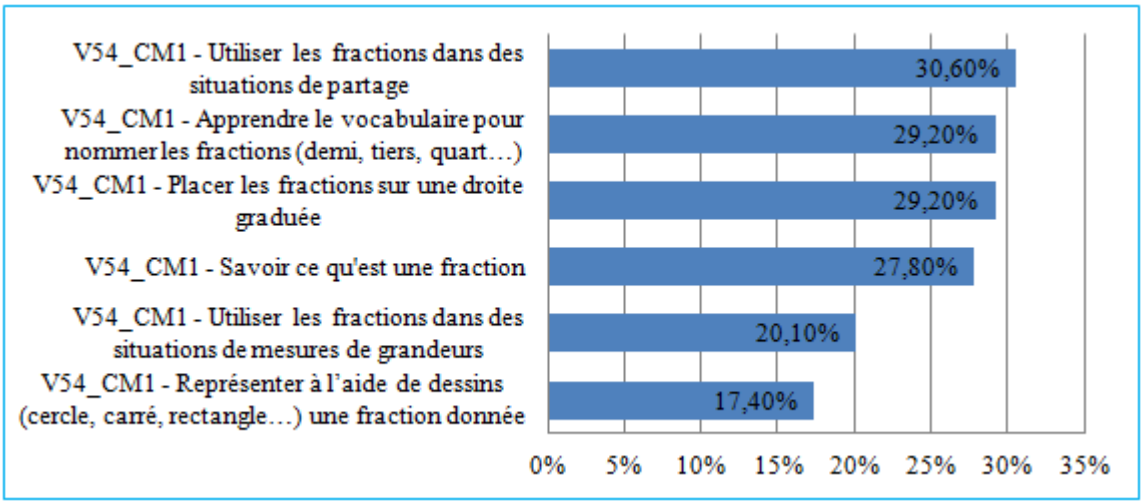


FIGURE 84 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en grand groupe selon les élèves de CM1*

En ce qui concerne les activités préférées réalisées en petits groupes (V55_CM1) par les élèves de CM1, nous avons obtenu les résultats suivants (voir figure 85). Cette figure nous montre que les trois activités préférées des élèves de CM1en petits groupes sont : placer des fractions sur une droite graduée, apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…), savoir ce qu'est une fraction.

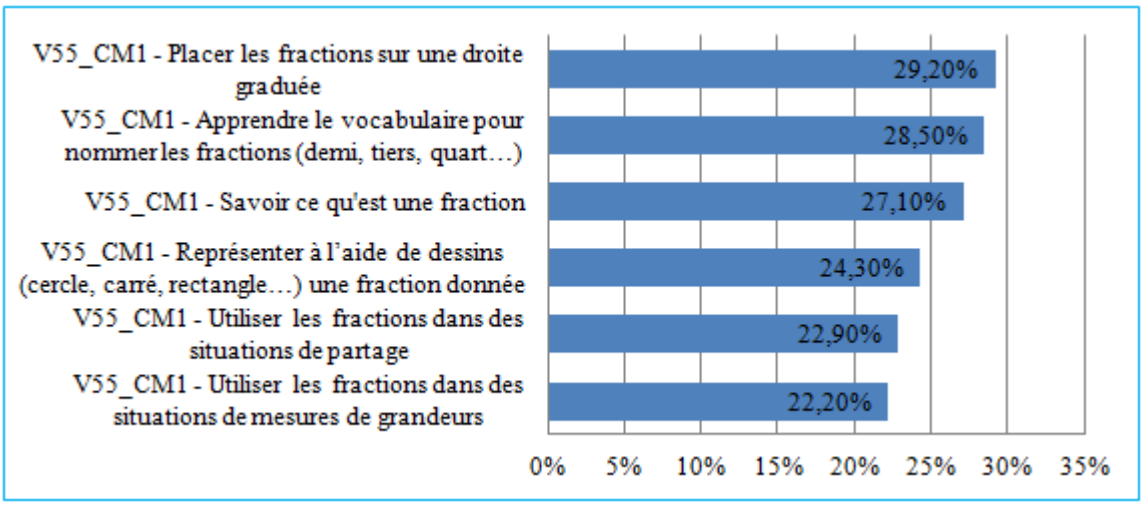


FIGURE 85 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en petits groupes selon les élèves de CM1*

En individuel (V56_CM1), les élèves de CM1 soulignent qu'ils préfèrent apprendre les activités suivantes (voir figure 86). Comme on le voit dans cette figure, les trois activités

les plus importantes en individuel sont : savoir ce qu'est une fraction, placer des fractions sur une droite graduée, apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…).

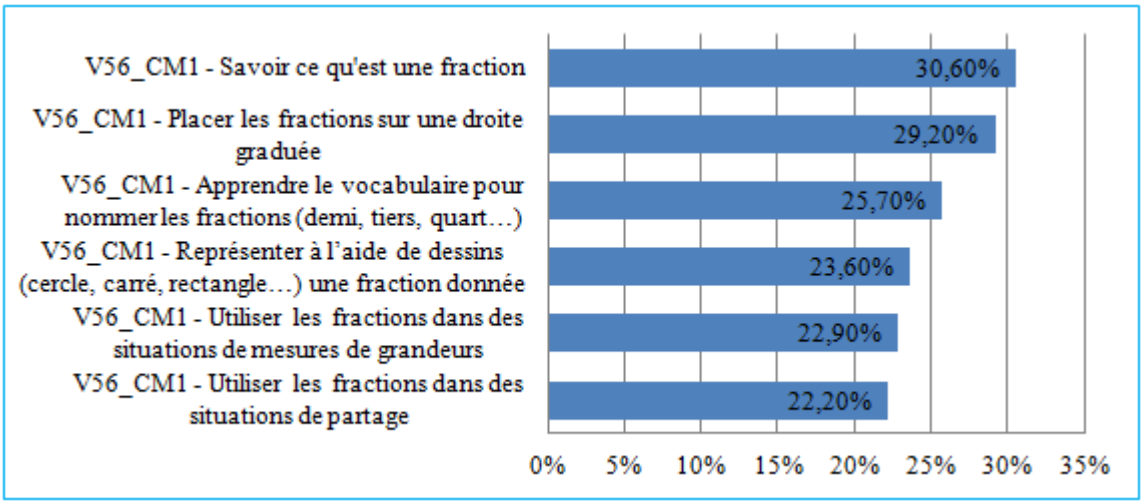


FIGURE 86 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en individuel selon les élèves de CM1*

Concernant les élèves de CM2, nous avons proposé les activités suivantes :

- *Utiliser les fractions dans des situations de partage ;*
- *Utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs ;*
- *Encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs ;*
- *Ecrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1 ;*
- *Ajouter deux fractions simples de même dénominateur ;*
- *Comparer une série des fractions ;*
- *Ranger les fractions par ordre croissant ou décroissant*.

Le traitement des classements des activités préférées réalisées en grand groupes (V54_CM2) par les élèves de CM2, nous a fourni les résultats suivants (voir figure 87). Comme on le voit dans cette figure, les trois activités les plus importantes réalisées en grand groupe par les élèves de CM2 sont : utiliser les fractions dans des situations de partage, encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs, utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs.

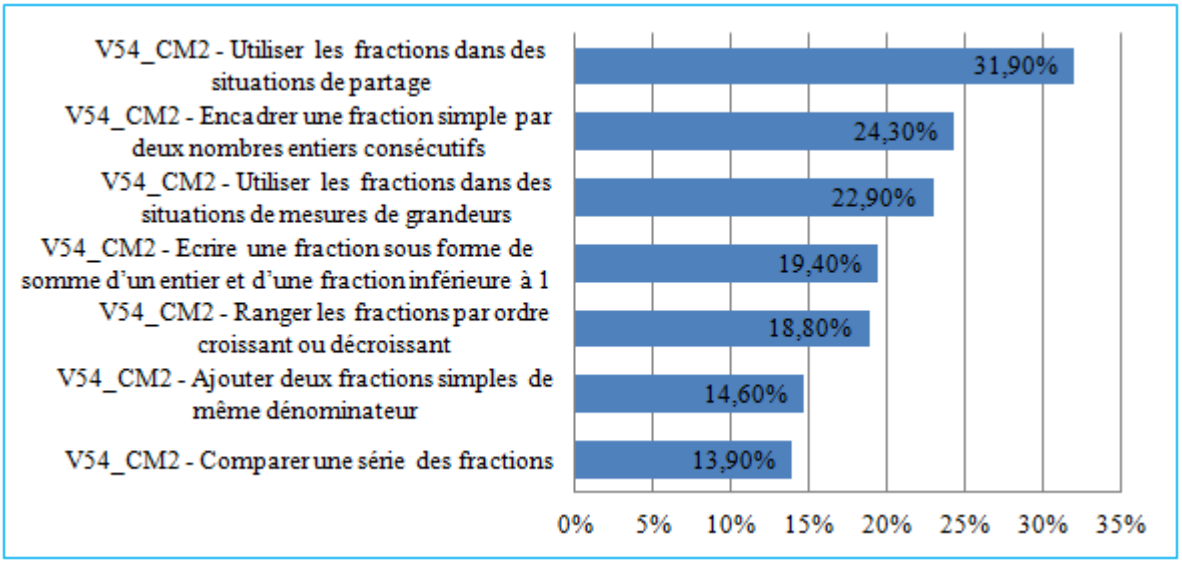


FIGURE 87 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en grand groupe selon les élèves de CM2*

En ce qui concerne les activités préférées réalisées en petits groupes (V55_CM2) par les élèves de CM2, nous avons obtenu les résultats suivants (voir figure 88). Cette figure nous montre que les trois activités que les élèves de CM2 préfèrent apprendre en petits groupes sont : encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs, utiliser les fractions dans des situations de partage, écrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1.

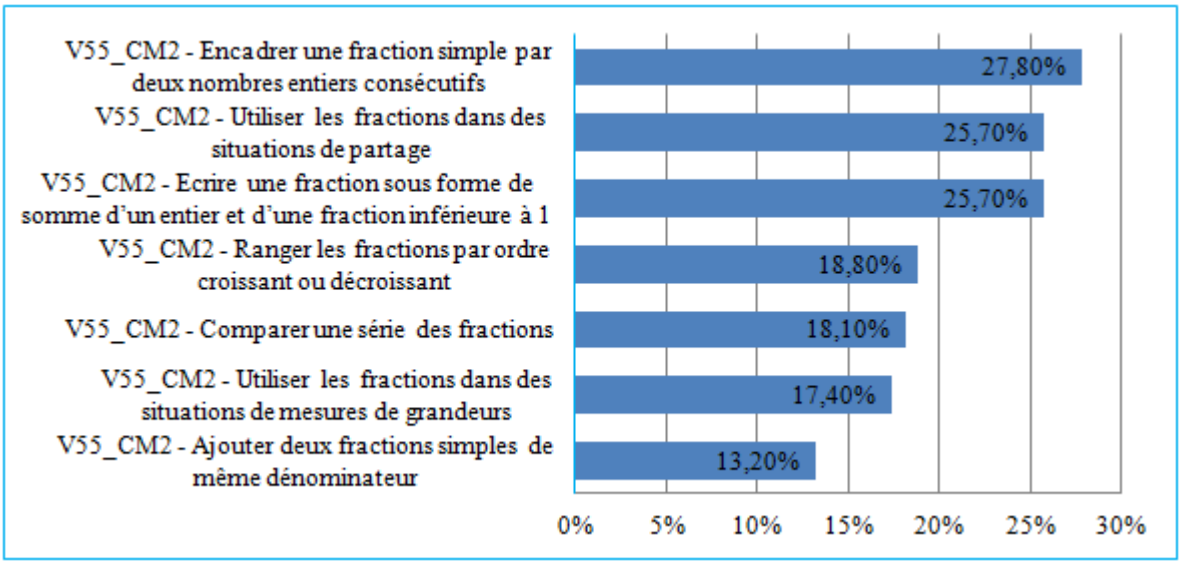


FIGURE 88 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en petits groupes selon les élèves de CM2*

En individuel (V56_CM2), les élèves de CM2 soulignent qu'ils préfèrent apprendre les activités suivantes (voir figure 89). Comme on le voit dans cette figure, les trois activités

les plus importantes en individuel sont : encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs, ranger les fractions par ordre croissant ou décroissant, comparer une série des fractions.

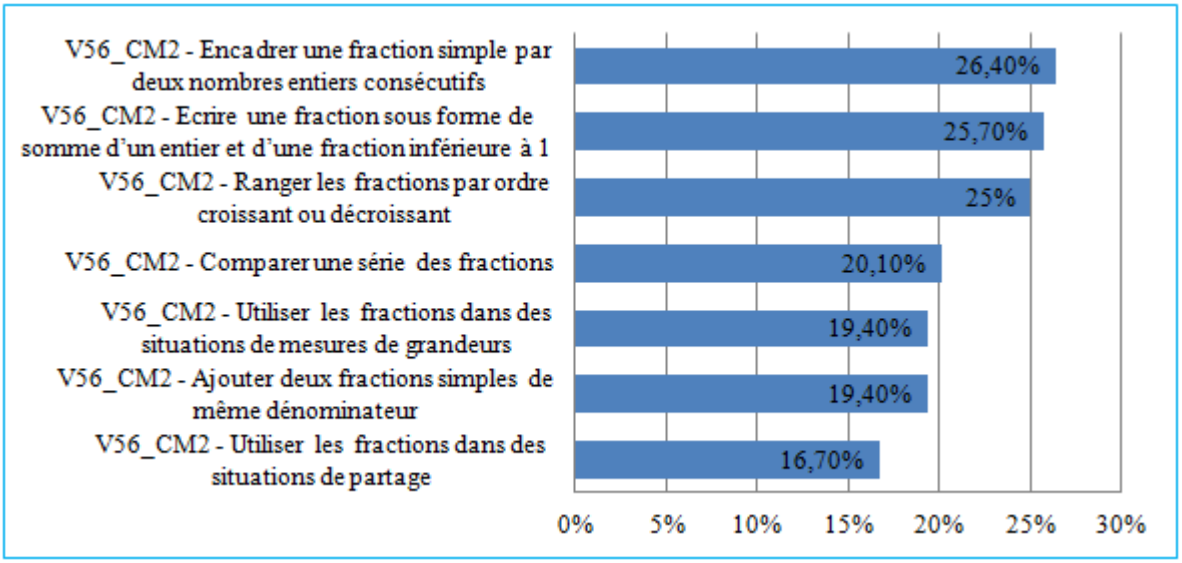


FIGURE 89 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en individuel selon les élèves de CM2*

Les résultats obtenus d'après les classements donnés par les élèves de CM1 et de CM2, nous montrent qu'il n'y a pas de grandes différences entre les trois activités réalisées par les élèves en grand groupe, en petits groupes ou en individuel. On voit qu'au moins une de ces trois activités se répète dans les trois modalités. Nous remarquons également qu'en grand groupe les élèves préfèrent utiliser les fractions dans des situations de partages. Par contre, en petits groupes ou en individuel, ils préfèrent apprendre certaines opérations sur les fractions : encadrement, rangement, comparaison, etc.

5.2.5. Avantages et limites d'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions

Dans cette section, nous voulions connaître les points positifs et négatifs de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Nous avons posé une question sur chaque aspect. Concernant les avantages de l'utilisation du TNI, nous avons posé la question suivante (V38_élèves) : *quels sont pour toi les trois avantages principaux de l'utilisation du TNI pour les leçons sur les fractions ?* 130 élèves (90,3% des élèves interrogés) ont répondu à cette question. 14 élèves (9,7%) n'ont pas répondu. 64 élèves ont cité trois avantages sur l'utilisation du TNI, 105 d'entre eux n'ont cité que 2 avantages de cet usage (ils ont donné le premier et le deuxième apport de l'utilisation du TNI). 130 élèves ont signalé au moins un point positif de leur utilisation du TNI. 25 élèves sur 144 n'ont cité

que le premier apport sur l'utilisation du TNI. Ils n'ont donné ni le deuxième, ni le troisième avantage de cet usage. Pour traiter les réponses obtenues, nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Le traitement et l'analyse de ces réponses, nous ont fourni les résultats suivants :

40 élèves sur 130 ont dit que l'avantage de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions est le support visuel permettant aux élèves de bien voir tous les écrits sur le tableau. Cela permet à chaque élève de voir les travaux des autres et de les comparer avec le sien. L'aspect visuel conduit également les élèves à repérer plus facilement les erreurs dans les travaux présentés sur le tableau. Pour 34 élèves sur 130 la possibilité d'aller chercher des exercices sur Internet est un avantage considérable de l'utilisation du TNI. Pour eux, cela permet d'avoir des situations-problèmes très variées et souvent animées. 28 élèves sur 130 ont cité que l'avantage de l'utilisation du TNI est l'ergonomie du travail de cet instrument : tactile, possibilité de déplacer des objets, interagir en utilisant les doigts, écriture plus facile, plus d'outils au service de l'enseignement-apprentissage, agrandir les documents projetés, possibilité de changer les couleurs et de souligner sans règle, pouvoir changer l'explication au tableau plus vite, etc. Pour 22 élèves sur 130 les exercices et les images en couleurs constituent un apport important de l'usage du TNII en classe. Ils soulignent que ces supports visuels aident à mieux comprendre. 13 élèves sur 130 ont souligné que le TNI permet d'apprendre mieux et plus vite. Pour 10 élèves sur 130 le TNI permet de mieux représenter les fractions. 10 élèves sur 130 soulignent que le TNI ne salit pas les mains. Pour 9 élèves sur 130 c'est plus facile pour apprendre. Pour 8 élèves sur 130 la présentation visuelles des fractions sur le TNI est plus claire. Les élèves repèrent bien les relations entre les parties fractionnées et l'unité. 11 élèves sur 130 indiquent que le TNI permet d'utiliser des ressources multimédias : vidéo, documents animés en ligne, etc. 3 de ces 11 élèves soulignent que ces ressources permettent de voir différentes situations de partage. Pour 7 élèves sur 130 l'apprentissage est plus pratique. Pour 7 élèves sur 130 la possibilité de présenter le travail de chacun est un avantage de l'utilisation du TNI. 7 élèves sur 130 ont dit que le TNI permet de favoriser la discussion dans la classe à la fois avec l'enseignant et avec les élèves. Les élèves peuvent s'entraider plus facilement. Pour 6 élèves sur 130 l'utilisation du TNI motive, attire l'attention des élèves. Pour eux, le TNI rend l'apprentissage plus intéressant. Pour 5 élèves sur 130 le TNI permet de mieux travailler en groupe. 3 élèves sur 130 ont cité que le plus grand avantage de l'utilisation du TNI ce sont les traces sauvegardées de tous les travaux réalisés dans la classe. Ces traces permettent de revoir le travail et de réviser tous ensemble. Elles permettent aussi de comparer les situations d'enseignement-

apprentissage. Les élèves soulignent qu'avec cette fonction, ils peuvent rapidement retrouver une séance faite auparavant. Pour 3 élèves sur 130 c'est le fait de travailler tous ensemble sur le même exercice. Pour 3 élèves sur 130 c'est la participation accrue des élèves. Pour 2 élèves sur 130 le TNI aide à retenir plus facilement les situations d'enseignement apprises dans la classe. 3 élèves sur 130 ont répondu qu'ils ne savaient pas. Enfin, les points suivants : le TNI aide à mémoriser le travail fait en classe, l'utilisation aide à réfléchir, les situations d'enseignement-apprentissage sont plus vivantes et plus dynamiques, ont été soulignés une seule fois comme un avantage de l'utilisation du TNI.

L'analyse de ces résultats nous montre qu'ils sont en harmonie avec ceux obtenus par les enseignants (V38_enseignants). Ces résultats nous montrent que l'aspect visuel de l'utilisation du TNI joue un très grand rôle pour favoriser l'apprentissage des élèves. Pour ceux-ci, l'aspect visuel augmente leur motivation et attire leur attention. Les élèves apprécient également l'accès à l'Internet comme un avantage de l'utilisation du TNI. Pour ceux-ci, cela permet d'accéder à de nombreuses ressources pouvant être animées et interactives. Cela constitue un élément aidant les élèves dans leur apprentissage. Les élèves mettent aussi en lumière la possibilité d'enregistrer tous les travaux présentés sur le TNI pour l'utilisation à venir. Ces traces permettent également de réviser, de revoir les procédures de résolutions de problèmes, de comparer les travaux des élèves avec la bonne méthode présentée auparavant. Les élèves sont favorables aux représentations visuelles et manipulables des fractions sur le TNI. Ils soulignent que le TNI aide à représenter plus facilement les fractions. Cette représentation les aide également à bien comprendre la technique de fractionnement et de partages.

Concernant les limites de l'utilisation du TNI, nous avons posé la question suivante (V39_élèves) : *selon toi, quelles sont les trois limites principales de l'utilisation du TNI pour les leçons sur les fractions ?* 86 élèves (59,7% des élèves interrogés) ont répondu à cette question. 58 élèves (40,3%) n'ont pas répondu. 18 élèves ont donné trois inconvénients de l'utilisation du TNI dans les situation d'enseignement-apprentissage des fractions, 19 d'entre eux n'ont cité que deux limites de cet usage (ils ont donné le premier et le deuxième inconvénient de l'utilisation du TNI). 86 élèves ont signalé au moins une limite à leur utilisation du TNI. 49 élèves sur 144 n'ont cité que le premier inconvénient de l'utilisation du TNI : ils n'ont donné ni le deuxième, ni le troisième. Pour traiter les réponses obtenues, nous les avons regroupées selon leurs thèmes. Le traitement et l'analyse de ces réponses, nous ont fourni les résultats suivants :

31 élèves sur 86 ont cité que les plus grandes limites de l'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions sont des problèmes techniques (blocage du TNI, panne, blocage du stylet, mauvaise visibilité, tableau inactif, absence d'Internet…). Pour 14 élèves sur 86 le TNI fatigue les yeux et fait mal à la tête. Pour 7 élèves sur 86 la luminosité permanente les gênent un peu. Ils ajoutent qu'il faut éteindre les lumières pour bien voir. Pour 4 élèves sur 86 c'est l'ombre des élèves ou de l'enseignant sur le tableau. Ils ne voient pas bien ce qu'il y a sur le tableau. 3 élèves sur 86 ont dit qu'ils ne peuvent pas écrire ou déplacer des objets dans la partie supérieure du TNI. Pour 3 élèves sur 86 les élèves n'écrivent pas bien avec le stylet. C'est un peu plus dur d'écrire au stylet. 3 élèves sur 86 ont dit que ça met du temps pour s'allumer. Un seul élève sur 86 a dit que quand il passe au tableau il a peur de se tromper. 11 élèves sur 86 ont dit que pour le moment ils n'ont trouvé aucun inconvénient. Enfin, 5 élèves sur 86 ont répondu qu'ils ne savaient pas.

Sans aucune surprise et en accord avec les résultats issus des réponses des enseignants (V39_enseignants) les problèmes techniques occupent une place très importante comme une contrainte pour l'utilisation du TNI. Le deuxième principal obstacle cité par les élèves est l'effet du TNI sur la santé. Pour certains, les lumières et le reflet du projecteur fatiguent les yeux et donnent mal à la tête.

6. Synthèse des résultats et discussion

Dans ce chapitre nous essayons de lier nos résultats obtenus avec les questions et les hypothèses de notre recherche. Cette liaison nous permet d'apporter une réponse hypothétique pour atteindre notre objectif général de la recherche.

Dans la suite, nous présentons, dans un premier temps, chacune de nos trois questions de recherche en mettant en lumière les résultats obtenus à chaque question. Nous synthétisons, dans un deuxième temps, ces résultats en essayant de les lier avec l'hypothèse concernée pour la confirmer ou la réfuter et amener une discussion.

6.1. La question d'interactivité technico-pédagogique

Pour tenter de répondre à cette question centrale, nous avons envisagé trois questions élémentaires comme nous l'avons exposé dans la présentation de la problématique (§ 4.1.1. de la deuxième partie).

