

Université de Montréal

**Erreurs arithmétiques des élèves et
interventions de l'enseignant débutant : une
analyse didactique en termes de schèmes**

par

Marie-Pierre Normandeau

**Département de didactique
Faculté des sciences de l'éducation**

**Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de Ph.D.
en sciences de l'éducation, option didactique**

Janvier 2010

© Marie-Pierre Normandeau, 2010

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée
**Erreurs arithmétiques des élèves et interventions de
l'enseignant débutant : une analyse didactique en termes
de schèmes**

présentée par
Marie-Pierre Normandeau

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Sophie René de Cotret
présidente-rapporteure

Jean Portugais
directeur de recherche

Alejandro González-Martín
membre du jury

Gustavo Barallobres
examineur externe

François Bowen
représentant du doyen de la FES

RÉSUMÉ

Ancrée dans le domaine de la didactique des mathématiques, notre thèse cible le « travail de l'erreur » effectué par trois enseignants dans leur première année de carrière. Libérés des contraintes associées au système de formation initiale, ces sujets assument pleinement leur nouveau rôle au sein de la classe ordinaire. Ils se chargent, entre autres, de l'enseignement de l'arithmétique et, plus précisément, de la division euclidienne. Parmi leurs responsabilités se trouvent le repérage et l'intervention sur les procédures erronées. Le « travail de l'erreur » constitue l'expression spécifique désignant cette double tâche (Portugais 1995).

À partir d'un dispositif de recherche combinant les méthodes d'observation et d'entrevue, nous documentons des séances d'enseignement afin de dégager les situations où nos maîtres du primaire identifient des erreurs dans les procédures algorithmiques des élèves et déploient, subséquemment, des stratégies d'intervention. Nous montrons comment ces deux activités sont coordonnées en décrivant les choix, décisions et actions mises en œuvre par nos sujets. Il nous est alors possible d'exposer l'organisation de la conduite de ces jeunes enseignants en fonction du traitement effectif de l'erreur arithmétique.

En prenant appui sur la théorie de champs conceptuels (Vergnaud 1991), nous révélons l'implicite des connaissances mobilisées par nos sujets et mettons en relief les mécanismes cognitifs qui sous-tendent cette activité professionnelle. Nous pouvons ainsi témoigner, du moins en partie, du travail de conceptualisation réalisé *in situ*. Ce travail analytique permet de proposer l'existence d'un schème du travail de l'erreur chez ces maîtres débutants, mais aussi de spécifier sa nature et son fonctionnement. En explorant le versant cognitif de l'activité enseignante, notre thèse aborde une nouvelle perspective associée au thème du repérage et de l'intervention sur l'erreur de calcul de divisions en colonne.

Mots-clés : didactique, mathématiques, enseignants débutants, arithmétique, erreur, division, cognition, schème, conceptualisation, élèves.

ABSTRACT

Rooted in the Didactic of Mathematics' field, this thesis looks into the practice of three new teachers. Free from the constraints and pressures associated with the teacher training context, these subjects take on a new role in their first year on the job. Among all of the affiliated responsibilities are those related to the teaching of arithmetic and, more specifically, the long division algorithm. "Le travail de l'erreur" is the expression used by Portugais (1995) to design error management by the teacher. It includes the diagnosis of errors and the strategies unfurled to help the pupil remedy his/her mistakes. This double task is the object of this study.

Combining research methods of observation and interview, we aim to describe error management in a regular elementary class setting. We delineate situations where our subjects identify and intervene on errors made by students during the arithmetic procedure. We examine how these two activities are coordinated, by documenting the novice teachers choices, decisions and actions. We focus on the organization of their conduct throughout the different situations.

A theoretical framework based on the "conceptual field theory" or "théorie des champs conceptuels" (Vergnaud, 1991) enables us to reveal the implicit teaching knowledge comprised in the behavior adopted by the young professionals. This analysis reveals the dynamics of piagetian assimilation/accommodation mechanisms. It also gives us evidence of the conceptualizing process underlying teacher conduct. We utilize the concept of "scheme" to better understand this cognitive activity. We propose the existence of "le schème du travail de l'erreur" and aim to