6.1.1. Première question élémentaire : l'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions ?

Nous avons posé des questions permettant de répondre à la question de l'interaction entre l'élève et le TNI dans le questionnaire destiné aux enseignants, dans la grille d'observation et dans les entretiens réalisés avec les élèves. Dans le questionnaire adressé aux enseignants, la question V35 touche directement cette question élémentaire. Les résultats de cette question nous montrent que 91% des enseignants interrogés trouvent que l'interactivité entre l'élève et le TNI constitue un élément aidant l'élève dans son apprentissage. Seul 3% des enseignants ne sont pas d'accord avec cette idée. Pour ceux-ci, l'interactivité de l'élève avec son instrument ne peut pas lui permettre d'améliorer sa compréhension de la notion étudiée. Dans le même questionnaire, les résultats de la question V23 mettent en évidence la pertinence de l'interaction élève-TNI. 19 enseignants sur 57 (ayant répondu à cette question) soulignent que l'interaction élève-TNI aide celui-ci à bien comprendre la situation d'enseignement-apprentissage. Pendant l'usage du TNI en individuel et pendant la phase de vérification de la compréhension des élèves, les enseignants soulignent que cette modalité pour les élèves qui n'ont pas compris la situation d'enseignement, les aide à reprendre ce qu'ils n'ont pas compris. Ces enseignants évaluent donc l'interactivité élève-TNI comme très importante pour la compréhension et l'apprentissage des élèves. Les résultats de la question V24 montrent aussi l'importance et l'efficacité des interactions élève-TNI. Dans cette question, nous trouvons que 37,31% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation du TNI par les élèves ; 20,89% donnent une note de 9 et 14,92% donnent une note de 8. Nous avons seulement 14,9% des enseignants donnant une note entre 0 et 5 (4,47% donnent 0 ; 1,49% donnent 1 ; 4,47% donnent 4 et 4,47 donnent 5). Nous divisons l'échelle d'évaluation proposée aux enseignants en trois catégories d'utilité : utilité faible (notes de 0 à 4), utilité moyenne (notes de 5 à 7) et utilité forte (notes de 7 à 10). Nous trouvons que seulement 10,43% des enseignants pensent que l'interactivité élève-TNI n'a pas du tout d'effets directs sur l'apprentissage des élèves. 11,93% d'entre eux trouvent que l'interaction élève-TNI est moyennement utile. 73,12% estiment que l'interaction élève-TNI est tout a fait utile et a un sens. Ces résultats montrent qu'il existe également un grand consensus entre les élèves sur l'utilité des interactions entre les élèves et le TNI. Dans les questions V18 et V25 nous trouvons des résultats montrant que les enseignants s'appuient sur une pédagogique concentrée sur l'élève. À la question V18, nous trouvons que trois quarts des enseignants (74,6%) utilisent ainsi que leurs élèves le TNI d'une façon équitable. 13,4% que c'est plutôt eux qui manipulent le TNI et 6% que c'est plutôt les élèves. À la question V25, nous constatons que 61,19% des enseignants sont plutôt d'accord que les élèves utilisent eux-mêmes le TNI, 20,89% d'entre eux sont tout à fait d'accord, 11,94% ne sont plutôt pas

d'accord et seulement 1,49% ne sont pas du tout d'accord. Les résultats de ces deux questions montrent que les enseignants interrogés permettent à leurs élèves d'utiliser le TNI. Ces élèves deviennent donc des acteurs participants dans la construction de leurs connaissances.

Les résultats issus de nos observations directes sont en harmonie avec ceux obtenus par le questionnaire des enseignants. Selon les critères de notre grille d'observation, l'utilité de l'usage de l'interactivité élève-TNI est « tout à fait suffisante ». Cette modalité d'interaction était très présente dans les pratiques pédagogiques des enseignants des classes observées. Ils donnent une importance à la participation des élèves dans les activités faites avec le TNI. Pour ceux-ci, la participation des élèves garantit qu'ils construisent eux-mêmes leurs connaissances au lieu d'être des récepteurs. Durant nos séances d'observation, nous avons pu aussi discuter avec les élèves sur leurs impressions autour de la question de l'interactivité avec le TNI. Les élèves ont souligné qu'il y a de nombreux avantages dans leurs interactions avec cet outil numérique : bien comprendre, bien mémoriser et retenir lus facilement ce qu'ils ont fait avec le TNI. Dans les mêmes séances d'observation et durant nos discussions avec les élèves des petits groupes et en individuel, nous trouvons des résultats s'appuyant sur l'importance de l'interaction avec l'outil mis à leurs disposition. En répondant à la question « *qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui ?* », 2 élèves dans l'enquête par observation des petits groupes sur 8 ont dit qu'ils ont aimé la présentation de leurs solutions avec le TNI devant leurs camarades. Pour ces élèves, cette présentation de leurs productions devant toute la classe permet d'apprendre et comprendre mieux parce que l'enseignante leur explique tout de suite leurs erreurs et la bonne solution. De même, 1 élève dans l'enquête par observation individuelle sur 2 a souligné qu'il avait aimé les manipulations physiques des fractions avec le TNI. Il ajoute que quand il manipulait lui-même, il comprenait mieux car la technique du partage et du fractionnement reste longtemps mémorisée. En répondant à la question « *que t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ?* », nous avons constaté que 1 élève dans l'enquête par observation individuelle sur 2 a répondu que son utilisation par lui-même du TNI lui a apporté une bonne compréhension et maîtrise de la technique de fractionnement et de partage. Il ajoute que l'utilisation du TNI tout seul avec la maîtresse permet de voir de plus près la façon dont on fait le partage.

Les résultats provenant des entretiens vont dans le même sens. Un élève de CM2 nous a dit « *je pense que si je n'avais pas eu le TNI, j'aurais moins bien compris les fractions. L'utilisation du TNI m'a aidé à mieux comprendre les fractions* » (EL6-2, p. 76).

6.1.2. Deuxième question élémentaire : l'interaction enseignant-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ?

Pour répondre à la question de l'utilité du TNI pour favoriser les interactions entre l'enseignant et les élèves, nous avons posé dans tous nos questionnaires, entretiens et observations des questions permettant de traiter cette interrogation. Dans le questionnaire des enseignants et plus particulièrement dans la question V31 nous trouvons des résultats analysant cette question. Les résultats de cette question nous montrent que 83,6% des enseignants interrogés estiment que les interactions enseignant-élèves aident ceux-ci dans leurs compréhensions et apprentissages. 9% n'ont pas trouvé ces effets sur l'apprentissage des élèves. Toujours dans le même questionnaire, dans la question V32, nous trouvons des résultats similaires. En demandant d'attribuer une note entre 0 et 10 sur l'utilité du TNI pour renforcer les interactions enseignant-élèves nous trouvons des résultats très significatifs. 25,4% des enseignants attribuent une note de 10 ; 33,9% donnent une note de 9 ; 22,4% attribuent une note de 8. Dans cette même question, nous avons seulement 13,4% des enseignants qui attribuent une note entre 0 et 5 (3% donnent une note de 0 et 10,4% donnent une note de 5). Aucun enseignant n'a donné une note entre 1 et 4. En utilisant notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte) mentionné précédemment, nous constatons que seulement 3% des enseignants interrogés trouvent que l'usage du TNI n'est pas du tout utile pour favoriser les interactions enseignant-élèves. 19,4% d'entre eux estiment que l'usage du TNI est moyennement utile. Pour 71,7% des enseignants l'usage du TNI est tout à fait utile. Il peut en effet introduire un grand changement dans leurs interactions avec les élèves. À la question V38_enseignants, nous trouvons que pour 11 enseignants sur 58 (ayant répondu à cette question) cet outil numérique favorise l'interactivité entre l'enseignant et les élèves. La question V40 donne des résultats montrant l'importance des interactions enseignant-élèves médiées par le TNI. Dans cette question, nous avons proposé aux enseignants 12 items représentant 12 potentiels pédagogiques de l'usage du TNI. Parmi ces potentiels, nous avons introduit « *encourager l'interaction enseignant-élèves* (V40K) ». Nous avons invité les enseignants à ranger ces items par ordre d'importance croissant du plus au moins pertinent. Les résultats issus de cette question mous montrent que cet item est placé en sixième position pour l'ensemble de notre échantillon (voir tableau 33, § 3.1.6.). Les enseignants apprécient donc ce potentiel pédagogique lors de leur utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions. Ils voient donc que le TNI constitue un élément favorisant les interactions enseignant-élèves.

Dans le questionnaire des élèves et plus particulièrement la question V48A nous donne des résultats montrant la pertinence du TNI sur les interactions enseignant-élèves. Dans cette question, nous trouvons que 67,4% des élèves estiment qu'en utilisant le TNI il est plus facile de discuter avec leur enseignant. 30,6% d'entre eux ne voient pas cette utilité. Ces résultats nous montrent que pour plus des deux tiers des élèves, le TNI comporte des potentiels pédagogiques permettant de discuter plus facilement avec l'enseignant. Dans le questionnaire des élèves et plus particulièrement dans les questions V50A et V50B nous trouvons également des résultats donnant une importance aux effets des interactions enseignant-élèves médiées par le TNI. Dans la question V50A, nous constatons que 67,4% des élèves interrogés disent qu'avec l'utilisation du TNI il est plus facile de poser des questions à l'enseignant. 29,2% d'entre eux disent que non. Dans la question V50B, plus de trois quarts des élèves estiment qu'en utilisant le TNI, il est plus facile de répondre aux questions posées par l'enseignant. 20,1% des élèves interrogés ne voient pas que l'usage du TNI permet de répondre plus facilement aux questions de l'enseignant. Les résultats de ces deux questions, montrent que les interactions enseignant-élèves introduisent de grands changements chez les élèves.

Les résultats obtenus de nos observations directes dans les classes de CM1 et de CM2 vont dans le même sens. Selon notre critère d'évaluation de l'utilité de l'usage de certains potentiels pédagogiques du TNI dans les classes observées, nous trouvons que les deux enseignantes observées recourent d'une manière « tout à suffisante » à l'interaction enseignant-élèves médiée par le TNI. Cette modalité d'interaction est omniprésente dans les pratiques pédagogiques des deux enseignantes. Pour celles-ci, le TNI est un outil optimal pour faciliter les échanges avec les élèves. Du point de vue des enseignantes, le TNI facilite la relation entre l'enseignant et les élèves. Elles ajoutent que les discussions avec les élèves aident ces derniers à renforcer leur compréhension et apprentissage. Dans nos observations et discussions avec les élèves des petits groupes et individuel nous avons obtenu des résultats similaires. En répondant à la question (*qui ou qu'est-ce qui t'a le plus aidé durant le cours aujourd'hui ?*), nous trouvons que 4 élèves dans l'enquête par observation des petits groupes sur 8 ont souligné que ce sont les discussions et les échanges avec l'enseignant avec le TNI qui les ont le plus aidés. 1 élève dans l'enquête par observation individuelle sur 2 a dit que ce sont les discussions et les échanges avec l'enseignante avec le TNI qui l'ont le plus aidé. À la question « *que t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ?* », nous avons 3 élèves dans l'enquête par observation des petits groupes sur 8 ayant déclaré que l'utilisation du TNI leur a apportés de bons moments de discussions et d'échanges avec l'enseignante. Ces élèves

donnent des exemples justifiant qu'ils ont compris la technique d'un exercice grâce aux ré-explications de leur enseignante avec le TNI. 1 élève dans l'enquête par observation individuelle sur 2 a dit que l'utilisation du TNI lui avait apporté la chance de pouvoir discuter avec son enseignante. Il souligne que grâce à ces discussions médiées par le TNI avec la maîtresse, il a bien compris la situation d'enseignement-apprentissage.

Dans les entretiens réalisés avec les enseignants et les élèves, nous trouvons également des résultats s'appuyant sur l'importance des interactions entre l'enseignant et les élèves à l'aide du TNI. Les enseignants interviewés apprécient le rôle de leurs interactions avec les élèves sur l'apprentissage de ceux-ci. Les deux enseignantes interrogées sont d'accord sur le fait que l'utilisation du TNI favorise à la fois les interactions enseignant-élèves et élèves-élèves. Les élèves, de leur côté, sont aussi favorables aux effets de l'utilisation du TNI sur les différentes sortes d'interactions dans la classe. Pour 9 élèves sur 10, le TNI joue un rôle remarquable en favorisant les interactions entre l'enseignant et les élèves. Pour l'une des deux enseignantes interrogées, le TNI encourage les interactions dans la classe « *parce qu'on montre en direct. Du coup, ça évite l'habitude d'écrire sur des ardoises*. […] *Avant le TNI on était obligé de recopier. Mais recopier ça prend de temps et les enfants devaient passer au tableau pour recopier. Oui véritablement cela favorise les interactions et les échanges en classe* » (EN1, p. 48). Les élèves justifient cette capacité du TNI à faciliter l'interaction avec l'enseignant en signalant l'ergonomie de cet instrument. Ils soulignent également les plus-values du TNI par rapport aux autres supports utilisés en classe. « *Parce que je peux présenter mon idée plus facilement. Avant on avait le tableau noir et c'était plus compliqué. On ne pouvait pas montrer notre feuille, on ne pouvait pas montrer ce que l'on avait fait* » (EL3-1, p. 67). Un autre élève trouve que le TNI favorise les interactions avec l'enseignant « *parce que sans le TNI tu ne pouvais pas voir les vidéos et toutes les autres présentations. Il y a des choses affichées au TNI que parfois on ne comprend pas et on nous montre à nouveau ce que nous n'avons pas compris* (EL5-1, p. 73). Un autre élève souligne l'aspect visuel du TNI comme un élément sollicitant les interactions avec l'enseignant. Pour lui le TNI aide à la discussion avec l'enseignant parce qu' « *on voit en gros et donc on peut voir les détails, la technique, la solution. Si on n'est pas d'accord on peut toute suite intervenir* » (EL10-2, p. 89). En répondant à une question sur les interactions enseignant-élèves pour la compréhension et l'apprentissage, une enseignante a dit « *indéniablement, parce qu'à partir de moments où il y a une interaction, échange veut dire que les enfants réfléchissent et s'ils réfléchissent ça veut dire qu'ils peuvent remettre en cause leurs façons de faire et c'est comme cela que l'on progresse* » (EN1, p. 48). Les élèves estiment aussi que ces interactions ont un rôle sur leur

compréhension. Tous les élèves répondent que le TNI favorise les interactions avec l'enseignant et disent que celles-ci constituent une aide considérable aidant à mieux comprendre les fractions. Certains d'entre eux trouvent que les discussions rendent plus claires les idées et les techniques des solutions. D'autres lient cela avec le support visuel du TNI.

6.1.3. Troisième question élémentaire : l'interaction élève(s)-élève(s) médiée par le TNI aide-t-elle les élèves à mieux comprendre les fractions ?

Les trois instruments utilisés pour la collecte des données comprennent des questions touchant directement cette question. Dans les questionnaires adressés aux enseignants et aux élèves nous trouvons des résultats répondant à cette question. Les résultats de la question V33_enseignants montrent que 86,6% des enseignants interrogés pensent que les interactions élèves-élèves aident ceux-ci dans leur compréhension et apprentissage. 7,5% ne sont pas d'accord avec cette idée. En répondant à cette même question (V33A_élèves), 59% des élèves interrogés estiment que le TNI les aide à mieux interagir avec leurs camarades. 39,6% d'entre eux ne voit pas cette utilité de l'usage du TNI. Dans la question V33B_élèves, nous constatons que les justifications des élèves s'appuient sur le fait que chaque élève peut présenter son travail sur le TNI ou bien l'enseignant peut présenter le travail des élèves. Cela permet à tous les élèves de bien voir le travail présenté et de poser des questions. Les élèves voient que l'aspect visuel du TNI et l'ergonomie de cet instrument jouent un rôle essentiel pour favoriser les interactions entre les élèves. Cette présentation et visualisation des travaux des élèves encouragent ceux qui ne sont pas d'accord avec la solution présentée. Ils peuvent demander des preuves. L'élève intervenant sur le TNI essaie de convaincre les autres de la pertinence de sa technique. Dans la question V34 du questionnaire des enseignants, nous croisons des résultats justifiant toujours cette idée. Dans cette question et en demandant aux enseignants d'attribuer une note entre 0 et 10 sur l'utilité du TNI pour améliorer les interactions élèves-élèves nous trouvons les résultats suivants : 22,4% des enseignants attribuent une note de 10 ; 20,9% donnent une note de 9 ; 26,9% attribuent une note de 8. Pour cette même question, nous avons seulement 12% des enseignants attribuant une note entre 0 et 5 (1,5% donnent un note de 0 ; 1,5% donnent une note de 4 et 9% attribuent une note de 5). En utilisant notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte), nous constatons que 70% des enseignants trouvent que le TNI a une utilité forte pour favoriser les interactions entre les élèves. Une très petite minorité des enseignants (3%) estiment que le TNI ne peut pas du tout changer les interactions entre les élèves. 21% des enseignants pensent

que l'usage du TNI est moyennement utile pour favoriser les interactions entre les élèves. À la question V30_enseignants, nous trouvons que 49% des enseignants interrogés sont d'accord sur le fait qu'en utilisant le TNI il y a plus de discussions dans la classe que d'habitude. 45% d'entre eux estiment que le niveau de discussions est identique avec et sans le TNI. À la question V38_enseignants, nous trouvons que pour 11 enseignants sur 58 (ayant répondu à cette question) le TNI favorise les échanges entre les élèves. Chez les élèves, nous remarquons qu'ils accordent une forte importance à cette question (V30A_élèves). 60% des élèves enquêtés estiment qu'en utilisant le TNI, il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude. 39% d'entre eux ne sont pas d'accord avec cette idée. Dans la question V30B_élèves, nous constatons que les élèves répondant par la positive à la question V30A_élèves soulignent les potentiels pédagogiques favorisant les discussions dans la classe. Pour certains, le grand écran et l'aspect visuel du TNI permettent à tous les élèves de bien voir tous les détails sur les exercices présentés et cela leur permet de poser des questions s'ils ne comprennent pas. La grande visibilité permet également de repérer facilement les erreurs dans le travail présenté. Pour d'autres, les supports visuels et manipulables du TNI encouragent les élèves à participer aux situations d'enseignement-apprentissage. Plus ils participent, plus ils font des échanges entre eux. Dans la question V48B nous trouvons également des résultats favorisant l'importance des interactions élèves-élèves médiées par le TNI. Dans cette question, nous trouvons que 55,6% des élèves estiment qu'en utilisant le TNI il est plus facile de discuter avec leurs camarades. 43,1% ne sont pas d'accord avec cette idée. Cela nous montre que pour plus de la moitié des élèves, le TNI possède des potentiels pédagogiques permettant de discuter plus facilement entre les élèves. Toujours dans le questionnaire des élèves et plus particulièrement dans la question V51A, nous observons que pour 68,1% des élèves les explications de leurs camarades instrumentées par le TNI les aident à mieux comprendre la situation d'enseignement-apprentissage. Presqu'un tiers des élèves estiment que les explications de leurs camarades données au TNI ne jouent pas un rôle dans leur compréhension de la situation d'enseignement-apprentissage. Dans la question V51B, nous trouvons des justifications des élèves s'appuyant sur la pertinence des explications de leurs camarades en utilisant cet instrument mis à leur disposition. Certains renvoient cela au fait que les élèves utilisent des mots simples lorsqu'ils expliquent aux autres. D'autres élèves, estiment que les écrits et les représentations faites sur le TNI jouent également un rôle primordial pour faciliter la compréhension. À la question V52A, 69,4% des élèves disent que les interactions médiées par le TNI entre eux leur donnent l'envie d'apprendre. 29,2% d'entre eux ne sont pas d'accord avec cette faculté du TNI. Dans la question V52B, les élèves

soulignent que le travail en groupe instrumenté par le TNI et les supports visuels et manipulables de cet instrument sont les principales raisons leur donnant l'envie d'apprendre. Pour ceux-ci, réfléchissant et travaillant ensemble, cela leur permet de résoudre des tâches même difficiles et d'avoir des résultats plus crédibles. Dans le questionnaire des enseignants et plus particulièrement à la question V40 (question de rang, §3.1.6.) nous trouvons des résultats renforçant la pertinence des interactions élèves-élèves médiées par le TNI. Dans cette question les enseignants ont rangé par ordre d'importance croissant 12 items représentant 12 potentiels pédagogiques de l'usage du TNI. Parmi ces potentiels, nous avons mis « *promouvoir l'interaction élèves-élèves* (V40B) ». En traitant cette question selon le test de W de Kendall, nous avons constaté que cet item est placé en quatrième position pour l'ensemble de notre échantillon (voir tableau 33, § 3.1.6.). Les enseignants apprécient donc ce potentiel pédagogique lors de leur utilisation du TNI. Selon eux, le TNI constitue un élément pour favoriser les interactions enseignant-élèves.

Nos résultats obtenus de nos observations directes sont en harmonie avec ceux issus par les questionnaires. Selon notre critère d'évaluation de l'utilité de l'usage de certains potentiels pédagogiques du TNI dans les classes observées, nous trouvons que les deux enseignantes observées recourent d'une manière « tout à suffisante » à l'interaction élèves-élèves médiée par le TNI. Les deux enseignantes utilisent beaucoup cette modalité d'interactions. Du point de vue des enseignantes, le TNI peut jouer un rôle de facilitateur des interactions entre les élèves. Elles soulignent que les effets des échanges entre les élèves dépassent l'aspect ludique et démonstratif vers des apprentissages approfondis. Durant nos observations et discussions avec les élèves des petits groupes et individuel nous avons obtenu des résultats similaires. À la question « *qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui ? Peux-tu m'expliquer pourquoi ?* », 4 élèves dans l'enquête par observation des petits groupes sur 8 déclarent qu'ils ont aimé le travail ensemble avec les camarades. Pour ces élèves, le travail en groupe permet de s'entraider et résoudre les situations-problèmes d'une manière plus efficace. Ils ajoutent que travailler en groupe signifie qu'il y a plus de « têtes » qui réfléchissent en même temps sur la même question et cela permet d'apprendre mieux et plus vite. Toujours dans nos observations en discutant avec les élèves et en répondant à la question (*qui ou qu'est-ce qui t'a le plus aidé durant le cours aujourd'hui ?*), nous trouvons que 2 élèves sur 8 ont dit que ce sont leurs camarades dans le groupe qui les ont le plus aidés. À la question « *que t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ?* », nous avons 3 élèves des petits groupes sur 8 qui ont dit que l'utilisation du TNI leur a apportés de bons moments de discussions et d'échanges avec les élèves. Ces élèves soulignent et donnent des exemples

montrant qu'ils ont compris la situation d'enseignement-apprentissage grâce aux explications données par leurs copains avec le TNI.

L'analyse des entretiens semi-directifs réalisés avec les enseignants et les élèves, nous montrent des résultats s'appuyant sur la pertinence des interactions entre les élèves médiées par le TNI. Les deux enseignantes interviewées apprécient le rôle du TNI pour favoriser et faciliter les interactions entre les élèves. Les deux enseignantes sont favorables aux effets de ces interactions sur l'apprentissage des élèves. Elles soulignent que grâce à ces interactions les élèves sont plus attentifs et ils participent plus dans les activités. Les élèves trouvent que l'utilisation du TNI permet de discuter plus facilement entre eux. Pour ceux-ci, la possibilité de représenter une fraction sur le TNI, les supports visuels utilisés, l'accès à des ressources de l'Internet, permettent d'enrichir et augmenter les discussions et les échanges entre eux dans la classe. 9 élèves sur 10 estiment que le TNI favorise les interactions dans la classe entre les élèves eux mêmes. Les élèves peuvent trouver les idées et la technique des solutions en discutant. Un élève ajoute « *avant le TNI c'était compliqué mais maintenant on voit le travail de chacun, comment il a fait etc. Oui, on explique aux autres, les autres m'expliquent* (EL3-1, p. 67). Pour d'autres, l'aspect visuel du TNI joue un rôle de facilitateur de ces interactions parce qu'avec le grand écran tout le monde voit les techniques du fractionnement. Pour d'autres, avec les interactions entre eux, ils comprennent mieux parce qu'ils s'entraident. Un autre élève justifie cela en disant « *parce que quand quelqu'un m'explique quelque chose je comprends mieux. Quand la maîtresse réexplique on comprend mieux aussi* » (EL5-1, p. 73).

6.1.4. Synthèse et discussion des résultats mettant à l'épreuve la première hypothèse

Au vu de l'ensemble des résultats mentionnés précédemment issus des questionnaires des enseignants et des élèves, nous trouvons qu'il y a un accord entre les enseignants et les élèves sur la pertinence du TNI pour favoriser les interactivités technique et pédagogique au sein de la classe. Les avis des enseignants et des élèves sont également en harmonie sur l'impact de ces interactions pour la compréhension et l'apprentissage des élèves.

En ce qui concerne les élèves, nous constatons qu'il y a un fort accord sur le fait que le TNI facilite les échanges à la fois avec l'enseignant et entre eux. Les élèves sont également convaincus que les différentes sortes d'interactions médiées par le TNI les aident à bien comprendre et maîtriser les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions (voir tableau 37). Concernant les questions sur les interactions, la question V48B est la seule

question où il existe un écart entre les réponses des élèves de CM1 et celles de CM2[75]. 66,2% des élèves de CM1 et 45,6% des élèves de CM2 ont répondu par la positive à cette question. La valeur calculée du test du Khi-deux (6,13) est supérieure à la valeur théorique (3,84) au niveau de risque de 0,05 avec des degrés de liberté de 1. Pour les autres questions, nous n'avons pas trouvé de différences entre les réponses des élèves de CM1 et ceux de CM2. 59,5% des élèves de CM1 et 60,9% des élèves de CM2 ont répondu par la positive à la question V30A_élèves. À la question V33A_élèves nous constatons que 64,9% des élèves de CM1 et 54,4% des élèves de CM2 ont répondu positivement. Cette petite différence entre les deux taux n'est pas significative statistiquement parce que la valeur calculée du khi-deux (1,61) est inférieure à la valeur théorique (3,84) au niveau 0,05 avec des degrés de liberté de 1. Pour les autres questions mentionnées dans le tableau 37, nous n'avons pas trouvé de différences entre les élèves de CM1 et ceux de CM2. De même, il n'y a aucun écart entre les réponses des filles et des garçons pour toutes les questions concernant les interactions.

Nous remarquons, en revanche, qu'il y a des variables jouant un rôle sur les réponses des élèves par rapport aux variables mentionnées dans le tableau 37 comme on a vu dans le chapitre traitant et analysant le questionnaire des élèves. À titre d'exemple, à la question V33A_élèves (*interaction élèves-élèves*), nous avons vu qu'il y a un écart significatif entre les réponses des élèves à cette question et leurs réponses aux questions V46A (*as-tu aimé l'apprentissage des fractions en utilisant le TNI ?*), V48E (*les images présentées sont une aide pour comprendre les fractions*), V30A_élèves (*quand le maître a utilisé le TNI pour les leçons sur les fractions, as-tu trouvé qu'il y avait plus de discussions dans la classe que d'habitude ?*) et V50A (*quand le maître a utilisé le TNI, as-tu trouvé qu'il était plus facile de poser des questions au maître*). Les élèves ayant répondu par la positive à ces questions répondent aussi positivement à la question V33A_élèves. À contrario, les élèves qui répondent négativement à ces questions, répondent aussi par la négative sur la question V33A_élèves. Cela signifie que ces variables ont un rôle sur les interactions élèves-élèves médiées par le TNI. Les points de vue des élèves sur ces questions influencent leurs impressions sur l'utilité des interactions élèves-élèves médiées par le TNI.

Selon les réponses des élèves aux questions ouvertes, nous trouvons que ceux-ci sont favorables aux effets apportés par le TNI sur les interactions en classe. Ils estiment que grâce à certains potentiels pédagogiques du TNI, celui-ci peut soutenir les échanges entre les

[75] Il n'y a que dans les questions V48B et V53A où il y a une différence entre les réponses des élèves de CM1 et de CM2.

différents acteurs dans la classe. Pour ceux-ci, ces discussions médiées par le TNI jouent un rôle positif sur leur apprentissage et leur compréhension des situations d'enseignement-apprentissage. Les réponses des enseignants aux questions ouvertes montrent aussi qu'ils sont favorables au rôle joué par le TNI pour faciliter toutes les différentes sortes d'interactions dans la classe.

TABLEAU 37 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les élèves contribuant à valider notre première hypothèse*

	V30A_élèves	V33A_élèves	V48A	V48B	V50A	V50B	V51A	V52A
Oui	60%	59%	67,4%	55,6%	67,4%	77,8%	68,1%	69,4%
Non	39%	39,6%	30,6%	43,1%	29,2%	20,1%	29,2%	29,2%
Sans réponses	1%	1,4%	2,1%	1,4%	3,5%	2,1%	2,1%	1,4%

Concernant les réponses des enseignants, nous constatons qu'il y a un accord entre eux sur la pertinence des interactivités technico-pédagogiques médiées par le TNI. Ils donnent une importance remarquable aux effets de différentes sortes d'interactions sur la compréhension et l'apprentissage des élèves. Pour 83% d'entre eux, les interactions enseignant-élèves médiées par le TNI aident les élèves à mieux comprendre leurs situations d'enseignement-apprentissage. 86,6% d'entre eux estiment que les interactions entre les élèves constituent une aide cognitive pour ceux-ci. Nous observons également que la majorité des enseignants accordent une place importante pour l'interactivité technique entre l'élève et l'instrument mis à sa disposition (voir tableau 38). De même, les résultats issus des questions V18 et V25 montrent que les enseignants estiment très important de donner aux élèves la liberté d'utiliser eux-mêmes le TNI (voir figures 52 et 56). En effet, les enseignants estiment que cette participation permet d'augmenter les interactions de l'élève participant avec sa communauté dans la classe et avec l'outil numérique mis à sa disposition.

TABLEAU 38 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les enseignants contribuant à valider notre première hypothèse*

	V30_enseignants	V31	V33_enseignants	V35
Oui	39%	83%	86,6%	91%
Non	0%	9%	7,5%	3%
Pareil	45%	-	-	-
Sans réponses	6%	7,5%	6%	6%

Nous observons qu'il y a des variables jouant un rôle sur les réponses des enseignants aux variables mentionnées dans le tableau 38 comme on a vu dans le chapitre traitement et

analyse du questionnaire des enseignants. À titre d'exemple, à la question V31 (*interaction enseignant-élèves*), nous trouvons qu'il y une différence significative entre les réponses des enseignants à cette question et leurs réponses aux questions V10 (*fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les matières*), V11 (*fréquence d'utilisation du TNI dans les leçons de mathématiques*), V25 (*les perceptions des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*). Les enseignants répondant d'une manière positive à ces questions répondent aussi par la positive à la question V31. Au contraire, les enseignants qui répondent négativement à ces questions, répondent aussi par la négative à la question V31. Cela permet de conclure que ces variables ont un rôle sur les interactions enseignant-élèves médiées par le TNI. Les avis des enseignants sur ces questions ont un impact sur leurs points de vue de l'utilité des interactions enseignant-élèves médiées par le TNI.

Au sujet des questions d'évaluation de l'utilité du TNI, nous trouvons que plus des deux tiers des enseignants accordent une forte utilité au TNI pour favoriser les interactions technico-pédagogiques (voir tableau 39). Une très petite minorité des enseignants interrogés estiment que le TNI a une faible utilité pour soutenir les échanges dans la classe.

TABLEAU 39 – *Tableau récapitulatif des variables d'intervalle chez les enseignants contribuant à valider notre première hypothèse*

	V24	V32	V34
Utilité faible	10,43%	3%	3%
Utilité moyenne	11,93%	19,4%	21%
Utilité forte	73,12%	71,4%	70%
Sans réponse	4,5%	6%	6%

Selon l'entretien avec les élèves, nous avons observé que 90% des élèves ont dit qu'avec le TNI ils échangent plus facilement à la fois avec l'enseignant et entre eux. 90% des élèves estiment que les différentes interactions les aident à mieux comprendre les situations d'apprentissage. Selon l'entretien avec les enseignantes, nous avons observé que celles-ci sont favorables au fait que le TNI facilite l'interactivité dans la classe. Pour celles-ci, les discussions médiées avec le TNI constituent un élément aidant les élèves dans leur apprentissage. Grâce à ces interactions, les élèves arrivent à surmonter un défi qu'ils rencontrent au cours de leur apprentissage.

Selon nos observations sur le terrain, nous avons constaté que les deux enseignantes donnent une importance considérable aux interactions médiées par le TNI. Elles profitent de cet instrument numérique pour faciliter la discussion entre les élèves. Elles essaient également de profiter de cet instrument pour faciliter la construction des connaissances. Les élèves

s'entraident. Nous avons observé que les interactions entre les différents acteurs dans la classe ont des effets sur les élèves. Lorsqu'un élève illustre son idée sur le TNI, il discute avec ses camarades. Nous avons vu qu'il y a parfois un vif échange entre les élèves. Les élèves posant des questions montrent qu'ils ont compris. Durant nos séances d'observation, nous avons pu aussi discuter avec les élèves des petits groupes (8 élèves) et les élèves observés individuellement (2 élèves). Ces discussions nous amènent à conclure que les élèves apprécient l'utilité du TNI pour faciliter et simplifier les échanges dans la classe. Pour ceux-ci, les supports visuels et manipulables du TNI jouent un rôle pour éclaircir leurs idées. Les élèves trouvent qu'en travaillant en groupe, on peut résoudre les problèmes d'une manière efficace.

6.2. La question de modalités de travail

Pour tenter de répondre à cette question centrale, nous avons envisagé trois questions élémentaires comme nous l'avons exposé dans la présentation de la problématique (§ 4.1.2. de la deuxième partie).

6.2.1. Première question élémentaire : quelle modalité de l'usage du TNI a-t-elle la préférence des élèves pour apprendre les fractions ?

Nous avons inclus des questions dans le questionnaire et dans l'entretien réalisé avec les élèves permettant de répondre à cette question. Dans le questionnaire destiné aux élèves et plus particulièrement dans la question V48F, nous trouvons des résultats montrant que 81,3% des élèves trouvent que l'usage du TNI leur permet d'apprendre en grand groupe, en petits groupes ou en individuel. 16,7% d'entre eux ne sont pas d'accord avec cette idée. Cela montre que les élèves voient l'utilité du TNI en diversifiant les contextes d'apprentissage. De leurs points de vue, cet instrument numérique répond aux besoins différents des élèves. La question V53A touche directement l'objectif des modalités de l'utilisation du TNI. Les résultats à cette question nous montrent que 36% des élèves interrogés préfèrent utiliser le TNI en grand groupe. 42% d'entre eux préfèrent l'utiliser en petits groupes et 21% en individuel. Ces résultats nous montrent que les avis des élèves sont partagés vis-à-vis des modalités de l'utilisation du TNI. Les résultats de la question V53B_élèves nous donnent leurs justifications sur leurs modalités préférées pour utiliser le TNI. Les élèves préférant utiliser le TNI en grand groupe estiment que cette modalité permet de profiter des idées de tous les élèves dans la classe. Pour ceux-ci, chaque élève peut proposer une idée et donc il y aura plus de discussions dans la classe. Cela favorise la compréhension de tous les élèves. Les élèves préférant utiliser cet instrument numérique en petits groupes trouvent qu'en recourant à cette

modalité, chaque élève peut plus participer à la réalisation des activités. En petits groupes, les discussions et les échanges sont plus forts. Le travail est accompli parfaitement et les élèves comprennent mieux. Quant aux élèves préférant apprendre individuellement, nous trouvons que ces élèves se focalisent sur leur aspect personnel. Certains préfèrent apprendre en individuel parce que comme cela, ils utilisent tout seul le TNI. D'autres trouvent qu'en utilisant individuellement le TNI l'enseignant aura plus de temps pour s'occuper d'eux. Ils comprennent mieux grâce aux explications de l'enseignant.

L'analyse des entretiens semi-directifs réalisés avec les élèves, nous montrent des résultats confortant les résultats issus du questionnaire. 6 élèves sur 10 préfèrent utiliser le TNI en petits groupes, 2 élèves sur 10 préfèrent utiliser cet instrument en grand groupe, 1 élève sur 10 préfère l'utiliser tout seul et 1 élève a dit « sans préférence ». Pour cet élève, il n'y a pas de différences entre les trois modalités de l'utilisation du TNI. Cela lui est égal. Les trois formes sont semblables de son point de vue. Les élèves préférant utiliser le TNI en grand groupe trouvent que grâce à cette modalité les élèves peuvent s'entraider. En demandant à un élève pourquoi il préfère utiliser le TNI en grand groupe, celui-ci à répondu « *pour aider les autres et pour que les autres puissent m'aider* » (EL3-1, p. 67). D'autres préfèrent l'utilisation en grand groupe parce que l'usage individuel prend beaucoup de temps et l'usage en petits groupes n'existe pas ou presque dans les pratiques pédagogiques de l'enseignant. « *Si on fait à tour de rôle, ça va durer longtemps même si c'est pour apprendre mieux. En petits groupes on ne le fait pas trop avec la maîtresse. Et en grand groupe c'est bien. Oui, ça va en grand groupe* » (EL7-2, p. 79). Les élèves préférant utiliser le TNI en petits groupes estiment que cette modalité permet de favoriser les interactions et les échanges entre les membres de chaque groupe. « *Comme ça on peut s'entraider entre nous et c'est plus pratique. Puis, parfois si quelqu'un n'a pas compris on peut lui expliquer au tableau, on s'aide, voilà* » (EL4-1, p. 70). D'autres trouvent que l'utilisation du TNI en petit groupes est plus pratique qu'en grand groupe parce que « *devant toute la classe si tu te trompes tout le monde lève la main. En petits groupes cela nous aide à corriger nos fautes* » (EL1-1, p. 62). Les élèves préférant utiliser le TNI en individuel trouvent qu'en utilisant le TNI tout seul, cela permet d'être plus concentré sur le travail envisagé et de passer plus souvent au tableau.

6.2.2. Deuxième question élémentaire : dans quelles activités les élèves préfèrent-ils utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes, en individuel, dans les situations d'apprentissage sur les fractions ?

Pour répondre à cette question, nous avons envisagé une série de questions dans le questionnaire des élèves permettant d'apporter une réponse à celle-ci. Nous avons proposé

aux élèves une série d'activités sur les fractions. Pour chaque modalité de l'utilisation du TNI, les élèves étaient invités à choisir les trois activités les plus importantes de leurs points de vue, sachant que ces activités proviennent des compétences attendues des élèves à la fin de chaque classe concernée. Elles ont été traitées dans la classe de CM1/CM2 où nous avons réalisé nos observations.

Les questions V54_CM1, V54_CM2, V55_CM1, V55_CM2, V56_CM1, V56_CM2 répondent directement aux questions des activités préférées réalisées en grand groupe, en petits groupes et en individuel. Les élèves de CM1 préfèrent utiliser le TNI en grand groupe pour enseigner les activités suivantes (V54_CM1) : utiliser les fractions dans des situations de partage, apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…), placer les fractions sur une droite graduée. En ce qui concerne les activités préférées réalisées en petits groupes (V55_CM1) par les élèves de CM1, nous avons obtenu les résultats suivants : placer des fractions sur une droite graduée, apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…), savoir ce qu'est une fraction. Les élèves de CM1 soulignent qu'ils préfèrent apprendre les activités suivantes en individuel (V56_CM1) : savoir ce qu'est une fraction, placer des fractions sur une droite graduée, apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…).

Les élèves de CM2 préfèrent utiliser le TNI en grand groupe pour enseigner les activités suivantes (V54_CM2) : utiliser les fractions dans des situations de partage, encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs, utiliser les fractions dans des situations de mesures de grandeurs. En ce qui concerne les activités préférées réalisées en petits groupes (V55_CM2) par les élèves de CM2, nous avons obtenu les résultats suivants : encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs, utiliser les fractions dans des situations de partage, écrire une fraction sous forme de somme d'un entier et d'une fraction inférieure à 1. Les élèves de CM2 soulignent qu'ils préfèrent apprendre les activités suivantes en individuel (V56_CM2) : encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs, ranger les fractions par ordre croissant ou décroissant, comparer une série des fractions.

Nous remarquons qu'il y a quatre activités se répétant dans les trois modalités de l'utilisation du TNI du point de vue des élèves de CM1. Les activités « apprendre le vocabulaire pour nommer les fractions (demi, tiers, quart…) » et « placer les fractions sur une droite graduée » se répètent comme des activités préférées à réaliser selon les trois modalités de l'utilisation du TNI. Les activités préférées réalisées en petits groupes et en individuel sont identiques. Il y a seulement une différence de classement. Nous pouvons regrouper les quatre

activités sélectionnées par les élèves en deux catégories : représentative et cognitive. Nous observons que parmi les quatre activités choisies par les élèves il y en a deux appartenant à l'aspect représentatif et deux à l'aspect cognitif.

Dans les réponses des élèves de CM2, nous constatons que six activités sur sept se répètent dans les trois modalités de l'utilisation du TNI. L'activité « encadrer une fraction simple par deux nombres entiers consécutifs » est présente dans les trois modalités de l'utilisation du TNI. Comme dans le cas des réponses des élèves de CM1, les réponses des élèves de CM2 peuvent être regroupées en deux catégories : représentative et cognitive. Nous observons que parmi les quatre activités choisies par les élèves il y en a deux appartenant à l'aspect représentatif et quatre à l'aspect cognitif.

Les résultats issus des réponses des élèves de CM1 et de CM2 montrent que les avis des élèves sont partagés entre les aspects cognitifs et représentatifs de l'enseignement des fractions. Cela veut dire que pour les élèves, le TNI peut être utilisé dans toutes les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Pour ceux-ci, cet outil numérique sert de facilitateur à l'apprentissage des élèves. Ils les aident à mieux comprendre et à mieux conceptualiser cette notion mathématique.

6.2.3. Troisième question élémentaire : dans quels contextes les enseignants préfèrent-ils utiliser le TNI en grand groupe, en petits groupes, en individuel, dans les situations d'enseignement sur les fractions ?

Pour répondre à cette question, nous avons posé des questions dans le questionnaire et dans les entretiens avec les enseignants. Nous avons repris aussi nos observations directes. Dans le questionnaire, nous avons posé une série de questions nous permettant de répondre à cette question. Les questions posées sont sous forme de questions ouvertes. Nous avons demandé aux enseignants de préciser les contextes dans lesquels ils utilisent le TNI en grand groupe, en petits groupes et en individuel. Dans un deuxième temps, nous avons posé une question d'évaluation de l'utilité de chaque modalité dans l'utilisation du TNI. En ce qui concerne l'utilisation du TNI en grand groupe (V19), nous avons obtenu des résultats montrant que les enseignants utilisent cet instrument en grand groupe dans les contextes suivants.

- La mise en commun de ce que les enseignants viennent de traiter dans la classe : 30,4% des enseignants[76].

[76] Pourcentages calculés sur 56 enseignants qui ont répondu à la question du contexte de l'utilisation du TNI en grand groupe.

- La présentation des consignes des activités et des exercices que les élèves doivent réaliser en classe : 21,44%.
- La phase de recherche, de découverte et d'explication des notions : 17,9%.
- La correction des exercices devant tous les élèves : 16,1%.
- Le rappel des notions traitées précédemment : 14,3%.
- La synthèse des notions traitées : 10,7%.
- À la fin de la séance pour poser les acquis sur le tableau et garder une trace : 5,4%.
- L'introduction et la présentation des objectifs du cours : 3,6%.
- La correction des travaux des élèves : 3,6%.
- Tous les contextes comme un tableau classique : 1,8%.
- Toutes les phases du cours : 1,8%.

Les résultats de la question V20 montrent que les enseignants donnent une grande importance à l'utilité de l'utilisation du TNI en grand groupe. Dans cette question, nous trouvons que 31,34% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation du TNI en grand groupe, 20,89% une note de 9 et 23,88% une note de 8. Nous avons 7,45% des enseignants donnant une note entre 0 et 5 (1,49% donnent une note de 0 ; 1,49% une note de 2 ; 1,49% une note de 4 et 2,98% une note de 5). En recourant à notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte), nous constatons que 4,47% des enseignants estiment que l'utilisation du TNI en grand groupe a une faible utilité. 14,91% d'entre eux estiment que l'utilisation du TNI en grand groupe est moyennement utile. Pour 76,11% des enseignants l'utilisation du TNI en grand groupe est tout à fait utile. Les enseignants estiment que cette modalité les aide à enseigner. Elle est pratique pour transmettre un message pour toute la classe.

Concernant l'utilisation du TNI en petits groupes (V21), nous avons obtenu des résultats soulignant que les enseignants recourent à cette modalité pour :

- Réaliser un travail en groupe en petits ateliers dans la classe : 30,9% des enseignants[77].
- Faire des activités pédagogiques complémentaires : 16,4%.
- Réaliser des exercices d'entraînement et de vérification de la compréhension des élèves des notions étudiées : 10,9%.
- Faire un travail différencié avec petits groupes d'élèves en difficulté ou inversement avec des élèves de bon niveau en recherche sur un problème plus difficile : 7,3%.

[77] Pourcentages calculés sur 55 enseignants qui ont répondu à la question du contexte de l'utilisation du TNI en petits groupes.

– Réexpliquer aux élèves n'ayant pas compris ce que l'enseignant vient de traiter : 5,5%.

Pour 10,9% des enseignants, il est difficile d'utiliser le TNI en petits groupes avec un nombre important d'élèves dans la classe. D'autres estiment que cela est difficile en raison de la configuration de la classe : deux niveaux dans la même classe.

Les résultats de la question V22 montrent que les enseignants donnent une importance considérable à l'utilisation du TNI en petits groupes. Les résultats de cette question, nous montrent que 34,32% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation du TNI en petits groupes, 20,89% donnent une note de 9 et 23,88% une note de 8. Nous constatons que 7,45% des enseignants donnent une note entre 0 et 5 (2,98% une note de 0 ; 1,49% une note de 2 et 2,98% une note de 5). En recourant à notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte), nous constatons que 4,47% des enseignants estiment que l'utilisation du TNI en petits groupes a une faible utilité. 13,42% d'entre eux estiment que l'utilisation du TNI en petits groupes est moyennement utile. Pour 79,09% des enseignants l'utilisation du TNI en petits groupes est tout à fait utile. Les enseignants sont favorables à la pertinence de l'utilisation du TNI en petits groupes. Ils estiment que cette modalité les aide à faire des ateliers pédagogiques pour le travail en groupe. Durant ces activités, les différentes sortes d'interactions sont médiées par cet instrument numérique. Il y a une forte discussion entre les élèves de chaque atelier. Les enseignantes reconnaissent que l'utilisation du TNI en petits groupes est difficile à faire en raison de la configuration de la classe. Le recours à cette modalité risque de freiner l'enseignement des programmes scolaires. C'est les raisons pour lesquelles ils ne recourent pas très souvent à cette modalité.

À la question de l'utilisation du TNI en individuel (V23), nous avons obtenu des résultats montrant que les enseignants utilisent cette modalité dans les contextes suivants.

– Avec les élèves en difficulté n'ayant pas compris ce que l'enseignant vient d'expliquer. Ces élèves sont invités à venir au TNI. L'enseignant réexplique à ces élèves les démarches de résolution : 33,4% des enseignants[78].
– Durant les activités pédagogiques complémentaires pour aider les élèves rencontrant des difficultés : 21%. Ce sont des activités d'aide personnalisée proposées par les enseignants aux élèves en difficulté.
– Lorsque les élèves notent leurs réponses à une question posée ou pendant la présentation de leur travail sur le TNI devant leurs camarades : 10,6%.

78 Pourcentages calculés sur 57 enseignants qui ont répondu à la question du contexte de l'utilisation du TNI en individuel.

- Pour la remédiation : 10,6%.
- Pour la correction des exercices des élèves : 7%.
- Pour réaliser des exercices d'entraînement et de vérification de la compréhension des élèves des notions étudiées : 7%.
- Pour demander à un élève ayant fait un travail original ou ayant bien compris, d'expliquer à ses camarades une notion qui n'est pas claire pour les autres élèves : 5,3%.
- Lorsque chaque élève présente à tour de rôle la solution proposée pour un exercice : 3,5%.

Les résultats de la question V24 soulignent que les enseignants sont satisfaits de la pertinence de l'utilisation du TNI en individuel. Les résultats à cette question, nous montrent que 37,31% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité de l'utilisation du TNI en individuel, 20,89% donnent une note de 9 et 14,92% donnent une note de 8. Nous remarquons que 14,90% des enseignants donnent une note entre 0 et 5 (4,47% une note de 0 ; 1,49% une note de 1 ; 4,47% une note de 4 et 4,47 une note de 5). En utilisant notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte), nous trouvons que 10,41% des enseignants estiment que l'utilisation du TNI en individuel a une faible utilité. 16,40% d'entre eux estiment que l'utilisation du TNI en individuel est moyennement utile. Pour 73,12% des enseignants l'utilisation du TNI en individuel est tout à fait utile. Les enseignants reconnaissent l'importance de l'utilisation du TNI en individuel. Ils estiment que cette modalité aide les élèves en difficulté. Elle les aide à mieux comprendre les procédures de la résolution des problèmes. Les enseignantes trouvent que l'utilisation du TNI en individuel est pertinente surtout pour les élèves ayant des difficultés. Cela les aide à reprendre ce qu'ils n'ont pas compris dans le cours. Pourtant les enseignants estiment qu'il est difficile d'organiser le passage des élèves au TNI. Le recours à cette modalité prend beaucoup de temps et ne permet pas d'avancer suffisamment dans les programmes scolaires.

Nos résultats obtenus de nos observations directes sont en harmonie avec ceux obtenus par le questionnaire des enseignants. Nous avons observé que les deux enseignantes varient les modalités de l'usage du TNI au cours de la séance. Dans de nombreuses séances, elles utilisent les trois modalités. Dans la classe de CM1, nous avons observé que l'usage collectif du TNI est très présent avec 34%[79] contre 23% pour l'utilisation individuelle. L'utilisation du TNI en petits groupes vient en dernière position avec une fréquence de 11%. En classe de

79 Pour plus d'informations sur la méthode de calcul des pourcentages veuillez consulter § 3.1.1. (Partie IV)

CM2, l'usage du TNI en classe entière vient en première position avec 39% contre 19% pour l'usage individuel. L'usage du TNI en petits groupes n'occupe que 11% des activités réalisées en classe. La répartition de l'usage de chaque modalité dans la séance se fait de la façon suivante. Les enseignantes utilisent le TNI au début de la séance en individuel ou en collectif. La séance est toujours clôturée avec l'usage du TNI en grand groupe. Au cours de la séance les enseignantes utilisent tous les types de modalités. Concernant les contextes de l'utilisation de chaque modalité, nous avons observé qu'ils sont cohérents avec les contextes mentionnés dans le questionnaire des enseignants. Les enseignantes recourent à l'utilisation en grand groupe pour faire un rappel de la séance précédente, présenter les objectifs de la séance du jour, donner des consignes sur une situation-problème donnée, mettre en commun des solutions proposées, faire des exercices d'entrainement et de vérification de la compréhension des élèves des notions abordées dans la séance et corriger les travaux des élèves. Les enseignantes utilisent le TNI en petits groupes pour chercher à résoudre une situation-problème, faire des exercices d'entrainement sur les notions abordées, évaluer la compréhension des élèves des notions étudiées et réaliser de temps en temps des ateliers pédagogiques. Les enseignantes recourent à l'usage individuel pour mettre en commun les différentes solutions proposées par les élèves sur un exercice donné, entrainer les élèves sur des notions que les enseignantes viennent de leur expliquer, évaluer la compréhension des élèves, réexpliquer ce qui n'avait pas été compris par un ou plusieurs élèves, faire à tour de rôle la résolution d'un exercice et inviter l'élève à noter sa réponse proposée. Cette modalité a été utilisée aussi dans les ateliers d'aide personnalisée. Selon notre critère d'évaluation de l'utilité de l'usage de certains potentiels pédagogiques, nous trouvons que les deux enseignantes observées recourent d'une manière tout à suffisante à l'usage du TNI en collectif et en individuel. L'usage du TNI en petits groupes d'élèves se situe entre « plutôt insuffisant » et « tout à fait insuffisant ». Les deux enseignantes observées utilisent beaucoup le TNI en collectif et en individuel. De leurs points de vue, ces deux modalités servent bien à l'apprentissage des élèves. Elles soulignent que l'usage du TNI en petits groupes est difficile à réaliser en raison du nombre important d'élèves dans la classe.

Dans les entretiens réalisés avec les enseignantes, nous avons pu obtenir des résultats confortant ceux issus des questionnaires et de nos observations. Les deux enseignantes soulignent qu'elles utilisent généralement le TNI en grand groupe et en individuel. Elles recourent très rarement à l'usage en petits groupes. Elles utilisent le TNI en petits groupes ou en individuel durant les ateliers pédagogiques complémentaires et les aides personnalisées. « *À l'exception de ce que j'ai fait avec vous pendant les leçons sur les fractions* […] *j'utilise*

en général le TNI en grand groupe. Avec l'aide personnalisée comme vous vous en souvenez j'ai travaillé en individuel et parfois en petits groupes. Mais en général je ne fais que du grand groupe. Je trouve qu'utiliser le TNI avec un seul petit groupe d'enfants perturbe les autres parce que l'on projette aux yeux de tout le monde. Pour le moment c'est ce que je fais. J'utilise en grand groupe » (EN1, p. 46-47). Les deux enseignantes, indiquent que l'usage en petits groupes est très pertinent pourtant il « *n'est pas gérable. Pour cela on travaille en grand groupe et pendant qu'ils* (les élèves) *réfléchissent on circule, on voit ce qu'ils disent, ce qui les embarrasse, on écoute ce qu'ils disent. Je suis obligée par la configuration de ma classe de travailler en grand groupe et pas en petits groupes. C'est structurel et indépendant de ma volonté* » (EN2, p. 56).

6.2.4. Synthèse et discussion des résultats mettant à l'épreuve la deuxième hypothèse

Au vu de l'ensemble des résultats mentionnés précédemment issus des questionnaires des élèves, nous trouvons que les avis des élèves sont partagés sur les modalités préférées de l'utilisation de TNI. Pour la question V53A, nous constatons qu'il y a un écart entre les réponses des élèves de CM1 et celles de CM2 (voir tableau 40). Les élèves de CM1 préfèrent apprendre en petits groupes alors que les élèves de CM2 sont plutôt favorables en grand groupe ou éventuellement en individuel.

TABLEAU 40 – *Tableau de contingence : modalités de l'utilisation du TNI (V53A) et classe des élèves (V2)*

Effectifs % en ligne	Grand groupe	Petits groupes	Individuel	Ensemble
CM1	21	40	13	74
	28,4	54,1	17,6	100,0
CM2	31	20	17	68
	45,6	29,4	25,0	100,0
Ensemble	52	60	30	142
	36,6	42,3	21,1	100,0

Khi2 calculé = 8.88, nombre de degrés de liberté = 2, valeur théorique au niveau de 0.05 = 5.99

Pour cette même question (V53A), nous remarquons aussi qu'il y a un écart entre les réponses des filles et celles de garçons[80] (voir tableau 41). Les filles préfèrent apprendre en individuel alors que les garçons sont plutôt favorables en grand groupe ou éventuellement en

[80] La variable V53A est la seule question où nous avons trouvé une différence entre les réponses des filles et des garçons.

petits groupes. En grand groupe, la différence entre les filles et les garçons est très légère (35,1% des élèves préférant cette modalité sont des filles et 38,5% sont des garçons).

Nous remarquons également qu'il y a des variables pouvant jouer un rôle sur les réponses des élèves à la question V53A. Nous trouvons qu'il y a un écart significatif entre les réponses des élèves à cette question et leurs réponses aux questions V48B (*c'est plus facile de discuter avec les camarades*), V48G (*cela me donne envie de participer à la leçon*). Les élèves ayant répondu positivement à ces questions répondent de la même façon à la question V53A. Au contraire, les élèves qui répondent négativement à ces questions, répondent aussi par la négative sur la question V53A. Cela signifie que les points de vue des élèves sur ces questions influencent leur impression sur l'utilité du TNI pour diversifier les modalités de l'usage du TNI en classe.

À la question V48F, nous trouvons que 81,3% des élèves soulignant que le TNI permet de multiplier les modalités d'apprentissage. 86,1% des élèves de CM1 et 79,9% des élèves de CM2 sont favorables avec cette possibilité du TNI.

TABLEAU 41 – *Tableau de contingence : modalités de l'utilisation du TNI (V53A) et sexe (V3)*

Effectifs **% en ligne**	**Grand groupe**	**Petits groupes**	**Individuel**	**Ensemble**
Fille	27	26	24	77
	35,1	33,8	31,2	100,0
Garçon	25	34	6	65
	38,5	52,3	9,2	100,0
Ensemble	52	60	30	142
	36,6	42,3	21,1	100,0

Khi2 calculé = 11.008, nombre de degrés de liberté = 2, valeur théorique au niveau de 0.05 = 5.99

Selon les réponses des élèves à la question ouverte (V53B), nous trouvons que les élèves préférant apprendre en grand groupe soulignent que cette modalité permet d'exploiter toutes les idées des élèves dans la classe. Chaque élève peut participer et mettre son raisonnement à disposition de tous les élèves. Les élèves préférant apprendre en petits groupes trouvent cette modalité très pratique parce que elle renforce les interactions entre les élèves du groupe. Les élèves préférant apprendre en individuel mettent l'accent sur leur aspect personnel. Pour ces élèves, le travail individuel leur donne plus de chance d'être le manipulateur du TNI. Ils soulignent que leur interaction avec le TNI leur permet de mieux apprendre et comprendre la situation d'enseignement-apprentissage.

En proposant certaines activités aux élèves et en demandant de choisir la modalité préférée pour les réaliser nous avons remarqué que les élèves ont tendance à utiliser le TNI en

grand groupe pour des activités se focalisant sur l'aspect visuel : représenter une fraction, utiliser les fractions dans les situations de partages, de grandeurs et de mesures. Pour les activités nécessitant des informations techniques (ranger, comparer, encadrer des fractions, etc.), ils préfèrent les réaliser en petits groupes ou éventuellement en individuel.

Dans l'entretien avec les élèves, nous avons observé que 60% des élèves préfèrent utiliser le TNI en petits groupes. Ces élèves soulignent que cette modalité favorise l'entraide et la résolution efficace des problèmes. Nous avons vu que 20% élèves préfèrent apprendre en grand groupe. Ces élèves trouvent qu'en grand groupe il y a plus d'échanges parce que tous les élèves peuvent participer et proposer des solutions. Enfin, 10% des élèves sont favorables à l'usage individuel du TNI. L'utilisation individuelle leur permet d'être le seul utilisateur du TNI et d'être plus concentré sur le travail réalisé. 10% n'ont pas de préférence entre les modalités. Pour eux, l'apprentissage est identique avec les trois modalités.

Au sujet des questions d'évaluation de l'utilité du TNI, nous trouvons que trois quarts des enseignants accordent une forte utilité à l'utilisation du TNI en grand groupe, en petits groupes et en individuel (voir tableau 42). Une très petite minorité des enseignants interrogés estiment que le TNI a une faible utilité pour diversifier les contextes d'enseignement-apprentissage.

TABLEAU 42 – *Tableau récapitulatif des variables d'intervalle chez les enseignants contribuant à valider notre deuxième hypothèse*

	V20	V22	V24
Utilité faible	4,47%	4,47%	10,43%
Utilité moyenne	14,91%	13,42%	11,93%
Utilité forte	76,11%	79,09%	73,12%
Sans réponse	4,5%	3%	4,5%

Concernant les réponses des enseignants aux questions ouvertes couvrant les trois modalités de l'utilisation du TNI, nous constatons qu'il y a une diversité dans les contextes où les enseignants utilisent chaque modalité. Pour eux, l'utilisation du TNI en grand groupe sert à transmettre des informations intéressant toute la classe. La mise en commun des notions traitées, la présentation des consignes des activités et la correction des exercices et des travaux des élèves sont les trois premiers contextes signalés par les enseignants. L'utilisation du TNI en petits groupes a comme objectif de réaliser un travail en groupe. Réaliser un travail en atelier, faire des activités pédagogiques complémentaires et effectuer des exercices de contrôle de la compréhension des élèves sont les trois contextes les plus répandus de l'utilisation du TNI en petits groupes chez les enseignants. L'usage individuel du TNI a

généralement deux objectifs selon les réponses des enseignants. Les enseignants utilisent cette modalité pour aider les élèves en difficulté. Cela se fait soit dans la classe, soit pendant les ateliers d'aides personnalisées. Les enseignants recourent aussi à l'usage individuel pour permettre à chaque élève de présenter son travail devant toute la classe.

Selon l'entretien avec les enseignants, nous avons remarqué que les deux enseignantes sont favorables à l'usage du TNI en petits groupes et en individuel. Pour celles-ci, ces deux modalités aident véritablement les élèves dans leur apprentissage. En petits groupes, les élèves s'entraident et interagissent pour résoudre un problème permettant de réussir ensemble. Chaque élève peut jouer un rôle lors de ce travail. En individuel, l'élève interagit à la fois avec l'enseignant et avec l'instrument mis à sa disposition. Cela lui permet de bien comprendre les bonnes méthodes de raisonnement. Malgré la pertinence de l'usage du TNI en petits groupes, les deux enseignantes utilisent rarement cette modalité. Elles trouvent que le nombre important des élèves dans la classe les empêchent d'organiser des groupes travaillant ensemble. C'est la raison pour laquelle elles utilisent le TNI soit en grand groupe, soit en individuel.

Selon nos observations, nous avons constaté que les deux enseignantes donnent une importance considérable à la diversité des contextes d'enseignement-apprentissage assurés par le TNI. Dans de nombreux cas, les deux enseignantes observées utilisent les trois modalités durant la réalisation d'une activité. Cette modalité mixte occupe une place importante dans les pratiques des deux enseignantes. Nous avons pu classer la fréquence de recours aux trois modalités selon la hiérarchie suivante : en grand groupe, en individuel, en petits groupes. Les enseignantes utilisent généralement le TNI en grand groupe pour adresser un message concernant tous les élèves : faire le point, présenter les objectifs de la séance, donner des consignes pour l'activité, etc. Elles utilisent le TNI en petits groupes pour faire travailler les élèves en petit nombre. L'usage individuel est utilisé pour mettre en commun les différentes solutions proposées par les élèves sur un exercice donné et réexpliquer ce qui n'a pas été compris par un ou plusieurs élèves. Cette modalité a été utilisée également lors des aides personnalisée destinées aux élèves en difficulté.

6.3. La question des supports multimodaux

Pour tenter de répondre à cette question centrale, nous avons posé deux questions élémentaires comme nous l'avons exposé dans la présentation de la problématique (§ 4.1.3. de la deuxième partie).

6.3.1. Première question élémentaire : les supports visuels fournis par le tableau numérique interactif représentent-ils un appui cognitif pour les élèves lors du processus d'apprentissage de la notion de fraction ?

Pour répondre à cette question, nous l'avons envisagé dans tous les instruments utilisés pour recueillir les données. Dans le questionnaire destiné aux enseignants, la question V26_enseignants touche directement la thématique des supports visuels. Les résultats de cette question nous montrent que 38,8% des enseignants interrogés sont tout à fait d'accord sur le fait que les supports visuels du TNI aident cognitivement les élèves dans leur apprentissage. 53,7% d'entre eux sont plutôt d'accord. Seulement 3% ne sont plutôt pas d'accord. Les enseignants interrogés estiment que les représentations visuelles des fractions par le TNI constituent une aide pour les élèves au cours de leur apprentissage. Ils trouvent que cela aident les élèves à bien comprendre les techniques de fractionnement et de partage. Dans le même questionnaire, les résultats de la question V27 montrent aussi la pertinence des supports visuels sur l'apprentissage des élèves. Dans cette question, nous trouvons que 47,8% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité des représentations visuelles des fractions sur le TNI ; 14,9% donnent une note de 9 et 19,4% donnent une note de 8. Nous avons seulement 1,5% des enseignants donnant une note entre 0 et 5 (1,5 donnent une note de 5, les notes entre 0 et 4 sont absentes). En recourant à notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte), nous constatons qu'aucun enseignant n'a dit que les supports visuels du TNI ont une faible utilité. 13,5% d'entre eux estiment que les représentations visuelles des fractions avec le TNI sont moyennement utiles. Pour 82,1% des enseignants les supports visuels fournis par le TNI sont très utiles. Ils trouvent que ce type de potentiel pédagogique du TNI aide beaucoup les élèves dans leur conceptualisation de la notion de fraction. Toujours dans le questionnaire des enseignants et plus particulièrement dans la question V40 (question de rang, §3.1.6.) nous trouvons des résultats montrant l'importance des effets des supports visuels du TNI. Dans cette question, nous avons proposé aux enseignants 12 items représentant 12 potentiels pédagogiques de l'usage du TNI. Parmi ces potentiels, nous avons inclus « *favoriser l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage* (V40G) ». Le traitement de cette question selon l'approche du W de Kendall nous montre que cet item est placé en cinquième position pour l'ensemble de notre échantillon (voir tableau 33, § 3.1.6.). Les enseignants sont favorables aux effets des supports visuels montrés par le TNI. Pour ceux-ci, les représentations visuelles des fractions avec le TNI constituent un soutien cognitif pour faciliter l'apprentissage des élèves. À la question V38_enseignants, nous trouvons que pour 23 enseignants sur 58 (ayant répondu à cette question) c'est le support visuel qui est un

avantage important de l'utilisation du TNI. De leurs points de vue, les supports visuels attirent l'attention des élèves et leur permettent de présenter les fractions sous différentes formes. Dans cette même question, 12 enseignants sur 58 trouvent que le TNI facilite la représentation visuelle des fractions.

Dans le questionnaire des élèves, nous trouvons des résultats similaires. Les résultats de la question V26A_élèves montrent que 76,4% des élèves interrogés trouvent que les supports visuels du TNI les aident à mieux comprendre leurs situations d'apprentissage. 20,8% d'entre eux ne sont pas d'accord avec cette approche. Les élèves apprécient donc le rôle cognitif joué par les supports visuels sur leur apprentissage. Les résultats de la question V26B_élèves nous donnent les justifications des élèves sur l'importance de ces supports. Pour eux, les images et les couleurs aident à mieux comprendre la technique de partages et de fractionnements. Ils voient bien tous les détails de l'exercice présenté avec le tableau. Ils ajoutent que l'animation facilite beaucoup la compréhension de la relation entre le numérateur et le dénominateur. Certains élèves soulignent que les supports visuels captent leur attention. Ils les motivent. À la question V38_élèves, nous remarquons que pour 40 élèves sur 130 ayant répondu à cette question c'est le support visuel qui est le plus grand avantage de l'utilisation du TNI dans les situations d'apprentissage sur les fractions. Pour eux, ces supports leur permettent de voir et comprendre les techniques de partages et de fractionnements. L'aspect visuel conduit également les élèves à repérer plus facilement les erreurs dans les travaux présentés sur le tableau. Dans cette même question, nous constatons que 22 élèves sur 130 soulignent que les images en couleurs et les exercices animés représentent un atout très important de l'usage du TNII. De plus, pour 10 élèves sur 130 le TNI permet de mieux représenter les fractions. Dans ce même questionnaire et plus particulièrement dans la question V48E, nous trouvons des résultats donnant une importance aux supports visuels du TNI. Dans cette question, nous trouvons que 84,7% des élèves estiment que les supports visuels sont une aide pour comprendre les fractions. 13,2% d'entre eux disent que non. À la question V50D, nous trouvons que pour 80,6% des élèves, l'utilisation du TNI facilite la représentation des fractions figurant des situations de partages. 16,7% d'entre eux disent que non. Du point de vue des élèves, le TNI est un instrument visuel permettant de représenter plus facilement les situations de fractionnements.

Nos résultats obtenus de nos observations directes sont en harmonie avec ceux obtenus par les questionnaires. Nous avons observé que les deux enseignantes varient leurs supports et ressources pédagogiques au cours de la séance. Ces ressources peuvent être des logiciels, Internet, des manuels scolaires numériques, des ressources numériques préparées par les

enseignantes, des travaux des élèves ou des traces enregistrés sur le TNI des travaux précédents. Selon notre critère d'évaluation de l'utilité de l'usage de certains potentiels pédagogiques du TNI dans les classes observées, nous trouvons que les supports visuels ont été utilisés de façon « tout à fait suffisants ». Les deux enseignantes recourent d'une manière « tout à suffisante » aux supports visuels du TNI. Du point de vue de ces deux enseignantes, les supports visuels du TNI captent l'attention et la concentration des élèves. Elles soulignent également que ces supports facilitent la compréhension des élèves. Durant nos observations et discussions avec les élèves des petits groupes et individuel nous avons obtenu des résultats similaires. En répondant à la question « *qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui* ? », 2 élèves dans l'enquête par observation des petits groupes sur 8 ont dit qu'ils ont aimé voir les exercices sur les fractions en couleurs, les fiches téléchargées sur Internet et les manipulations visuels animées sur le logiciel utilisé. Pour ces élèves, les exercices en couleurs et les images animées facilitent leur concentration et attention à la situation d'enseignement-apprentissage et aident à mieux comprendre la technique de fractionnement. À la question « *qui ou qu'est-ce qui t'a le plus aidé durant le cours aujourd'hui ?* », nous avons observé que 2 élèves sur 8 ont souligné que ce sont les supports visuels présentés par le TNI qui les ont le plus aidés. Pour eux, les supports visuels ont joué un rôle dans leur apprentissage. En répondant à la question « *que t'a apporté aujourd'hui l'utilisation du TNI ?* », nous avons 3 élèves sur 8 qui ont répondu que l'utilisation du TNI leur a apporté une bonne visibilité des exercices présentés sur le tableau. La visualisation et la représentation des exercices sur le TNI constituent une aide soutenant cognitivement les élèves pour comprendre et apprendre.

Les résultats proviennent des entretiens réalisés avec les enseignants et les élèves vont dans la même direction. Ces résultats montrent la pertinence des supports visuels du TNI sur l'apprentissage des élèves. Les deux enseignantes interviewées sont d'accord sur le fait que les représentations visuelles des fractions sur le TNI aident à la compréhension et la conceptualisation de cette notion. Elles apprécient les effets de ces supports en simplifiant et facilitant l'apprentissage des élèves. Pour celles-ci, les représentations visuelles du TNI permettent « *de très vite voir les choses et tout de suite de voir les relations entre l'unité et les parties fractionnées* » (EN2, p. 55). Les enseignantes soulignent que grâce à ces supports les élèves sont plus attentifs, plus motivés et plus concentrés dans les activités. « *Je pense qu'effectivement ça a un impact. Oui, je pense. Si cela est bien présenté, si cela est propre, s'ils peuvent aller toucher, colorier, etc. Oui cela joue un rôle pour motiver les enfants à suivre les cours et à apprendre* » (EN1, p. 46). Les élèves trouvent que les supports visuels du TNI constituent un élément aidant les élèves dans leurs processus d'apprentissage. La totalité

des élèves interviewés sont favorables aux effets des supports visuels pour les aider à comprendre et apprendre les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Pour certains élèves, ces supports aident à comprendre les techniques de fractionnement et de partage. « *Oui. Avec les images on comprend mieux les fractions. Si on a une forme, on peut mieux voir le partage en deux demi par exemple* » (EL1-1, p. 63). Un autre élève ajoute « *ça peut nous aider parce que ça se présente sur un écran plus grand et du coup on peut mieux voir les détails. Donc, on apprend mieux avec le TNI* » (EL2-10, p. 90). Pour d'autres, ces supports permettent de voir « *comment la maîtresse a fait le partage et comment elle a résolu l'exercice. On voit aussi les productions des autres élèves. On compare ça avec la nôtre* » (EL5-1, p. 74). Les élèves estiment aussi que les supports visuels du TNI aident à « *mémoriser et à imprimer les images projetées sur le TNI dans le cerveau* » (EL2-6, p. 77).

6.3.2. Deuxième question élémentaire : les supports manipulables fournis par le tableau numérique interactif constituent-ils un soutien cognitif pour les élèves au cours du processus d'apprentissage de la notion de fraction?

Dans tous les instruments utilisés pour recueillir les données, nous avons envisagé des questions permettant de répondre à cette interrogation. Dans le questionnaire adressé aux enseignants, la question V28_enseignants répond directement à la question des supports manipulables. Les résultats de cette question nous montrent que 37,3% des enseignants interrogés sont tout à fait d'accord sur le fait que les manipulations physiques des fractions par les élèves sur le TNI aident cognitivement ceux-ci dans leur apprentissage. 55,2% d'entre eux sont plutôt d'accord. Seulement 3% ne sont plutôt pas d'accord sur cette idée. Les enseignants interrogés estiment que les représentations manipulables des fractions sur le TNI constituent une aide pour les élèves au cours de leur apprentissage. Ils trouvent que cela aident les élèves à bien comprendre les techniques de fractionnements et de partages. Dans le même questionnaire, les résultats de la question V29 montrent aussi la pertinence des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. Dans cette question, nous trouvons que 33,8% des enseignants attribuent une note de 10 pour l'utilité des manipulations kinesthésiques des fractions par les élèves, 16,4% donnent une note de 9 et 31,3% donnent une note de 8. Nous avons seulement 4,5% des enseignants donnant une note entre 0 et 5 (4,5 donnent une note de 5, les notes entre 0 et 4 sont absentes). En utilisant notre critère des trois catégories (utilité faible, moyenne, forte), nous constatons qu'aucun enseignant n'a dit que les supports visuels du TNI sont d'une faible utilité. 13,5% d'entre eux estiment que les représentations visuelles des fractions sur le TNI sont moyennement utiles. Pour 83,5% des enseignants les supports

manipulables fournis par le TNI sont tout à fait utiles. Ces enseignants trouvent que ce potentiel pédagogique du TNI aide beaucoup les élèves dans leur conceptualisation de la notion de fraction. À la question V38_enseignants, nous constatons que pour 10 enseignants sur 58 (ayant répondu à cette question) le TNI permet aux élèves de manipuler eux-mêmes. Pour ceux-ci, la manipulation des objets facilite la compréhension des élèves. La question V40 « *favoriser l'aspect visuel et kinesthésique de l'apprentissage* (V40G) » est classée en cinquième position sur l'ensemble de notre échantillon selon l'approche de Kendall (voir tableau 33, § 3.1.6.). Les enseignants apprécient donc les effets des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. Pour ceux-ci, ces représentations constituent une aide cognitive pour les élèves. Dans le questionnaire des élèves, nous observons que les résultats vont dans le même sens. À la question V28A_élèves, nous trouvons que 62,5% des élèves interrogés sont favorables sur le fait que les supports manipulables du TNI les aident à mieux comprendre leurs situations d'apprentissage. 34% d'entre eux ne sont pas d'accord avec cela. Les élèves apprécient donc le rôle cognitif joué par les manipulations physiques des élèves sur leur apprentissage. Les résultats de la question V28B_élèves nous montrent que les arguments des élèves mettent l'accent sur la pertinence des supports manipulables dans leur apprentissage. Pour ceux-ci, si l'élève pratique lui-même les opérations mathématiques sur le TNI cela l'aide à mieux comprendre les méthodes de partages. Les élèves estiment que ces supports sont pratiques parce qu'ils les aident à mémoriser et à retenir les situations d'enseignement-apprentissage. D'autres élèves soulignent que les manipulations physiques attirent l'attention sur la situation d'enseignement-apprentissage et qu'elles les motivent.

Les résultats des entretiens réalisés avec les enseignants et les élèves vont dans le même sens. Ces résultats mettent en évidence l'importance des supports manipulables sur l'apprentissage des élèves. Les deux enseignantes sont favorables aux effets des représentations manipulables des fractions par les élèves sur le TNI. Elles apprécient les rôles joués par ces supports en motivant les élèves pour suivre les cours. Ils simplifient et facilitent l'apprentissage des élèves. Pour les enseignantes, les manipulations physiques aident les élèves parce que « *ça leur montre comment on fait le partage, la technique de partage. Cela permet aussi de comparer leurs travaux. Mais je peux dire que ça dépend aussi de l'élève. Il y en a qui comprennent vite avec des images ou des explications. Mais il y en a qui ont besoin de plus de temps et de plus d'explications* » (EN1, p. 46). Les élèves, de leurs points de vue, estiment que les supports manipulables du TNI constituent un élément les aidant dans leurs processus d'apprentissage. La totalité des élèves interrogés sont favorables aux effets des manipulations physiques des fractions par eux-mêmes. Pour certains élèves, les manipulations

physiques sur le TNI les aident et les motivent pour apprendre. Elles constituent aussi une aide pour comprendre la bonne façon de procéder au fractionnement. « *Comme ça j'ai envie d'apprendre. Quand je touche le TNI j'apprends mieux. Puis comme ça j'arrive à mieux capter mon attention. Ça me donne envie, puis ça m'aide. Je ne sais pas comment je peux expliquer que cela m'aide.* […] *En fait, le TNI m'a aidé à comprendre les fractions surtout quand je le manipule moi-même* » (EL8-2, p. 83). D'autres élèves trouvent que les supports manipulables du TNI les aident à bien se concentrer sur le travail fait en classe. « *Quand je fais un exercice sur le TNI ça me permet de comprendre la technique des réponses surtout si je me trompe, la maîtresse va m'expliquer tout suite. Parce que c'est mieux. Quand je fais une réponse correcte sur le TNI, la maîtresse dit à tout le monde, regardez cette bonne réponse. Je me dis que je dois me concentrer pour la prochaine fois pour obtenir la même chose* » (EL9-2, p. 87). Certains élèves ajoutent que ces manipulations les aident à mémoriser ce qu'ils ont appris dans la classe. « *Parce que je pratique. Cela m'aide à stocker les choses apprises dans ma tête pour après* » (EL1-1, p. 63). En outre, « *pour aller au TNI, il faut bien suivre la maîtresse, on se dit que pour aller au tableau il faut être là, il faut suivre la maîtresse, sinon on se trompe devant les camarades, et il y en a qui se moquent* » (EL3-1, p. 68).

Les résultats obtenus de nos observations directes renforcent ceux donnés par les questionnaires et les entretiens. Nous avons observé que les deux enseignantes laissent leurs élèves utiliser eux-mêmes le TNI. Les enseignantes demandent à leurs élèves de présenter leurs travaux sur le TNI. Après la présentation, l'élève justifie et explique sa technique à ses camarades. Il répond aux questions de sa maîtresse et de ses camarades. Il présente son idée sous forme d'une figure. Toutes ces actions se font en manipulant le TNI. Dans les deux classes observées, les actions des élèves sur le TNI occupent une place importante dans les pratiques des enseignantes (§ 3.1.3.1. de partie IV). Les observations et discussions avec les élèves des petits groupes et individuel nous ont également permis d'obtenir des résultats similaires. À la question « *qu'est-ce que tu as aimé dans le cours aujourd'hui* ? », nous avons observé que 1 élève dans l'enquête par observation individuelle sur 2 a répondu qu'il avait aimé les manipulations physiques des fractions avec le TNI. Pour cet élève, lorsqu'il manipule lui-même, il comprend mieux « *parce que la technique du partage reste longtemps dans ma tête* ». Les supports manipulables sur le TNI constituent une aide soutenant cognitivement les élèves pour comprendre et apprendre la situation d'enseignement-apprentissage. Quand un élève pratique lui-même une activité sur le TNI, cela l'aide à mieux

comprendre les procédures de résolutions et à mémoriser et retenir ce qu'il a appris dans la classe.

6.3.3. Synthèse et discussion des résultats mettant à l'épreuve la troisième hypothèse

L'ensemble des résultats mentionnés précédemment issus des questionnaires des enseignants et des élèves, nous montrent que les enseignants et les élèves sont favorables aux effets cognitifs des supports visuels et manipulables sur leur apprentissage et leur compréhension. Les points de vue des enseignants et des élèves sont communs.

Concernant les élèves, nous remarquons qu'il y a un accord entre eux sur le fait que les supports multimodaux visuels et manipulables les aident au cours de leur apprentissage. Pour ceux-ci, ces supports sont pertinents parce qu'ils les aident à construire leurs connaissances, à mémoriser et retenir plus facilement les situations d'enseignement-apprentissage (voir tableau 43). Concernant les questions sur les supports multimodaux visuels et manipulables, nous n'avons pas trouvé de différences entre les réponses des élèves de CM1 et ceux de CM2. 78,1% des élèves de CM1 et 79,1% des élèves de CM2 ont répondu positivement à la question V26A_élèves (supports visuels). À la question V28A_élèves (supports manipulables) nous constatons que 60,8% des élèves de CM1 et 69,2% des élèves de CM2 ont répondu oui. Cette différence de pourcentages entre les deux classes n'a pas de sens statistique parce que la valeur calculée du khi-deux (1,07) est inférieure à la valeur théorique (3,84) au niveau de risque de 0,05 avec des degrés de liberté de 1. Il n'y a aucun écart entre les réponses des filles et celles de garçons. 82,9% des filles et 73,4% des garçons ont répondu par la positive à la question V26A_élèves. Cette différence de pourcentages entre les deux réponses n'est pas significative statistiquement parce que la valeur du khi-deux calculée (1,84) est plus petite que la valeur théorique (3,84) au niveau de 0,05. À la question V28A_élèves, nous observons que 66,7% des filles et 62,5% des garçons ont répondu oui.

Nous remarquons, par contre, qu'il y a des variables pouvant jouer un rôle sur les réponses des élèves aux questions des supports multimodaux visuels et manipulables. À titre d'exemple, à la question V26A_élèves (*supports visuels*), nous observons qu'il y a un écart significatif entre les réponses des élèves à cette question et leurs réponses aux questions V47A (*ce qu'a fait le maître avec le TNI t'a-t-il aidé à comprendre les fractions ?*), V48A (*qu'as-tu aimé dans l'utilisation du TNI concernant les leçons sur les fractions? C'est plus facile de discuter avec le maître*), V33A_élèves (*les perceptions des élèves envers les apports du TNI de favoriser les interactions entre les élèves eux-mêmes*) et V28A_élèves (*quand tu as utilisé le TNI avec tes doigts ou avec le stylet, cela t'a-t-il aidé à mieux comprendre les*

fractions ?). Les élèves ayant répondu positivement à ces questions répondent aussi de la même manière à la question V26A_élèves. À contrario, les élèves ayant répondu négativement à ces questions, répondent aussi par la négative à la question V26A_élèves. Ces variables ont un rôle sur les effets des supports visuels du TNI. Les points de vue des élèves sur ces questions influencent de leurs avis sur l'utilité des représentations visuelles du TNI.

TABLEAU 43 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les élèves contribuant à valider notre troisième hypothèse*

	V26A_élèves	V28A_élèves	V50D
Oui	76,4%	62,5%	80,6%
Non	20,8%	34%	16,7%
Sans réponses	2,8%	3,5%	2.8%

Selon les réponses des enseignants et des élèves aux questions ouvertes, nous trouvons que ceux-ci sont favorables aux effets des ces supports multimodaux dans l'apprentissage des élèves. Les élèves estiment que grâce à ces supports, ils peuvent être plus participatifs, plus attentifs et plus motivés. Ils comprennent mieux les techniques de fractionnement et de partage lorsqu'ils pratiquent eux-mêmes. Pour ceux-ci, ces supports jouent aussi un rôle positif parce qu'ils facilitent la mémorisation. La combinaison entre ces deux supports représente un atout pédagogique très important de l'usage du TNI du point de vue des élèves.

Par rapport aux réponses des enseignants, nous remarquons qu'il y a un accord entre eux sur la pertinence des supports multimodaux visuels et manipulables du TNI. Les enseignants accordent une importance considérable aux effets de ces supports. 92,5% d'entre eux sont « *plutôt d'accord* » et « *tout à fait d'accord* » sur le fait que les représentations visuelles des fractions sur le TNI constituent une aide cognitive pour les élèves durant leur apprentissage. Le même pourcentage des enseignants sont « *plutôt d'accord* » et « *tout à fait d'accord* » sur le fait que les supports manipulables des fractions par les élèves représentent un élément aidant cognitivement ceux-ci dans leur apprentissage (voir tableau 44).

TABLEAU 44 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les enseignants contribuant à valider notre troisième hypothèse*

	V26_enseignants	V28_enseignants
Pas du tout d'accord	0%	0%
Plutôt pas d'accord	3%	3%
Plutôt d'accord	53,7%	55,2%
Tout à fait d'accord	38,8%	37,3%
Sans réponses	4,5%%	4,5%%

L'analyse des croisements entre les réponses des enseignants à ces deux questions (V26_enseignants et V28_enseignants : respectivement supports visuels et manipulables) avec les variables secondaires et avec les autres questions nous montrent qu'une différence existe entre ces questions. Par exemple, pour la question des supports visuels, nous avons trouvé qu'il y a un écart entre les enseignants selon leurs tranches d'âge. De même, à la question sur les manipulations physiques des fractions par les élèves nous trouvons qu'il y une différence entre les enseignants utilisant régulièrement le TNI et ceux l'utilisant rarement. Les enseignants utilisant cet instrument d'une manière continue sont plus favorables aux effets des supports manipulables que les enseignants l'utilisant de temps en temps.

Nous observons aussi qu'il y a des variables jouant un rôle sur les réponses des enseignants aux questions V26_enseignants et V28_enseignants. À titre d'exemple, à la question de la variable V28_enseignants (*supports manipulables*), nous trouvons qu'il y a une différence significative entre les réponses des enseignants à cette question et leurs réponses aux questions V25 (*perceptions des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves*) et V35 (*l'interaction élève-TNI aide-t-elle l'élève à mieux comprendre les fractions*). Les enseignants ayant répondu positivement à ces questions répondent aussi de la même façon à la question V28_enseignants. À contrario, les enseignants ayant répondu négativement à ces questions, répondent aussi par la négative à la question V28_enseignants. Cela permet de conclure que ces variables ont un rôle sur les manipulations physiques des fractions par les élèves. Les avis des enseignants concernant la pertinence des supports manipulables sont influencés par leurs points de vue sur les autres questions.

Aux questions d'évaluation de l'utilité des supports multimodaux visuels et manipulables, nous trouvons qu'une grande partie des enseignants accordent une forte utilité à la pertinence des supports multimodaux du TNI pour aider les élèves (voir tableau 45). Une très petite minorité d'enseignants interrogés estiment que le TNI a une faible utilité pour soutenir les échanges dans la classe.

TABLEAU 45 – *Tableau récapitulatif des variables d'intervalle chez les enseignants contribuant à valider notre troisième hypothèse*

	V27	V29
Utilité faible	0%	0%
Utilité moyenne	13,5%	13,5%
Utilité forte	82,1%	83,5%
Sans réponse	4,5%	3%

Selon les entretiens avec les élèves, nous avons observé que la totalité des élèves sont favorables eux effets des supports multimodaux visuels et manipulables du TNI sur leur apprentissage. Pour ceux-ci, ces supports jouent un rôle de facilitateur dans l'apprentissage de la leçon. Selon les entretiens avec les enseignants, nous avons constaté que les deux enseignantes trouvent que les supports visuels et manipulables du TNI représentent une aide pour les élèves durant leur apprentissage. Pour celles-ci, ces supports jouent des rôles dépassant le simple fait de capter l'attention des élèves vers des impacts cognitifs. Grâce à ces supports, les élèves comprennent mieux leurs situations d'enseignement-apprentissage parce qu'ils pratiquent eux-mêmes et voient les détails de résolution des situations.

Selon nos observations, nous avons constaté que les deux enseignantes donnent une importance considérable aux participations des élèves dans les activités faites avec le TNI. Cette participation rend les élèves plus actifs. Cela montre qu'ils construisent eux-mêmes leurs connaissances au lieu d' « avaler » ce que l'enseignant transmet. Ils comparent leurs travaux avec ceux des autres élèves. Les deux enseignantes varient également leurs ressources pédagogiques utilisées pendant les séances. Elles utilisent des ressources provenant des travaux précédents sauvegardés sur le TNI. Les élèves présentent leurs travaux sur le TNI. Ceux-ci deviennent une source des ressources utilisées pendant les cours. Les ressources en ligne sont aussi présentes. Cette diversité des ressources permet de multiplier les situations et les contextes pour étudier les fractions. Cela conduit également à favoriser les différentes sortes d'interactions dans la classe. En manipulant le TNI, l'élève interagit avant tout avec cet instrument numérique mis à sa disposition. Il interagit également avec l'enseignant et avec ses camarades. Les supports multimodaux visuels et manipulables jouent donc un rôle de facilitateur des interactions entre les différents acteurs de la classe. Lorsqu'un élève présente une solution d'un exercice avec le TNI, il discute avec ses camarades et avec son enseignante. Lors de nos séances d'observation, nous avons pu aussi discuter avec les élèves des petits groupes et les élèves observés individuellement. Ces discussions nous ont permis de conclure que les élèves apprécient l'utilité de ces supports visuels et manipulables pour faciliter et simplifier leur apprentissage. Pour ceux-ci, les supports visuels et manipulables du TNI rendent plus claires et plus concrètes leurs idées. Les élèves estiment qu'en travaillant sur le TNI, ils comprennent et retiennent mieux ce qu'ils ont appris pendant le cours.

Conclusion générale

Nous voulons, par cette conclusion, rappeler les caractéristiques principales de notre travail. En cherchant à étudier l'utilité cognitive de l'usage du TNI en milieu scolaire, nous avons travaillé sur une période assez longue de temps : une séquence où il y a l'intégration de cet instrument numérique (§ la troisième partie : méthodologie) contrairement à de nombreuses études qui sont limitées dans le temps. Nous avons aussi interrogé à la fois les enseignants et les élèves pour avoir des informations plus riches et plus crédibles. Nous avons également multiplié nos instruments de construction des données : pré et post-tests, observations directes, entretiens, questionnaires ciblés vers les enseignants et les élèves (§ la troisième partie : méthodologie) contrairement à de nombreuses recherches se limitant seulement à une seule méthode. Les observations directes nous ont permis de suivre le processus d'apprentissage des élèves en utilisant le TNI. Cette période nous a également permis de voir comment les enseignants utilisent les potentiels pédagogiques de cet instrument numérique mis à leur disposition pour enseigner une séquence mathématique. Les observations directes nous ont aussi aidé à élaborer nos questionnaires et nos entretiens afin de recueillir les données permettant de répondre aux hypothèses de cette recherche.

Notre travail se veut une contribution dans le domaine des TICE en général et du TNI en particulier. Nous commencerons cette section par une présentation des résultats en fonction de nos questions de recherche et de nos hypothèses de recherche. Nous continuerons par la présentation des limites et de la validité de nos résultats obtenus avant d'exposer pour terminer, des perspectives pour les recherches ultérieures.

1. Retour sur les questions et les hypothèses de notre recherche

Notre travail de thèse a pour objectif l'étude de l'utilité de l'usage du TNI dans une séquence mathématique. Il s'agit d'une séquence de fractions du cycle III de l'école primaire en France et plus particulièrement avec des élèves de CM1 et de CM2. Nous avons formulé trois questions de recherche (§ chapitre 4 de la deuxième partie). Ces trois questions portent sur l'étude de trois potentiels pédagogiques du TNI.

Question 1 : en quoi l'interactivité technico-pédagogique supportée par l'usage du tableau numérique interactif permet-elle aux élèves de favoriser et de faciliter leur compréhension de la notion de fraction ?

Question 2 : en raison de ses modalités de travail et l'ergonomie qu'il implique, dans quelle mesure le tableau numérique interactif peut-il être utilisé dans différents contextes pédagogiques au cours de l'enseignement et l'apprentissage des fractions ?

Question 3 : dans quelle mesure les supports multimodaux, visuels et manipulables, utilisés sur le tableau numérique interactif sont-ils une aide cognitive pour les élèves dans leur apprentissage de la notion de fraction ?

Les questions que nous venons d'énoncer correspondent à nos trois hypothèses de recherche formulées dans le chapitre 4 de la deuxième partie

Concernant les questionnements de cette recherche, nous pensons que nos analyses faites dans les chapitres 2, 3, 4, 5 et 6 de la quatrième partie ont montré qu'il est possible d'apporter des réponses hypothétiques aux questionnements présentés dans le chapitre 4 de la deuxième partie.

Nous présentons ci-après nos résultats en fonction de ces trois questions sur un terrain de recherche bien déterminé (§ la troisième partie : méthodologie).

À la suite de l'analyse effectuée, nous observons que les enseignants et les élèves apprécient l'utilité de l'usage du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions. Pour ceux-ci, cet instrument numérique facilite et simplifie les processus d'enseignement et d'apprentissage.

1.1. Interactivité technico-pédagogique

Les résultats de cette recherche montrent qu'il y a une homogénéité entre les enseignants et les élèves sur la pertinence de l'utilisation du TNI pour favoriser et faciliter les interactivités techniques et pédagogiques au sein de la classe. Pour les enseignants et les élèves, ces interactivités médiées par le TNI aident les élèves dans leur apprentissage. 49% des enseignants interrogés et 60% des élèves estiment qu'avec le TNI, il y a plus de discussions dans la classe que d'habitude. 83,6% des enseignants trouvent que les interactions enseignant-élèves médiées par le TNI aident les élèves à mieux comprendre les situations d'apprentissage. 67,4% des élèves estiment qu'en utilisant le TNI, il est plus facile de discuter avec leur enseignant. Pour 86,6% des enseignants, les interactions élèves-élèves médiées par le TNI aident ceux-ci à mieux comprendre leur situation d'apprentissage. 59% des élèves estiment que le TNI les aide à mieux interagir avec leurs camarades. 91% des enseignants trouvent que les interactions élève-TNI aident l'élève à mieux comprendre les situations d'apprentissage. Au sujet de l'utilité du TNI, nous constatons que plus des deux tiers des enseignants accordent une forte utilité au TNI pour favoriser les interactions technico-

pédagogiques. Une très petite minorité des enseignants interrogés estiment que le TNI a une faible utilité pour faciliter les discussions dans la classe. En outre, les résultats issus de l'analyse statistique implicative et plus particulièrement du graphe implicatif, nous ont montré qu'avec un degré de confiance à 0,93, il y a une tendance chez les enseignants à ranger le potentiel pédagogique concernant l'interaction enseignant-élèves juste après le potentiel de l'interaction enseignant-élèves. Nous avons également vu qu'au niveau de confiance de 0,73 une fermeture transitive relie directement le fait que le TNI encourage l'interaction enseignant-élèves avec la participation des élèves dans les situations d'enseignement-apprentissage. L'étude de l'arbre cohésitif, nous a montré que la fonction pédagogique du TNI (interaction enseignant-élèves) implique le potentiel (interaction élèves-élèves) avec une intensité plus forte que tous les autres couples de fonctions pédagogiques du TNI proposées aux enseignants pour les ranger par ordre croissant d'importance. Ce niveau de la hiérarchie est d'ailleurs significatif (§ 5.1.6.2. de la quatrième partie).

Selon nos observations sur le terrain, les différentes modalités d'interactions apparaissent très présentes dans les pratiques pédagogiques des enseignantes des classes observées. Celles-ci donnent une importance à la participation des élèves dans les activités faites avec le TNI. Du point de vue des deux enseignantes observées, les interactions entre les élèves confirment qu'ils construisent eux-mêmes leurs connaissances au lieu d'être passifs.

Selon l'entretien avec les élèves, nous avons trouvé que 90% des élèves interviewés pensent qu'avec le TNI ils échangent plus facilement à la fois avec l'enseignant et entre eux. 90% d'entre eux estiment que les différentes interactions les aident à mieux comprendre leur situation d'apprentissage. Certains élèves trouvent que les discussions rendent plus claires les idées et les techniques des solutions. D'autres relient cela avec les supports visuels du TNI. Nos entretiens avec les enseignantes nous amènent à des résultats similaires. Les deux enseignantes interviewées estiment que le TNI facilite l'interactivité dans la classe. Pour celles-ci, les discussions médiées par le TNI constituent une aide pour les élèves dans leur apprentissage. Grâce à ces interactions, les élèves arrivent à surmonter les défis qu'ils rencontrent au cours de leur apprentissage.

1.2. Modalités et l'ergonomie de travail

Concernant la question sur les modalités de l'utilisation du TNI, nous trouvons que 81,3% des élèves estiment que l'usage du TNI leur permet d'apprendre en grand groupe, en petits groupes ou en individuel. 36% des élèves interrogés préfèrent utiliser le TNI en grand groupe. 42% d'entre eux préfèrent l'utiliser en petits groupes et 21% en individuel. Les élèves

préférant apprendre en grand groupe soulignent que cette modalité permet d'exploiter toutes les idées des élèves dans la classe. Les élèves préférant apprendre en petits groupes trouvent cette modalité très pratique parce qu'elle renforce les interactions entre les élèves du groupe. Les élèves préférant apprendre en individuel soulignent que cela leur donne plus de chance d'être le manipulateur du TNI. Ils ajoutent que leur interaction avec le TNI leur permet de mieux apprendre et comprendre la situation d'enseignement-apprentissage. À cette question, nous avons trouvé qu'il y a un écart entre les réponses des élèves de CM1 et celles de CM2. Les élèves de CM1 préfèrent apprendre en petits groupes alors que les élèves de CM2 sont plutôt favorables en grand groupe ou éventuellement en individuel.

Les enseignants estiment que l'utilisation du TNI permet de diversifier les contextes de la réalisation des activités dans la classe. Ils trouvent que l'utilisation du TNI en grand groupe sert à transmettre des informations intéressantes pour toute la classe. L'utilisation du TNI en petits groupes a comme objectif de réaliser un travail en groupe. Les enseignants recourent à l'utilisation individuelle pour aider les élèves en difficulté. Cela se fait, soit dans la classe, soit pendant les ateliers d'aides personnalisées. Les enseignants utilisent aussi cette modalité pour permettre à chaque élève de présenter son travail devant toute la classe. En projetant les travaux des élèves sur le TNI, les enseignants comparent les méthodes suivies par les élèves et choisissent les plus pertinentes. En demandant aux enseignants d'évaluer l'utilité du TNI, nous trouvons que trois quarts des enseignants donnent une forte utilité à l'utilisation du TNI en grand groupe, en petits groupes et en individuel.

Les résultats de nos entretiens avec les enseignantes, nous ont montré que les deux enseignantes interviewées sont plutôt favorables à l'usage du TNI en petits groupes et en individuel. De leurs points de vue, ces deux modalités constituent une véritable aide pour les élèves dans leur apprentissage. Elles soulignent qu'en petits groupes, les élèves s'entraident et interagissent pour résoudre un problème permettant de réussir collectivement. Chaque élève peut alors jouer un rôle lors de ce travail collectif. En individuel, l'élève interagit à la fois avec l'enseignant et avec l'instrument mis à sa disposition. Cela lui permet de bien comprendre les bonnes méthodes de raisonnement. Malgré la pertinence de l'usage du TNI en petits groupes, les deux enseignantes utilisent rarement cette modalité du fait du nombre important des élèves dans la classe qui les empêchent d'organiser des groupes travaillant ensemble. C'est la raison pour laquelle elles utilisent le TNI soit en grand groupe, soit en individuel. Dans le questionnaire adressé aux enseignants, nous avons vu des réponses soulignant les difficultés de l'utilisation du TNI en petits groupes. Pour ceux-ci, le nombre

important d'élèves et la configuration de la classe (deux niveaux CM1 et CM2) sont les deux raisons principales empêchant de recourir à cette modalité.

1.3. Supports multimodaux visuels et manipulables

Les enseignants et les élèves sont favorables aux effets cognitifs des supports visuels et manipulables sur leur apprentissage et leur compréhension. Les points de vue des enseignants et des élèves sont communs. 38,8% des enseignants interrogés sont tout à fait d'accord sur le fait que les supports visuels du TNI aident cognitivement les élèves dans leur apprentissage. 53,7% d'entre eux sont plutôt d'accord. 76,4% des élèves interrogés trouvent que les supports visuels du TNI les aident à mieux comprendre leur situation d'apprentissage. 80,6% des élèves, trouvent que l'utilisation du TNI facilite la représentation des fractions dans le cas des situations de partages. En demandant aux enseignants et aux élèves de citer les trois apports majeurs de l'utilisation du TNI, nous avons constaté qu'ils soulignent tous l'aspect visuel comme le premier avantage de l'utilisation du TNI. Les élèves estiment que grâce à ces supports, ils peuvent être plus motivés, plus attentifs et plus participatifs. Pour ceux-ci, ces supports jouent aussi un rôle positif parce qu'ils facilitent la mémorisation. De même, 37,3% des enseignants interrogés sont tout à fait d'accord sur le fait que les manipulations physiques des fractions par les élèves sur le TNI aident cognitivement ceux-ci dans leur apprentissage. 55,2% d'entre eux sont plutôt d'accord. 62,5% des élèves interrogés estiment que les supports manipulables du TNI les aident à mieux comprendre leur situation d'apprentissage. La combinaison entre les supports visuels et manipulables représente un atout pédagogique très important de l'usage du TNI du point de vue des élèves et des enseignants. Aux questions d'évaluation de l'utilité des supports multimodaux visuels et manipulables, nous avons trouvé qu'une grande partie des enseignants accordent une forte utilité à la pertinence des supports multimodaux du TNI pour aider les élèves.

Selon nos entretiens avec les élèves, la totalité des élèves apprécie les effets des supports multimodaux visuels et manipulables du TNI sur leur apprentissage. De leurs points de vue, ces supports jouent un rôle de facilitateur dans l'apprentissage. Les deux enseignantes interviewées trouvent aussi que les supports visuels et manipulables du TNI représentent une aide pour les élèves. Pour celles-ci, ces supports jouent des rôles dépassant le simple fait de capter l'attention des élèves vers des impacts cognitifs. Elles soulignent que grâce à ces supports, les élèves comprennent mieux leur situation d'apprentissage parce qu'ils pratiquent eux-mêmes et voient les détails de résolution des situations.

2. Limites de la recherche et domaine de la validité des résultats

Nos résultats sont obtenus à partir de l'analyse des données des questionnaires, des entretiens, des notes prises lors de nos observations et de l'évaluation des apprentissages des élèves (pré et post-tests : au début et à la fin de la séquence sur les fractions). Pourtant, évaluer l'utilité cognitive du TNI sur l'apprentissage des élèves nécessite aussi d'analyser les traces et les productions faites des élèves dans toutes les activités réalisées en utilisant le TNI. L'analyse des travaux des élèves nous permet de détecter les véritables effets cognitifs de l'usage du TNI sur l'apprentissage de ceux-ci. Ces traces nous permettent également de comprendre les raisonnements des élèves sur telles ou telles notions mathématiques.

Les résultats issus des observations sont obtenus à partir de l'observation de deux enseignantes qui ne sont pas « expertes » dans l'utilisation du TNI qu'elles n'utilisent que depuis deux ans seulement. Par contre, ces deux enseignantes ont une expérience et ancienneté importante dans l'enseignement en classes de l'école primaire, alors qu'elles n'ont suivi qu'une formation « superficielle » sur le TNI. Ces deux enseignantes sont motivées pour utiliser les différents outils technologiques dans leur enseignement. Travaillant donc avec d'autres enseignants (enseignants experts, enseignants ayant suivi une bonne formation sur les usages du TNI en classe, enseignants utilisant d'autres logiciels pour manipuler le TNI), ceci peut nous amener à enrichir nos résultats.

Lors de notre construction de données, nous nous sommes confronté à des problèmes d'ordres technique et organisationnel. Nous n'avons pas pu obtenir l'accord des deux enseignantes des classes observées pour filmer la séquence des fractions animée avec le TNI. Filmer toutes les séances observées nous aurait permis d'étudier plus finement la manière dont les deux enseignantes utilisent le TNI : interaction et interactivité, supports ressources utilisés, modalités de l'usage du TNI, etc.

Cette recherche, comme d'autres études dans le domaine des sciences de l'éducation n'est pas une étude menée dans des conditions de laboratoire qui répartiraient au hasard les individus participants. Notre recherche s'est déroulée dans un milieu scolaire à partir de classes lambda. Dans les deux classes observées, il y avait des élèves de bon niveau, de niveau moyen et de niveau faible. Il y avait aussi des élèves « brillants » et d'autres en difficulté. Par rapport aux entretiens, nous n'avons pas remarqué qu'un élève ou un enseignant donne des réponses sans réflexion. Lors de nos entretiens, nous demandions des arguments pour aller plus loin dans les réponses données par la personne interviewée. Concernant les questionnaires, nous n'avons pas non plus trouvé d'individu répondant au

hasard. Nous avons également observé que les réponses de ce dernier sont cohérentes et montrent un lien logique par rapport à l'ensemble des questions. De plus, les questions ouvertes nous ont permis d'affirmer que les réponses données ne sont pas dues au hasard. La méthodologie de recherche mixte nous a aussi permis de renforcer le contrôle de nos variables. En l'absence de répartition au hasard des individus participants à notre recherche, cette dernière relève d'une quasi expérimentation. Par ailleurs, cette recherche ne prétend pas à une validité absolue des résultats obtenus. Nous parlons donc d'une validité interne. « *En éducation, la "Vérité", la vérité absolue, n'existe pas* » (Van Der Maren, p. 6). Les résultats de cette recherche sont donc valables dans les conditions et les contextes propres à cette recherche.

Il est donc difficile de généraliser les résultats de cette recherche. Notre échantillon comprend 144 élèves (74 CM1 et 70 CM2) et 67 enseignants. Cet échantillon a été choisi selon la méthode de l'échantillonnage par convenance (§ 5.4. de la troisième partie : méthodologie). Celle-ci est une technique non probabiliste consistant à interroger les personnes acceptant de répondre et capables de fournir des informations sur nos questionnements. De même, la zone géographique de cet échantillon est limitée aux écoles primaires publiques du département du Rhône et Lyon intra-muros.

3. Perspectives de la recherche

Les résultats obtenus de cette recherche nous permettent de proposer des perspectives et des prolongements de ce travail afin de développer l'usage du TNI ou des TICE en milieu scolaire. L'analyse de nos résultats met en relief la complexité et l'interdépendance entre les différentes entités dans le processus d'enseignement et d'apprentissage. Une série de facteurs matériels et non matériels, internes ou externes, individuels, collectifs…ont des impacts directs ou indirects sur le processus d'apprentissage. L'outil technologique utilisé n'est qu'un des composants de ce processus.

Durant notre recherche, un ensemble de questions nous est apparu. Il nous semble intéressant de les développer.

- Nous avons construit nos données par questionnaires, entretiens, observations et tests pour évaluer l'apprentissage des élèves à la fin de la séquence. Il nous semblerait important d'analyser aussi les productions et les travaux des élèves faits dans chaque séance au cours de l'apprentissage en utilisant le TNI. Ces traces nous montreraient les réels progrès identifiés dans l'apprentissage des élèves.

- Nous avons observé une classe de CM1 et une classe de CM2 dans le même établissement scolaire. Les résultats issus de cette recherche ne peuvent donc pas être généralisés. Pour obtenir un résultat plus fiable, l'étude d'autres classes, dans d'autres établissements, serait nécessaire. « *En tant qu'ils sont le produit d'activités cognitives, le cadre d'usage, les schèmes d'utilisation aussi bien que les genèses instrumentales n'auront qu'une validité locale, et seront donc susceptibles de variation d'un groupe de travail à l'autre, y compris au sein d'une même organisation* » (Blandin, 1997, p. 418).
- Nous avons observé et interviewé deux enseignantes « novices » dans l'utilisation du TNI. L'élargissement de notre terrain expérimental à d'autres enseignants (stagiaires en formation, enseignants experts, enseignants impliqués dans des groupes recherche-action, enseignants utilisant d'autres logiciels pour manipuler le TNI, etc.), nous amènerait à enrichir et valoriser nos résultats.
- Nous n'avons pu filmer les séances animées par le TNI. Il nous semble que l'enregistrement vidéo est très important car il nous permettrait d'étudier en détail toutes les actions faites par l'enseignant et les élèves durant la séance.
- Pour chercher à comprendre toutes les relations d'implications entre les variables étudiées dans cette recherche, nous pensons que le recours à l'approche d'analyse statistique implicative serait très pertinent.
- Pour valoriser les résultats obtenus, il faudrait aussi étudier un échantillon plus large.
- Il serait pertinent de suivre les mêmes élèves apprenant avec cet instrument numérique dans les années à venir pour avoir une idée plus détaillée sur leurs éventuels progrès et leurs raisonnements.
- Pour identifier le rôle du TNI dans l'apprentissage des élèves, nous trouvons qu'il serait pertinent d'étudier des élèves apprenant la même séquence (fractions) sans utiliser le TNI. Il serait aussi logique de comparer leurs résultats par rapport à ceux qui ont appris avec le TNI.
- À la suite de nos discussions avec les enseignants ayant refusé de participer à cette étude, nous avons constaté que ceux-ci n'utilisent pas ou utilisent peu le TNI parce qu'ils ne maîtrisent pas l'utilisation de cet instrument. Ils n'ont pas reçu une formation aidant à se servir de cet outil. Grâce à nos discussions avec les enseignants participant à cette étude, nous avons trouvé qu'ils ne sont pas du tout satisfaits de la qualité de la formation qu'ils ont suivie. Pour ceux-ci, la formation proposée se focalise plutôt sur

l'aspect technique ou matériel de l'outil et ne donne pas assez d'importance à l'aspect pédagogique. Durant notre recherche doctorale, nous avons aussi suivi une formation de 7 heures sur le TNI, formation qui s'est avérée purement technique, l'aspect pédagogique étant quasiment absent. Par contre, la fiche de présentation de cette formation soulignait que celle-ci allait permettre aux participants d'exercer et d'exploiter les fonctions pédagogiques du TNI. Le public était large (quarantaine de personnes) et hétérogène : il y avait des enseignants du primaire, du collège, du lycée et de l'enseignement supérieur. Dans cette perspective, nous trouvons qu'il serait très utile d'organiser des formations se focalisant sur les usages pédagogiques de cet instrument. Il faudrait former l'enseignant à être capable de profiter des potentiels pédagogiques du TNI. L'enseignant devrait maîtriser techniquement et pédagogiquement l'instrument mis à sa disposition. Cela lui permettrait de profiter des *fonctions constituantes* produites par le concepteur et de créer lui-même des *fonctions constituées* durant l'utilisation de son instrument (Rabardel, 1995). Les formations proposées aux enseignants devraient aussi se focaliser sur la nouvelle méthode de construire les connaissances : la construction collective. L'aspect collectif de l'utilisation des TICE dont le TNI, est très présent comme on l'a vu dans les modèles de Rabardel et d'Engeström (§ chapitre 1 et 2 de la deuxième partie).

- Nos résultats soulignent que les enseignants débutant dans l'utilisation du TNI rencontrent beaucoup de problèmes pour trouver des ressources prêtes à l'utilisation. Ils déplorent le manque de ressources disponibles dans chaque discipline. Pour les enseignants, la préparation des activités interactives pour l'utilisation du TNI prend beaucoup de temps. Cela représente l'une des limites de l'utilisation de cet instrument. En l'absence de ressources interactives et des compétences adéquates pour la création de ces ressources, les enseignants utilisent le TNI comme un simple vidéoprojecteur. L'interactivité est donc complètement absente. Dans cette perspective, ne faudrait-il pas mettre en place une structure spécialisée au niveau académique et universitaire pour pallier à ces carences ?
- Nous avons remarqué à travers cette étude, l'importance de la fréquence de l'utilisation du TNI sur les perceptions des enseignants sur l'utilité de certaines fonctions pédagogiques du TNI. Dans cette perspective, il nous semble important de penser à étudier les raisons qui découragent les enseignants à utiliser « rarement » le TNI dans leurs enseignements. D'autres enseignants n'utilisent jamais cet instrument dans leurs cours malgré l'équipement de leurs classes. Pourquoi, résistent-ils ?

- Nous avons constaté que les pratiques pédagogiques des enseignants utilisant le TNI jouent un rôle primordial sur la motivation et les perceptions des élèves envers l'utilité de l'usage de cet instrument dans leur apprentissage. Dans cette perspective, il nous semble qu'il est important d'étudier les raisons pour lesquelles les enseignants semblent réticents à changer leurs pratiques : pourquoi utilisent-ils le TNI uniquement comme un vidéoprojecteur ? L'enseignant devrait donc changer ses pratiques pédagogiques en s'adaptant avec le TNI, sinon son usage ne sera d'aucune utilité (Lebrun, 2004).

Bibliographie

Académie de Lyon. (2013). Renseignements sur l'équipement des écoles du Rhône par le TNI. Informations récupérées par couriel le 25 juin 2013.

Alahmadati, A.-A. (2016). *Autour du concept de fraction à l'école primaire en France : étude exploratoire des significations de la fraction au travers des manuels scolaires, des représentations et des connaissances des élèves de cycle III*. Lyon : Université Lumière Lyon 2. Thèse en sciences de l'éducation.

Alcheghri, H. (2014). Le tableau numérique interactif comme un instrument d'enseignement-apprentissage à l'école primaire. *Inter Pares, 4*, 37-44.

Alcheghri, H. (2015a). Vers un système d'activité instrumenté par le tableau numérique interactif pour favoriser la coopération dans la salle de classe. *Actes des colloques : biennale internationale de l'éducation, de la formation et des pratiques professionnelles,* Paris, France.

Alcheghri, H. (2015b). Les potentiels pédagogiques de l'usage du tableau numérique interactif à l'école primaire en France à la lumière de l'analyse statistique implicative. Dans J.-C. Régnier, Y. Slimani, R. Gras, I. Ben Tarbout, et A. Dhouibi (Eds.), *Analyse Statistique Implicative. Des sciences dures aux sciences humaines et sociales* (pp. 536-559). Radès – Tunisie : ARSA.

Alcheghri, H. (2016). Usage du tableau numérique interactif à l'école primaire en France : quels potentiels pédagogiques peut-on en tirer ? Dans T. Karsenti, S. Goyer, et A. Fiévez, *Programme du colloque international en éducation et du Sommet de l'iPad et du numérique en éducation.* Montréal : Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession enseignante, Chaire de recherche du Canada sur les technologies de l'information et de la communication (TIC) en éducation.

Al-Qirim, N. (2011). Determinants of interactive white board success in teaching in higher education institutions. *Computers & Education, 56*, 827–838.

Arborio, A.-M., et Fournier, P. (1999). *L'enquête et ses méthodes : l'observation directe.* Paris : Nathan Université.

Baffico, P. (2009). L'utilisation du tableau blanc interactif pour enseigner la géographie au lycée. *L'information géographique, 73* (3), 65-83.

Bakadam, E., et Asiri, M. J. (2012). Teachers' Perceptions Regarding the Benefits of Using the Interactive Whiteboard (IWB) : The Case of a Saudi Intermediate School. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 64*, 179-185.

Balacheff, N. (1994). Didactique et Intelligence artificielle. *Recherches en didactique des mathématiques, 14* (1/2), 9-42.

Ball, B. (2003). Teaching and learning mathematics with an interactive whiteboard. Birmingham, Royaume-Uni : Micromath.

Baron, G.-L. (2001). L'institution scolaire confrontée aux TIC. *Sciences Humaines, 32 hors série*, pp. 48-51.

Baron, G.-L., et Bruillard, E. (1996). *L'informatique et ses usagers dans l'éducation.* Paris : Presses universitaires de France (PUF).

Beauchamp, G. (2004). Teacher use of the interactive whiteboard in primary schools : towards an effective transition framework. *Technology, Pedagogy and Education, 13* (3), 327-348.

Beauchamp, G., et Kennewell, S. (2008). The influence of ICT on the interactivity of teaching. *Education and Information Technologies, 13* (4), 305-315.

Beauchamp, G., et Kennewell, S. (2010). Interactivity in the classroom and its impact on learning. *Computers & Education, 54*, 759–766.

Beauchamp, G., et Parkinson, J. (2005). Beyond the 'wow' factor : developing interactivity with the interactive whiteboard. *School Science Review, 86* (316), PP97-104.

BECTA. (2003a). What the research says about interactive whiteboards. Coventry, Grande-Bretagne : British Educational Communications and Technology Agency.

BECTA. (2003b). What the research says about ICT and motivation. Coventry, Grande-Bretagne : British Educational Communications and Technology Agency.

BECTA. (2004). Getting the most from your interactive whiteboard. A guide for primary schools. Coventry, Grande-Bretagne : British Educational Communications and Technology Agency.

BECTA. (2006). Teaching Interactively with Electronic Whiteboards in the Primary Phase. Coventry, Grande-Bretagne : British Educational Communications and Technology Agency.

Béguin, P., et Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'intelligence artificielle, 14* (1-2), 35-54.

Bell, M.-A. (2002). Teacher Feature : Why Use an Interactive Whiteboard ? A Baker's Dozen Reasons! *Teachers.net gazette, 3* (1).

BESA. (2009). ICT Provision & Use in 2009/10. Education Market Outlook Series. London, Royaume-Uni : British Educational Suppliers Association.

Beth, E. W., et Piaget, J. (1961). *Epistémologie mathématique et psychologie : essai sur les relations entre la logique formelle et la pensée réelle* (Vol. 1. Collection: Bibliothèque scientifique internationale. Etudes d'épistémologie génétique N° 14). Paris : Presses Universitaires de France.

Blanchet, A., et Gotman, A. (1992). *L'enquête et ses méthodes : l'entretien.* Paris : Nathan.

Blandin, B. (1997). Construction des usages et apprentissages collectifs : l'utilisation des instruments de communication en situation de travail. Actes du Premier Colloque International « Penser les usages». Bordeaux, 27-29 mai 1997.

Blouin, P. (1999). Pour mieux comprendre la construction des nombres rationnels. Dans G. Lemoyne, et F. Conne, *La cognition en didactique des mathématiques* (pp. 199-2011). Montréal, Québec : Les Presses de l'Université de Montréal.

Bogdan, R., et Taylor, S. J. (1975). *Introduction To Qualitative Research Methods. A Phenomenological Approach to the Social Sciences.* New-York : John Wiley & Sons.

Bolon, J. (1992). L'enseignement des décimaux à l'école élémentaire. *« Grand N» , 52*, 49-79.

Bonboir, A. (1972a). *La méthode des tests en pédagogie.* Paris : PUF.

Bonboir, A. (1972b). *La méthode des tests en pédagogie : problèmes d'évaluation et psychométrie.* Paris : PUF-L'éducateur.

Bourguin, G. (2000). *Un support informatique à l'activité coopérative fondé sur la Théorie de l'Activité : le projet DARE.* Lille : Université des sciences et technologies. Thèse dans le domaine d'informatique.

Brassac, C. (2003). Lev, Ignace, Jerome et les autres… . Vers une perspective constructiviste en psychologie interactionniste. *Technologies, Idéologies et Pratiques : revue d'anthropologie des connaissances, 15* (1), 195-214.

Brissiaud, R. (1998). Les fractions et les décimaux au CM1, une nouvelle approche. *Actes du XXVème colloque des formateurs et professeurs de mathématiques chargés de la formation des maîtres, Loctudy les 11-13 Mai 1998* (pp. 147-171). Loctudy : IREM de Brest, Université de Bretagne occidentale.

Brousseau, G. (1981). Problèmes de didactique des décimaux. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 2* (1), 39-127.

Brousseau, G., Brousseau, N., et Warfield, V. (2004). Rationals and decimals as required in the school curriculum. *Journal of Mathematical Behavior, 23*, 1-20.

Bruillard, E. (1997). L'ordinateur à l'école : de l'outil à l'instrument. Dans L.-O. Pochon, et A. Blanchet (Eds), *L'ordinateur à l'école : de l'introduction à l'intégration* (pp. 101-118). Neuchâtel : IRDP et LEP.

Burton-Monney, S., et Jauquier, L. (2010). *TBI : Enseigner avec les tableaux blancs interactifs.* Berne : Educa. Guides - Institut suisse des médias pour la formation et la culture en Suisse.

Carette, V., Content, A., Rey, B., Coché, F., et Gabriel, F. (2009). *Etude de l'apprentissage des nombres rationnels et des fractions dans une approche par compétences à l'école primaire.* Bruxelles : Université libre de Bruxelles.

Chambat, P. (1994). Usages des technologies de l'information et de la communication : évolution des problématiques. *Technologies de l'information et société (TIS), 6* (3), 249-270.

Chaptal, A. (2007). Usages prescrits ou annoncés, usages observés. Réflexions sur les usages scolaires du numérique. *Lavoisier : Document numérique, 10* (3), 81-106.

Chauvet, E., et Icard, P.-Y. (2007). Géométrie dynamique, instruments virtuels et tableau interactif. *Revue Sesamath, 4*.

Clark, R. E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research, 53* (4), 445-459.

Clark, R. E. (1994). Media Will Never Influence Learning. *Educational Technology, Research and Development (ETR&D), 42* (2), 21-29.

Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail.* Paris : Presses Universitaires de France.

Contamines, J., George, S., et Hotte, R. (2003). Approche instrumentale des banques de ressources éducatives. *Revue Sciences et Techniques Éducatives (STE), Numéro spécial « Ressources numériques, XML et éducation »* (10, hors série), 157-178.

Coquin, D., et Camos, V. (2006). Décimaux et fractions. Dans P. Barrouillet, et V. Camos (Dir), *La cognition mathématique chez l'enfant* (pp. 145-154). Marseille : Solal Editeurs.

Corrieu, L. (1999). *Dictionnaire du professeur des écoles : enseignement des mathématiques.* Paris : Vuibert.

Couturier, R. (2000). Traitement de l'analyse statistique dans CHIC. *Actes des Journées sur La Fouille dans les Données par la Méthode d'Analyse Statistique Implicative, IUFM de Caen*, 33-50.

Couturier, R., et Gras, R. (2005). *CHIC : traitement de données avec l'analyse implicative.* Paris : Extraction et gestion des connaissances (EGC'2005). Actes des cinquièmes journées Extraction et Gestion des Connaissances, Paris, France, 18-21 janvier 2005, 2 Volumes.

De Ketele, J.-M. (1983). *Méthodologie de l'observation.* Louvain : Université catholique de Louvain.

De Ketele, J.-M., et Roegiers, X. (1993). *Méthodologie du recueil d'informations : fondement des méthodes d'observations, de questionnaires, d'interviews et d'études de documents.* 2ème édition. Bruxelles : De Boeck.

Dépelteau, F. (1998). *La démarche d'une recherche en sciences humaines, de la question de départ à la communication des résultats.* Laval : Les Presses de l'Université Laval.

Depover, C., Karsenti, T., et Komis, V. (2007). *Enseigner avec les technologies: favoriser les apprentissages, développer des compétences* (Vol. 1). Québec : Canada: Presses de l'Université du Québec.

Deshaies, I. (2006). *Une première formalisation de la notion de fraction chez les élèves forts, moyens et faibles au 2e cycle du primaire.* Québec : Université du Québec à trois-rivières.

Deslauriers, J.-P. (1991). *Recherche Qualitative : guide pratique.* Québec : McGraw-Hill, Editeurs.

Digregorio, P., et Sobel-Lojski, K. (2010). The effects of interactive whiteboards (IWBs) on student performance an learning : a literature review. *Journal of Educational Technology Systems, 38* (3), 255-312.

Docq, F., et Daele, A. (2002). De l'outil à l'instrument : des usages en émergence. Dans D. Peraya, et B. Charlier, *Technologie et innovation en pédagogie* (pp. 113-128). Bruxelles : Boeck Supérieur « Perspectives en éducation et formation ».

Dostal, J. (2011). Reflections on the Use of Interactive Whiteboards in Instruction in International Context. *The New Educational Review, 25* (3), 205-220.

Duroisin, N., Temperman, G., et De Lièvre, B. (2011). Effets de deux modalités d'usage du tableau blanc interactif sur la dynamique d'apprentissage et la progression des

apprenants. *"Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Conférence EIAH'2011, Mons : Belgique* , 257-269.

Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine : registres sémiotiques et apprentissages intellectuels.* Neuchâtel, Suisse : Peter Lang.

Edwards, J.-A., Hartnell, M., et Martin, R. (2002). Interactive Whiteboards : Some lessons from the classroom. *Micromath, 18* (2), 30-33.

Emeriau, A. (2008). Comment le TBI renforce la réussite des élèves en langues vivantes ? Dossier de l'ingénierie éducative, hors série. Dans P. Claus, *Les TICE au service des élèves du primaire* (pp. 115-118). Paris : Futuroscope : Scérén-CNDP.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding : an activity-theoretical approach to developemental research.* Helsinki : Orienta-Konsultit.

Engeström, Y. (1999). Expansive Visibilization of Work : An Activity-Theoretical Perspective. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW) , 8* (1-2), 63-93.

Engeström, Y. (2000). From individual action to collective activity and back : developmental work research as an interventionist methodology. Dans P. Luff, J. Hindmarsh, et C. Heath, *Workplace Studies Recovering Work Pratice and Informing System Design* (pp. 150-166). Cambridge : Cambridge University Press.

Engeström, Y. (2001). Expansive Learning at Work : Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work, 14* (1), 133-156.

Falcade, R. (2006). *Théorie des situations, médiation sémiotique et discussions collectives, dans des séquences d'enseignement avec Cabri-géomètre pour la construction des notions de fonction et graphe de fonction.* Grenoble : Université Joseph Fourier. Thèse doctorale en spécialité de mathématiques et informatique.

Flocher, V., et Rabardel, P. (2004). Hommes, artefact, activités : perspective instrumentale. Dans P. Falzon, *Ergonomie* (pp. 251-268). Paris : Presses Universitaires de Frances (PUF).

Fourgous, J.-M. (2010). *Réussir l'école numérique - Rapport de la mission parlementaire sur la modernisation de l'école par le numérique.* Paris : Mission parlementaire de Jean-Michel Fourgous sur l'école numérique (15 février 2010).

Fourgous, J.-M. (2011). *Réussir à l'école avec le numérique : le guide pratique.* Paris : Odile Jacob.

Fourgous, J.-M. (2012). *Apprendre autrement à l'ère du numérique, Se former,collaborer,innover :Un nouveau modèle éducatif pour une égalité des chances-Rapport de la mission parlementaire sur l'innovation des pratiques*

pédagogiques par le numérique et la formation des enseignants. Paris : Mission parlementaire Fourgous.

Futuresource Consulting (2009). Interactive Displays Quarterly Insight : State of the Market Report. Bedfordshire : Futuresource Consulting Ltd.

Gage, J. (2011). *Le TBI au primaire : utiliser le tableau blanc interactif au quotidien.* Montréal : Chenelière-éducation.

Glover, D., et Miller, D. (2001). Running with Technology : the pedagogic impact of the large-scale introduction of interactive whiteboards in one secondary school. *Journal of Information Technology for Teacher Education, 10* (3), 257-278.

Glover, D., Miller, D., et Averis, D. (2003). *The impact of interactive whiteboards on classroom practice: examples drawn from the teaching of mathematics in secondary schools in England.* Brno, Czech Republic : The Mathematics Education into the 21st Century Project Proceedings of the International Conference.

Glover, D., Miller, D., Averis, D., et Door, V. (2005). The interactive whiteboard : a literature survey. *Technology, Pedagogy and Education, 14* (2), 155-170.

Glover, D., Miller, D., Averis, D., et Door, V. (2007). The evolution of an effective pedagogy for teachers using the interactive whiteboard in mathematics and modern languages : an empirical analysis from the secondary sector. *Learning, Media and Technology, 32* (1), 5-20.

Gras, R. (1996). *L'implication statistique : nouvelle méthode exploratoire de données.* Grenoble : La Pensée sauvage éditions.

Gras, R., Kuntz, P., et Briand, H. (2001). Les fondements de l'analyse statistique implicative et quelques prolongements pour la feuille de données. *Math. & Sci. hum*, N° 154-155, 9-29.

Gras, R., et Régnier, J.-C. (2009). Fondements de l'Analyse statistique Implicative – A.S.I. Dans

R. Gras, J.-C. Régnier, et F. Guillet (Dir), *Analyse statistique implicative : une méthode d'analyse de données pour la recherche de causalités* (pp. 17-41). Toulouse: Cépaduès.

Gras, R., Régnier, J.-C., et Guillet, F (Eds). (2009). *Analyse statistique implicative : méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*. *Revue des Nouvelles Technologies de l'Information RNTI-E-16.* Toulouse, France : Cépaduès.

Gras, R., Régnier, J.-C., Marinicia, C., et Guillet, F (Eds). (2013). *L'analyse statistique implicative : méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités*. Toulouse, France : Cépaduès.

Grégoire, J. (2008). *Aux sources des difficultés de l'apprentissage des fractions.* Bruxelles : Université libre de Bruxelles. Séminaire présenté au LAPSE, ULB, 14 février 2008.

Greiffenhagen, C. (2000). *Out of the office into the school : electronic whiteboards for education.* Centre for Requirements and Foundations-PRG-TR-16-00. Oxford : Oxford University Computing Laboratory.

Guin, D., et Trouche, L. (2002). *Calculatrices symboliques, transformer un outil en un instrument du travail informatique : un problème didactique.* Grenoble : La pensée sauvage, éditions.

Hall, I., et Higgins, S. (2005). Primary school students' perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted learning, 21 (2005)*, 102-107.

Haspekian, M. (2005). *Intégration d'outils informatiques dans l'enseignement des mathématiques, étude du cas des tableurs.* Paris VII : Université Paris VII- Denis Diderot. Thèse doctorale en didactique des mathématiques.

Hennessy, S., Deaney, R., Ruthven, K., et Winterbottom, M. (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science. *Learning, Media and Technology, 32* (3), 283-301.

Heutte, J., et Tempez, F. (2008). Quand une technologie rassurante renforce le sentiment d'efficacité personnelle et le plaisir d'enseigner. Dossiers de l'ingénierie éducative, hors série. Dans P. Claus, *Les TICE au service des èlèves du primaire* (pp. 101-106). Paris : Futuroscope : Scérén-CNDP.

Higgins, S., Beauchamp, G., et Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology, 32* (3), 213-225.

Hitt, F. (2013). Théorie de l'activité, interactionnisme et socioconstructivisme. Quel cadre théorique autour des représentations dans la construction des connaissances mathématiques ? *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives, 18*, 9-27.

Holmes, K. (2009). Planning to teach with digital tools : Introducing the interactive whiteboard to pre-service secondary mathematics teachers. *Australasian Journal of Educational Technology, 25* (3), 351-365.

Jeunier, B., Morcillo-Bareille, A., Camps, J.-F., Galy-Marié, E., et Tricot, A. (2005). *Expertise relative aux usages du tableau blanc interactif en école primaire*. Paris.

Rapport remis à la Direction de la Technologie/SDTICE Ministère de l'Education Nationale dans le cadre du projet PrimTice.

Jewitta, C., Moss, G., et Cardini, A. (2007). Pace, interactivity and multimodality in teachers' design of texts for interactive whiteboards in the secondary school classroom. *Learning, Media and Technology, 32* (3), 303-317.

Jouët, J. (1993). Usages et pratiques des nouveaux outils. Dans L. Sfez, *Dictionnaire critique de la communication* (Vol. 1, pp. 371-378). Paris : Presses Universitaires de France (PUF).

Jouët, J. (2000). Retour critique sur la sociologie des usages. *Réseaux, 18* (100), 487-521.

Karsenti, T., Collin, S., Dupuis, A., Villeneuve, S., Dumouchel, G., et Robin, J.-P. (2012). *Avantages et défis inhérents à l'usage des ordinateurs au primaire et au secondaire : 2e Enquête auprès de la Commission scolaire Eastern Townships. Synthèse des principaux résultats.* Montréal : QC, CRIFPE.

Karsenti, T., Collin, S., et Dumouchel, G. (2012). L'envers du tableau : ce que disent les recherches de l'impact des TBI sur la réussite scolaire. *Vivre le primaire, 25* (2), 30-32.

Karsenti, T., et Collin, S. (2011). *Avantages et défis inhérents à l'usage des ordinateurs au primaire et au secondaire : Enquête auprès de la Commission scolaire Eastern Townships. Synthèse des principaux résultats.* Montréal : QC, CRIFPE.

Kaufman, J.-C. (1996). *L'entretien compréhensif.* Paris : Nathan.

Kennewell, S., et Beauchamp, G. (2007). The features of interactive whiteboards and their influence on learning. *Learning, Media and Technology, 32* (3), 227–241.

Kennewell, S., Tanner, H., Jones, S., et Beauchamp, G. (2008). Analysing the use of interactive technology to implement interactive teaching. *Journal of Computer Assisted Learning, 24*, 61–73.

Kieren, T. E. (1980). The rational number construct : Its elements and mechanisms. Dans T. E. Kieren, *Recent research on number learning* (pp. 125-149). Columbus, Ohio : ERIC/SMEAC.

Kieren, T. E. (1993). Rational and Fractional Numbers : From Quotient Fields to Recursive Understanding. Dans T. P. Carpenter, E. Fennema, et T. A. Romberg, *Rational numbers : an integration of research* (pp. 49-84). Hillsdale, N.J., Etats-Unis d'Amérique : Lawrence Erlbaum Associates.

Kuuti, K. (1996). Activity Theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction Research. Dans B. A. Nardi, *Context and consciousness : Activity theory and human computer interaction* (pp. 17-44). Cambridge : MIT Press.

Lagrange, J.-B. (1998). Analyse implicative d'un ensemble de variables numériques ; application au traitement d'un questionnaire aux réponses modales ordonnées. *Revue de statistique appliquée, 46* (1), 71-93.

Lagrange, J.-B. (2005). *Instruments, usages et paradigmes dans l'enseignement des Mathématiques : le tableau noir, l'ordinateur et l'internet.* Texte fait suite à une conférence plénière lors des journées de la commission inter-irem Mathématiques et informatique. Cergy.

Lamy, C. (2008). Le TNI, un support privilégié pour développer des interactions langagières en maternelle. Dossiers de l'ingénierie éducative, hors série. Dans P. Claus, *Les TICE au service des élèves du primaire* (pp. 107-113). Paris : Futuroscope, Scérén-SNDP.

Layton, J. R. (1999). No Significant Difference Phenomenon, (Book review). *Educational Technology & Society, 2* (3), 142-143.

Lebrun, M. (2004). La formation des enseignants aux TIC : allier pédagogie et innovation. *International Journal of Technologies in Higher Education, 1*, pp. 11-21.

Lefebvre, S., et Samson, G. (2013). État des connaissances sur l'implantation du tableau numérique interactif (TNI) à l'école. *Sticef, 20*.

Léontiev, A. N. (1975). *Activité, conscience, personnalité.* Moscou : Editions du Progrès.

Leontiev, A. N. (1976). *Le Développement du psychisme.* Paris : Ed. Sociales.

Leontiev, A. N. (1981). The problem of activity in psychology. Dans J. V. Wertsch, *The Concept of Activity in Soviet Psychology* (pp. 37-71). Armonk, New York, USA : M.E. Sharpe.

Leroux, L. (2009). Le tableau numérique interactif : quelles spécifités vis-à-vis d'autres dispositifs ? Quand et pourquoi l'utiliser? *REPERES - IREM Grenoble , 74*, pp. 45-52.

Leroy, M. (2007). Du vidéoprojecteur au TBI ; Les TICE au service du collectif. Académie Nancy-Metz. *TICE Infos* n° 21.

Levy, P. (2002). *Interactive whiteboards in learning and teaching in two Sheffield schools : a developmental study.* Sheffield : Department of Information Studies, University of Sheffield.

Lewin, C., Somekh, B., et Steadman, S. (2008). Embedding interactive whiteboards in teaching and learning : The process of change in pedagogic practice. *Education and Information Technologies, 13* (4), 291-303.

Lewis, R. (1998). Apprendre conjointement : une analyse, quelques expériences et un cadre de travail. *Quatrième colloque hypermédias et apprentissages*, 15-17 octobre, Poitiers, pp.11-28.

Lopez, O. S. (2010). The Digital Learning Classroom : Improving English Language Learners' academic success in mathematics and reading using interactive whiteboard technology. *Computers & Education, 54*, 901-915.

Lyonnais, E. (2009). *Le cahier de sciences au cours préparatoire de l'école primaire en France. Étude exploratoire d'un outil pour enseigner et apprendre les sciences avec des élèves de 6 a 7 ans.* Lyon : Université Lumière Lyon 2. Thèse de doctorat en Sciences de l'éducation.

Magnat, E. (2013). *Le TBI comme instrument du développement de la conscience phonémique à l'école : une approche ergonomique.* Grenoble : Université Stendhal Grenoble 3. Thèse en Didactique et Linguistique.

Martel, V. (2005). *Emergence d'une communauté d'apprentissage en réseau à l'ordre primaire : l'activité de transformation d'un environnement d'apprentissage par la direction, les enseignants et les élèves (étude de cas).* Québec : Université Laval.

Martin, S. (2007). Interactive whiteboards and talking books : a new approach to teaching children to write? *Literacy, 41* (1), 26-34.

Marzano, R. J. (2009). The Art and Science of Teaching/Teaching with Interactive Whiteboards. *Educational leadership, 67* (3), 80-82.

McIntyre-Brown, C. (2011). *Understanding the Next Wave of Technology Innovation in Education.* Bedfordshire, UK : Futuresource Consulting Ltd et BETT.

Megalakaki, O. (2011). *De l'usage des tableaux numériques interactifs.* Rapport réalisé par le laboratoire LUTIN à la demande du Ministère de l'Education Nationale, de la Jeunesse et de la Vie Associative et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche : Rapport final du projet concernant "La lecture sur tableaux numériques interactifs (TNI)" coordonné par Olga Megalakaki.

MEN. (2008). Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire. *Bulletin officiel du Ministère de l'Education Nationale et du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, N° 3 : hors série*, 1-40.

MENESR. (2006). *Etude sur les usages des dispositifs TIC dans l'enseignement scolaire.* MENESR (Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche). Paris: Sous-direction des technologies de l'information et de la communication pour l'éducation (SDTICE). Bureau des Usages.

Mercier, P. (2004). *Le passage de l'école primaire à l'école secondaire dans l'enseignement et l'apprentissage des fractions.* Québec, Canada : Université Laval.

Meyer, A. (2012). *Enseigner avec un tableau blanc interactif : une (r)évolution ? Mémoire présenté pour l'obtention du Master MALTT.* Genève : Université de Genève.

Mialaret, G. (1953). *L'éducateur et la méthodes des tests.* Paris : Les éditions du scarabée.

Mialaret, G. (2004). *Les méthodes de recherches en sciences de l'éducation. Que sais-je ?* Paris : Presses Universitaires de France.

Miller, D., Glover, D., et Averis, D. (2005a). Presentation and pedagogy : the effective use of interactive whiteboards in mathematics lessons. Dans D. Hewitt, et A. Noyes, *Proceedings of the sixth British Congress of Mathematics Education* (pp. 105-112). Coventry, Royaume-Uni : University of Warwick.

Millerand, F. (1998). Usages des NTIC, les approches de la diffusion, de l'innovation et de l'appropriation (1re partie). *COMMposite, 98* (1).

Moeglin, P. (2005). *Outils et médias éducatifs, une approche communicationnelle.* Grenoble : Presses universitaires de Grenoble.

Mucchielli, R. (1993). *Le questionnaire dans l'enquête psychosociale.* Paris : ESF éditeur.

Ndong, L. (2015). Représentations des enseignants gabonais sur l'éducation à la santé. Dans J.-C. Régnier, Y. Slimani, R. Gras, I. Ben Tarbout, et A. Dhioubi (Eds), *Analyse statistique implicative, des sciences dures aux sciences humaines et sociales* (pp. 417-434). Tunis : ARSA.

Northcote, M., Mildenhall, P., Marshall, L., et Swan, P. (2010). Interactive whiteboards: Interactive or just whiteboards? *Australasian Journal of Educational Technology, 26* (Special issue, 4), 494-510.

Odic, L., et Richard, D. (2005). *Usages de tableaux blancs interactifs dans l'enseignement primaire.* Enquête réalisée à la demande de la Direction de la Technologie/(SDTICE) du ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Paris : DT-SDTICE.

Ollagnier-Beldame, M. (2006). *Traces d'interactions et processus cognitifs en activité conjointe : le cas d'une co-rédaction médiée par un artefact numérique.* Lyon : Université Lumière Lyon 2. Thèse de doctorat de sciences cognitives.

Parat-Dayan, S., et Vonèche, J. (1991). Conservation, notions et pratiques cognitives : étude de leurs interrelations. Dans J. Bideaud, C. Meljac, et J.-P. Fischer, *Les chemins du nombre* (pp. 91-112). Villeneuve-d'Ascq : Presses universitaires de Lille.

Peraya, D. (1999). Médiation et médiatisation : le campus virtuel. *Hermès, La Revue, 25*, 153-167.

Perriault, J. (2008). *La logique de l'usage : essai sur les machines à communiquer.* Paris : L'Harmattan.

Piaget, J. (1936). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant.* Neuchatel, Paris : Delachaux & Nieste S.A.

Piaget, J. (1964). *Six études de psychologie.* Genève : Gonthier.

Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives : problème central du développement.* Paris : Presses universitaires de France.

Piaget, J., Grize, J.-B., Szeminska, A., et Bang, V. (1968). *Epistémologie et psychologie de la fonction* (Vol. 1. Collection : Bibliothèque scientifique internationale. Etudes d'épistémologie génétique N° 23). Paris : Presses Universitaires de France (PUF).

Piaget, J., Inhelder, B., et Szeminska, A. (1948). *La géométrie spontanée de l'enfant.* Paris : Presse Universitaires de France.

Poyet, F. (2014). *Comprendre la construction des usages des TIC en formation : vers un modèle d'analyse systémique.* Lyon : Université Claude Bernard-Lyon 1. Note de Synthèse présentée en vue d'obtenir l'Habilitation à Diriger des Recherches.

Poyet, F. (2015). *Technologies numériques et formation : freins et leviers.* Paris : L'Harmattan.

Proulx, S. (2005). Penser les usages des TIC aujourd'hui : Enjeux, modèles, tendances. Dans L. Vieira, et N. Pinède-Wojciechowski, *Enjeux et usages des TIC : Aspects sociaux et culturels* (pp. 7-20). Bordeaux : Presses universitaires de Bordeaux.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains.* Paris : Armand Colin.

Rabardel, P. (1997). Activités avec instruments et dynamique cognitive du sujet. Dans C. Moro, B. Schneuwly, et M. Brossard, *Outils et signes : perspectives actuelles de la théorie de Vygotski* (pp. 35-49). Paris : Peter Lang.

Rabardel, P. (1999). Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. Dans M. Bailleul, *Actes de la dixième université d'été de didactique des mathématiques, Évolution des enseignants de mathématiques; rôle des instruments informatiques et de l'écrit. Qu'apportent les recherches en*

didactique des mathématiques (pp. 203-2013). Caen : ARDM (association pour la recherche en didactique des mathématiques).

Rabardel, P. (2000). La mémoire technique : une anticipation du futur? Un exemple en DAO-CAO. *Technologies, Idéologies, Pratiques : mémoires de la technique, techniques de la mémoire, 13* (2), 167-179.

Rabardel, P. (2001). Instrument mediated activity In Situations. Dans A. Blandford, J. Vanderdonckt, et P. Gray, *People and Comp uters XV -Interactions Without Frontiers* (pp. 17-30). London : Springer.

Rabardel, P. (2002). Le langage comme instrument, éléments pour une théorie instrumentale élargie. Dans Y. Clot, *Avec Vygotski* (pp. 265-289). Paris : La Dispute. Deuxième édition.

Rabardel, P. (2005). Instrument, activité et développement du pouvoir d'agir. Dans P. Lorino, et R. Teulier, *Entre connaissance et organisation : l'activité collective* (pp. 251-265). La Découverte « Recherches ».

Rabardel, P., et Pastré, P. (2005). *Modèles du sujet pour la conception : dialectiques, activités, développement. Collection Travail & activité humaine.* Toulouse : Octarès éditions.

Rabardel, P., et Samurçay, R. (2006). De l'apprentissage par les artefacts à l'apprentissage médiatisé par les instruments. Dans J.-M. Barbier et M. Durand, *Sujets, activités, environnement : approches transverses* (pp. 31-60). Paris : Education et formation et Presses universitaires de France.

Régnier, J.-C. (2000). *Méthodes quantitatives & Statistique. Notions, méthodes et formules de base.* Lyon : ISPEF- Université Lumière Lyon 2.

Régnier, J.-C. (2008). *Approche méthodologique de l'enquête par questionnaire & statistique.* Lyon : ISPEF - Université Lumière Lyon 2.

Régnier, J.-C., et Gras, R. (2005). Statistique de rangs et analyse implicative. *Revue de statistique appliquée, 1*, 5-38.

Régnier, J.-C., et Gras, R. (2013). Statistique de rangs et Analyse Statistique Implicative. Dans R. Gras, J.-C. Régnier, C. Marinica, et F. Guillet (Eds), *L'analyse statistique implicative. Méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalité* (pp. 187-206). Toulouse, France : Cépaduès.

Robert, P. (2014). *Robert : dictionnaire alphabétique de la langue française.* Paris : Société de Nouveau Littré.

Roland, C., Combier, G., Dussuc, M.-P., et Madier, D. (2010a). *Cap maths CM1, cycle 3, nouveaux programmes : manuel de l'élève.* Paris : Hatier.

Roland, C., Combier, G., Dussuc, M.-P., et Madier, D. (2010b). *Cap maths CM2, cycle 3, nouveaux programmes : manuel de l'élève.* Paris : Hatier.

Rudd, T. (2007). *Interactive whiteboards in the classroom.* Bristol, Royaume-Uni: Futurelab.

Saint-Germain, F. (2011). *Utiliser le tableau numérique.* Paris : Delagrave.

Schmid, E. C. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology. *Computers & Education, 51 (2008)*, 1553-1568.

Simon, J., Gerard, J.-P., et Thevenin, C. (2008). Dossiers partagés par les stagiaires avec ou sans formateur à l'IUFM de La Réunion : Analyses des traces. *Sticef, 15*.

Simondon, G. (1969). *Du mode d'existence des objets techniques* . Paris : Aubier-Montaigne.

Skutil, M., et Manenova, M. (2012). Interactive whiteboard in the primary school. *International journal of education and informations technologies, 6* (1), 123-130.

Slay, H., Sieborger, I., et Hodgkinson-Williams, C. (2008). Interactive whiteboards : Real beauty or just ''lipstick"? *Computers & Education, 51*, 1321–1341.

Smith, F., Hardman, F., et Higgins, S. (2006). The impact of interactive whiteboards on teacher–pupil interaction in the National Literacy and Numeracy Strategies. *British Educational Research Journal, 32* (3), 443-457.

Smith, H. J., Higgins, S., Wall, K., et Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning, 21*, 91–101.

Smith, L. (2008). An investigation into the effect of a NATE/BECTA training programme on the use of interactive whiteboards in teaching and learning in Secondary English. *English in Education, 42* (3), 269-282.

Somekh, B., Haldane, M., Jones, K., Lewin, C., Steadman, S., Scrimshaw, P., et al. (2007). *Evaluation of the Primary Schools Whiteboard Expansion Project - summary report.* Education & Social Research Institute, Centre for ICT, Pedagogy and Learning. Manchester : Metropolitan University, July 2007. Rapport proposé au BECTA.

Somyürek, S., Atasoy, B., et Özdemir, S. (2009). Board's IQ : What makes a board smart ? *Computers & Education, 53*, 368–374.

St-Jaques, É. (2013). Comprendre l'usage du tableau blanc interactif (TBI) sur l'apprentissage et la réussite des élèves : le cas de l'école sécondaire Saint-Laurent de la

commission scolaire Marguerite-Bourgeoys. Montéral : Université du Québec. Mémoire en technologies de l'information.

Sundberg, B., Spanteb, M., et Stenlunda, J. (2012). Disparity in practice: diverse strategies among teachers implementing interactive whiteboards into teaching practice in two Swedish primary schools. *Learning, Media and Technology , 37* (3), 253-270.

Tataroglu, B., et Erduran, A. (2010). Examining students' attitudes and views towards usage an interactive whiteboard in mathematics lessons. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 2*, 2533-2538.

Torff, B., et Tirotta, R. (2010). Interactive whiteboards produce small gains in elementary students' self-reported motivation in mathematics. *Computers & Education, 54*, 379-383.

Train, G. (2013). *Le tableau blanc interactif, un outil pour la classe de mathématiques ?* Paris : Université Paris Diderot. Thèse de Doctorat en didactique des mathématiques.

Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., et Morcillo, A. (2003). *Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH.* Strasbourg : Acte de colloque Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain 2003.

Trouche, L. (2002). Une approche instrumentale de l'apprentissage des mathématiques dans des environnements de calculatrice symbolique. Dans D. Guin, et L. Trouche (Eds), *Calculatrices symboliques ; transformer un outil en un instrument de travail mathématique : un problème didactique* (pp. 187-214). Grenoble : la Pensée sauvage.

Trouche, L. (2003). *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations.* Paris : Université Paris VII.

Trouche, L. (2007). Environnements informatisés d'apprentissage : quelle assistance didactique pour la construction des instruments mathématiques ? Dans R. Floris, et F. Conne (Dir), *Environnements informatiques, enjeux pour l'enseignement des mathématiques* (pp. 19-38). Bruxelles : De Boeck Supérieur/Perspectives en éducation et formation.

Türel, Y. K. (2010). Developing Teachers' Utilization of Interactive Whiteboards. Dans D. Gibson, et B. Dodge, *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010* (pp. 3049-3054). Chesapeake.

Türel, Y. K. (2011). An interactive whiteboard student survey: Development, validity and reliability. *Computers & Education, 57*, 2441–2450.

Türel, Y. K., et Johnson, T. E. (2012). Teachers' Belief and Use of Interactive Whiteboards for Teaching and Learning. *Educational Technology & Society, 15* (1), 381-394.

Van Der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation : méthodes en sciences humaines.* 2ème édition. Montréal : Presses de l'Université de Montréal.

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 10* (2-3), 133-170.

Vergnaud, G. (1991). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en didactiques des mathématiques (RDM), 10* (2-3), 133-170.

Vergnaud, G. (2000). *Lev Vygotski.* Paris : Hachette Education.

Vergnaud, G. (2007). Représentation et activité : deux concepts étroitement associés. *Recherches en éducation. Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN), Université de Nantes, 4*, 9-22.

Vertallier-Monet, S. (2013). *L'utilisation du TBI en classe de FLE.* Grenoble : Université Stendhal- Grenoble 3 - Mémoire de master 2.

Vigouroux, J.-S., et Cochain, B.-Y. (2008). Quand le tableau devient interactif, Dossiers de l'ingénierie éducative, hors série. Dans P. Claus, *Les TICE au service des élèves du primaire* (pp. 93-100). Paris : Futuroscope, Scérén-CNDP.

Villemonteix, F., et Béziat, J. (2013). Le TNI à l'école primaire : entre contraintes et engagement. *Sticef, 20*.

Vygotsky, L. S. (1930). La méthode instrumentale en psychologie. Dans J.-P. Bronckart, & B. Schneuwly (Dir.), *Vygotsky aujourd'hui* (pp. 39-48). Paris : Delachaux et Niestlé.

Vygotski, L. S. (1978). *Mind in society : The Development of Higher Psychological Processes.* Cambridge : Harvard University Press.

Wall, K., Higgins, S., et Smith, H. (2005). The visual helps me understand the complicated things : pupil views of teaching and learning with interactive whiteboards. *British Journal of Educational Technology, 36* (5), 851–867.

Sitographie

Bak, F. (2006). Du sujet épistémique à l'enfant précoce. URL : http://www.cabinet-bak.fr/documentation/pdf/enfant-precoce.pdf (Consulté le 28 mars 2015).

Bennetot-Dereux, V. (2008). Usages pédagogiques d'un tableau blanc interactif. URL : http://economie-gestion.ac-creteil.fr/IMG/pdf/Support_TBI.pdf (Consulté le 29 novembre 2013).

Bibeau, R. (2001). L'élève rapaillé : comment les TIC peuvent-elles contribuer à la réussite scolaire des élèves ? URL : http://www.robertbibeau.ca/rapail.html (Consulté le 29 octobre 2013).

Bordes, T. (2012, mars). Les intérêts pédagogiques du TBI. sur Académie de Montpellier: http://www.ac-montpellier.fr/sections/ia66/circonscriptions/vie-circonscriptions/ash/formations-animations/comptes-rendus/comptes-rendus/interets_plus_value_tbi/downloadFile/file/INTERETS_PLUS_VALUE_TBI.pdf (Consulté le 25 novembre 2013).

Brown, S. (2003). Interactive Whiteboards in Education. URL : http://www.jisc.ac.uk/uploaded_documents/Interactivewhiteboards.pdf (Consulté le 30 octobre 2013).

Carson, L. (2003, 9 mai). Board work, not boring. URL : http://www.tes.co.uk/teaching-resources/Carson/Board work/ (Consulté le 23 septembre 2013).

Cogill, J. (2002). How is Interactive Whiteboard being used in the primary school and how does it affect teachers and teaching. URL : http://juliecogill.com/IFS_Interactive_whiteboards_in_the_primary_school.pdf (Consulté le 06 novembre 2013).

Damcott, D., Marsh, C., et Landato, J. (2000). Report on the use of the smart board interactive whiteboard in physical science. Rapport disponible en ligne à l'adresse : http://downloads01.smarttech.com/media/sitecore/en/pdf/research_library/science/report_on_the_use_of_the_smart_board_interactive_whiteboard_in_physical_science.pdf, (Consulté le 30/09/2013).

Daoust-Boisvert, A. (2009, 21 novembre). Le cours magistral est mort, vive la techno. URL : http://m.ledevoir.com/societe/education/277752/le-cours-magistral-est-mort-vive-la-techno&utm_medium=Email&utm_term=TBI_Devoirs-article_complet&utm_campaign=BullEdu_Dec09 (Consulté le 22 mars 2013).

David, L. (2011, mai). Maths au cycle 3, les points complexes du programme. URL : http://www.saint-martin.ien.13.ac-aix-marseille.fr/spip/IMG/pdf/fractions_au_cycle_3_.pdf (Consulté le 1er septembre 2015).

Dessus, P., et Soubrié, P. (2012, Avril 1). Le tableau blanc interactif et son utilisation en classe. URL : http://webu2.upmf-grenoble.fr/sciedu/pdessus/sapea/tbi.html (Consulté le 26 Juin 2013).

Faillet, V. (2010, 20 mars). Enseigner avec un TBI et un boîtier de réponses URL : http://www.cafepedagogique.net/lemensuel/laclasse/Pages/2010/111_1.aspx (Consulté le 04 octobre 2013).

Futuresource-Consulting. (2010). Projector and Interactive Whiteboards usage in primary and secondary schools. URL : http://www.lighting.philips.com/pwc_li/main/application_areas/assets/projection/2010-05%20Projector%20%20%20IWB%20WhitePaper.pdf (Consulté le 29/04/2014).

Greiffenhagen, C. (2000). Interactive whiteboards in mathematics education : possibilities and dangers, Paper presented at WGA 11 (ICME-9), The Use of Technology in Mathematics Education. Article disponible en ligne à l'adresse: https://www.academia.edu/283193/Interactive_whiteboards_in_mathematics_education_possibilities_and_dangers (Consulté le 10/06/2014).

Lacueille, P. (2005). L'implantation de tableaux numériques dans les collèges de Gironde : Bilan pédagogique d'étape. URL : http://catice.ac-bordeaux.fr/fileadmin/CATICE/fichiers_publics/TBI/Bilan_tableaux_PL_2005.pdf (Consulté le 26/02/2014).

Lalande, M.-A. (2010). Le tableau blanc interactif (TBI) en éducation : ses avantages et ses limites. URL : http://www.treaqfp.qc.ca/113/pdf/Coup_oeil_oct10/TBI_en_education.pdf (Consulté le 16 novembre 2013)

Lee, M., et Boyle, M. (2003). The educational effects and implications of the interactive whiteboard, strategy of Richardson primary school. URL : http://www.richardsonps.act.edu.au/__data/assets/pdf_file/0020/83117/RichardsonReview_Grey.pdf (Consulté le 25/09/2013).

Macedo-Rouet, M. (2006). Enseigner et apprendre avec le tableau interactif. URL : http://www.cndp.fr/agence-usages-tice/que-dit-la-recherche/enseigner-et-apprendre-avec-le-tableau-interactif-5.htm (Consulté le 2 juillet 2013).

Mège, V. (2010, 23 Mai). TBI en cours de français : enfin une réalité ? http://www.cafepedagogique.net/lemensuel/lenseignant/lettres/francais/Pages/2010/113_TBIencoursdefrancaisenfinunerealite.aspx (Consulté le 25 septembre 2013).

Miller, D., Glover, D., et Averis, D. (2005b). Motivation : the contribution of interactive whiteboards to teaching and learning in mathematics. URL : http://try.iprase.tn.it/en/activities/studyAndResearch/download/03_Interactive_whiteboard_and_mathematics.pdf (Consulté le 10 juin 2014).

Nijimbere, C. (2013, 7 janvier). Approche instrumentale et didactiques : apports de Pierre Rabardel. URL : http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article202 (Consulté le 10 décembre 2013).

Sarrazy, B. (n.d.). Le développement cognitif selon Jean Piaget. URL : http://daest.pagesperso-orange.fr/Pages%20perso/textes_sarrazy/Enseignements/psycho/stades_piaget.pdf (Consulté le 15 mars 2015).

Smith, H. (2001, 09 juillet). SmartBoard evaluation : final report. URL : http://www.kenttrustweb.org.uk/kentict/kentict_iwb_smart_final.cfm (Consulté le 26 septembre 2013).

Speechi. (2013b, 10 juin). Solution d'évaluation interactive "Je Lève La Main" : les boîtiers de réponse. URL : http://www.speechi.net/fr/index.php/2013/06/10/solution-devaluation-interactive-je-leve-la-main-les-boitiers-de-reponse/ (Consulté le 07 octobre 2013).

Speechi. (2013a, 20 juin). Tablette numérique sans fil eBeam : enseignez d'où vous voulez. URL : http://www.speechi.net/fr/index.php/home/objets-nomades/tablette-numerique-sans-fil-ebeam-inscribe-200e/ (Consulté le 30 septembre 2013).

Swan, K., Schenker, J., et Kratcoski, A. (2008). The Effects of the Use of Interactive Whiteboards on Student Achievement. URL : http://edtech2.boisestate.edu/spechtp/551/07_The_Effects_of_the_Use_of_Interactive_Whiteboards_on_Student_Achievement.pdf (Consulté le 2 juin 2014).

Thomas, A. (2003, 25 mai). Little touches that spell success. URL : http://www.tes.co.uk/article.aspx?storycode=379883 (Consulté le 01 octobre 2013).

Toussaint, I. (2010). Le tableau blanc interactif : Un pas vers le changement ? Guide annuel 2009-2010, 500 sites Web pour réussir à l'école. URL : http://eduportfoliov3.weebly.com/uploads/1/0/7/3/10733334/cahier_tbi.pdf (Consulté le 20/05/2014).

Walker, D. (2002, 1 novembre). Meet Whiteboard Wendy. URL : http://www.tes.co.uk/article.aspx?storycode=371268 (Consulté le 26 septembre 2013).

Wikipédia. (2013, 22 mai). Tableau blanc interactif. URL : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tableau_blanc_interactif&oldid=94156523 (Consulté le 23 juin 2013).

Zittle, F. J. (2004). Enhancing Native American Mathematics Learning : The Use of Smartboard-generated Virtual Manipulatives for Conceptual Understanding. URL : http://downloads01.smarttech.com/media/research/international_research/usa/ceerzittle.pdf (Consulté le 2 juin 2014).

Tableau blanc interactif (TBI) : généralités, URL : http://eduscol.education.fr/maths/usages/tableau-blanc-i (Consulté le 02/09/2013).

Le TNI entre dans votre classe, URL : http://www.cndp.fr/crdp-besancon/index.php?id=tableau-numerique-interactif (Consulté le 27/08/2013).

Les mathématiques pour tous, URL : http://www.sesamath.net/index.php?page=documentation (Consulté le 06/10/2013).

Geogebra, URL : http://www.geogebra.org/cms/fr/ (Consulté le 07/10/2013).

Création d'outils mathématiques, URL : http://www.cabri.com/fr/ (Consulté le 13/10/2013).

Maths au collège, URL : http://www.emmanuelmorand.net/thot/presentation.php (Consulté le 15/10/2013).

Build a Fraction, URL : https://phet.colorado.edu/fr/search?q=fractions (Consulté le 18/03/2015).

Analyse statistique implicative – CHIC, URL http://sites.univ-lyon2.fr/asi8/?page=0 (Consulté le 6 novembre 2015).

Index des figures

Figure 1 – *Les composants du tableau blanc interactif* 28
Figure 2 – *Les composants du tableau numérique interactif* 29
Figure 3 – *Boîtiers de réponses et tablette interactive* 32
Figure 4 - *Répartition des taux (%) d'équipement en TNI/TBI dans l'enseignement primaire et secondaire dans le monde* 57
Figure 5 - *Progression des pays dans l'équipement d'établissements du primaire et du secondaire en TNI/TBI* 58
Figure 6 – *Distinction entre outil et instrument d'après Contamines et al., (2003)* 88
Figure 7 – *La genèse instrumentale comme une combinaison de deux processus d'après Trouche (2007)* 100
Figure 8 – *Inscription des processus de genèse instrumentale dans le cycle d'ensemble de la conception d'un artefact d'après Rabardel (1995)* 102
Figure 9 – *Modèle SAI : la triade caractéristique des situations d'activités instrumentées d'après Rabardel (1995)* 104
Figure 10 – *Modèle SACI des situations d'activités collectives instrumentées d'après Flocher et Rabardel (2004)* 105
Figure 11 – *Niveaux hiérarchiques de l'activité d'après Léontiev (1981)* 118
Figure 12 – *Structure de l'activité médiatisée selon Vygotski (Engeström, 2001, p. 134)* 120
Figure 13 – *Modèle d'un système d'activités humaines d'après Engeström (1999)* 120
Figure 14 – *Application de la théorie de l'activité d'Engeström à notre situation* 126
Figure 15 – *Application de la théorie de l'activité d'Engeström à notre travail mettant l'accent sur la division du travail* 129
Figure 16 – *Une part se répartit en 4 parties égales (2 coloriées et 2 non coloriées)* 135
Figure 17 – *Le cadre partie d'un tout* 137
Figure 18 – *Une bande partagée en 6 parts égales* 140
Figure 19 – *Un exemple d'exercice pour écrire (en lettres et/ou en chiffres) les fractions correspondant aux parties coloriées* 141
Figure 20 – *Un exemple d'exercice pour colorier la partie correspondante à la fraction donnée* 141
Figure 21 – *Exemple d'exercice pour placer des fractions sur une ligne graduée* 142
Figure 22 – *Placement des fractions sur une ligne graduée* 142

Figure 23 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 63* 145
Figure 24 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 65* 146
Figure 25 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 72* 146
Figure 26 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 73* 147
Figure 27 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 82* 147
Figure 28 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 82* 148
Figure 29 – *Extrait du manuel Cap Maths CM1 p. 99* 148
Figure 30 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 20* 150
Figure 31 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 21* 151
Figure 32 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 32* 151
Figure 33 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 49* 152
Figure 34 – *Extrait du manuel Cap Maths CM2 p. 33* 153
Figure 35 – *Des exemples de 3 bandes où le ¼ est plus grand que le ½ et le 1/3* 165
Figure 36 – *Les étapes d'une enquête par questionnaire d'après Mucchielli (1993)* 192
Figure 37 – *Arbre de similarités d'après Couturier (2000)* 202
Figure 38 – *Arbre cohésitif d'après Couturier (2000)* 203
Figure 39 – *Histogramme représentant la répartition des enseignants enquêtés selon l'âge* 206
Figure 40 – *Histogramme représentant la répartition de l'ancienneté des enseignants dans l'utilisation du TNI* 208
Figure 41 - *Fréquence d'utilisation du TNI dans toutes les matières* 209
Figure 42 - *Fréquence d'utilisation du TNI en mathématiques* 209
Figure 43 - *Fréquence de l'usage des modalités du TNI dans la classe de CM1* 214
Figure 44 - *Fréquence de l'usage des modalités du TNI dans la classe de CM2* 214
Figure 45 – *Moments de l'usage des modalités du TNI dans la classe de CM1* 215
Figure 46 – *Classement des actions faites par les élèves sur le TNI selon l'importance de leurs fréquences (les actions les plus fréquentes sont au sommet de la pyramide)* 218
Figure 47 – *Copie d'écran du logiciel PhET installé sur le TNI où les élèves étaient invités à déplacer les objets pour comparer des fractions* 219
Figure 48 – *Ressources utilisées par l'enseignante de CM1 durant la séquence de fractions* 220
Figure 49 – *Ressources utilisées par l'enseignante de CM2 durant la séquence de fractions* 221
Figure 50 – *Périodes d'enseignement des fractions* 239
Figure 51 – *Nombre de séances consacré à l'enseignement des fractions* 241

Figure 52 – *Répartition de l'utilisation du TNI entre l'enseignant et les élèves* 250
Figure 53 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'usage du TNI en grand groupe* 255
Figure 54 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'usage du TNI en petits groupes d'élèves* 258
Figure 55 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'usage individuel du TNI* 260
Figure 56 – *Perception des enseignants envers l'utilisation du TNI par les élèves* 260
Figure 57 – *Perception des enseignants envers les effets des représentations visuelles des fractions à l'aide du TNI* 261
Figure 58 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité des supports visuels dans l'apprentissage des élèves* 263
Figure 59 – *Perception des enseignants envers les effets des manipulations physiques des fractions par les élèves* 264
Figure 60 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité des supports manipulables dans l'apprentissage des élèves* 266
Figure 61 – *Discussions dans la classe avec et sans le TNI vues par les enseignants* 267
Figure 62 – *Réponses des enseignants aux questions V31, V33_enseignants et V35* 267
Figure 63 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité du TNI favorisant l'interaction enseignant-élèves* 269
Figure 64 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité du TNI favorisant l'interaction élèves-élèves* 271
Figure 65 – *Perceptions des enseignants envers l'enseignement des fractions en utilisant le TNI* 274
Figure 66 – *Points de vue des enseignants sur l'utilisation du TNI dans leurs enseignements des fractions* 275
Figure 67 – *Rangement des raisons d'utilisation du TNI dans les situations d'enseignement sur les fractions selon les enseignants* 280
Figure 68 – *Évaluation par les enseignants de l'utilité de l'utilisation du TNI dans les leçons sur les fractions* 280
Figure 69 – *Représentation des enseignants envers l'enseignement des fractions sans utiliser le TNI* 281
Figure 70 – *Perception des enseignants envers la généralisation du TNI dans toutes les notions mathématiques* 282
Figure 71 – *Arbre de similarité organisant les 12 potentiels pédagogique du TNI en classe* 287

Figure 72 – *Graphe implicatif organisant les 12 potentiels pédagogiques du TNI au niveau de confiance de ≥ 0.73* 289
Figure 73 – *Arbre cohésitif organisant les 12 potentiels pédagogiques du TNI selon une classification hiérarchique orientée par la relation de quasi-implication* 291
Figure 74 – *Réponses des élèves aux questions V45, V46 et V47* 294
Figure 75 – *Réponses des élèves à la question V48* 298
Figure 76 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des contributions du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions selon les élèves de CM1* 300
Figure 77 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des contributions du TNI dans les situations d'enseignement-apprentissage sur les fractions selon les élèves de CM2* 301
Figure 78 – *Perception des élèves envers l'enseignement de toutes les notions mathématiques en utilisant le TNI* 302
Figure 79 – *Discussions dans la classe avec et sans TNI vues par les élèves* 303
Figure 80 – *Effets du TNI sur certains aspects de l'apprentissage des élèves* 305
Figure 81 – *Réponses des élèves aux questions V33A_élèves, V51A et V52A* 306
Figure 82 – *Perception des élèves envers les effets des représentations visuelles et manipulables sur leur apprentissage* 312
Figure 83 – *Préférence des élèves pour les modalités d'usage du TNI* 317
Figure 84 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en grand groupe selon les élèves de CM1* 321
Figure 85 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en petits groupes selon les élèves de CM1* 321
Figure 86 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en individuel selon les élèves de CM1* 322
Figure 87 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en grand groupe selon les élèves de CM2* 323
Figure 88 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en petits groupes selon les élèves de CM2* 323
Figure 89 – *Rangement selon l'ordre croissant de taux des activités préférées réalisées en individuel selon les élèves de CM2* 324

Index des tableaux

Tableau 1 – *Les écoles « sources » de nos données ainsi que les instruments de recueil des données utilisés dans chaque école* 177
Tableau 2 – *Les méthodes suivies dans la construction de nos échantillons* 182
Tableau 3 – *La taille des échantillons enseignants et élèves* 184
Tableau 4 – *Répartition de nos séances d'observation directe* 189
Tableau 5 – *Répartition des élèves de CM1 et CM2 selon le niveau de performance scolaire en mathématiques selon la catégorisation de leur enseignant* 190
Tableau 6 – *Grille de codage des entretiens* 200
Tableau 7 – *Tableau des variables secondaires* 203
Tableau 8 – *Tableau de contingence : sexe (V3) et public (V1)* 204
Tableau 9 – *Tableau de contingence : sexe (V3) et classe (V2)* 205
Tableau 10 – *Répartition d'âge des enseignants (V4)* 205
Tableau 11 – *Niveau des classes enseignées (V5)* 206
Tableau 12 – *Ancienneté dans l'enseignement de la classe concernée (V6)* 207
Tableau 13 – *Ancienneté dans l'utilisation du TNI (V7)* 207
Tableau 14 – *Participation à une formation sur les TIC (V8)* 208
Tableau 15 – *Participation à une formation sur le TNI (V9)* 208
Tableau 16 – *Notes des élèves de CM1 en pré et post-test* 211
Tableau 17 – *Notes des élèves de CM2 en pré et post-test* 212
Tableau 18 – *Question concernant l'utilité de l'usage de certains potentiels du TNI* 222
Tableau 19 – *Tableau de contingence : niveau de classe enseignée (V5) et périodes d'enseignement des fractions (V12)* 240
Tableau 20 – *Tableau de contingence : niveau de classe enseignée (V5) et nombre de séances consacré à l'enseignement des fractions (V13)* 241
Tableau 21 – *Réponses des enseignants à la question V16* 243
Tableau 22 – *Résultats du test Khi2 à la question V16a* 245
Tableau 23 – *Résultats du test Khi2 à la question V16b* 245
Tableau 24 – *Résultats du test Khi2 à la question V16c* 246
Tableau 25 – *Résultats du test Khi2 à la question V16d* 246
Tableau 26 – *Résultats du test Khi2 à la question V16e* 246
Tableau 27 – *Tableau de contingence : sexe (V3) et réponse à la question V18* 251

Tableau 28 – *Tableau de contingence : niveau des classes enseignées (V5) et réponse à la question V18* 251
Tableau 29 – *Tableau de contingence : ancienneté dans l'utilisation du TNI (V7) et réponse à la question V18* 252
Tableau 30 – *Tableau de contingence : enseignants ayant suivi ou non une formation sur le TNI (V9) et réponse à la question V18* 252
Tableau 31 – *Tableau des q =12 items à ranger par ordre d'importance croissante* 283
Tableau 32 – *Tableau des 12 items rangés par ordre d'importance croissante selon l'approche W de Kendall* 283
Tableau 33 –*Rangements des items au sein des différents groupes de l'échantillon* 284
Tableau 34 – *Valeurs empiriques et critiques au seuil de α = 0.01 et de α = 0.05* 285
Tableau 35 – *Niveaux de similarité entre nos variables* 288
Tableau 36 – *Contribution des variables supplémentaires aux chemins de propension* 291
Tableau 37 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les élèves contribuant à valider notre première hypothèse* 338
Tableau 38 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les enseignants contribuant à valider notre première hypothèse* 338
Tableau 39 – *Tableau récapitulatif des variables d'intervalle chez les enseignants contribuant à valider notre première hypothèse* 339
Tableau 40 – *Tableau de contingence : modalités de l'utilisation du TNI (V53A) et classe des élèves (V2)* 348
Tableau 41 – *Tableau de contingence : modalités de l'utilisation du TNI (V53A) et sexe (V3)* 349
Tableau 42 – *Tableau récapitulatif des variables d'intervalle chez les enseignants contribuant à valider notre deuxième hypothèse* 350
Tableau 43 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les élèves contribuant à valider notre troisième hypothèse* 359
Tableau 44 – *Tableau récapitulatif des variables nominales chez les enseignants contribuant à valider notre troisième hypothèse* 359
Tableau 45 – *Tableau récapitulatif des variables d'intervalle chez les enseignants contribuant à valider notre troisième hypothèse* 360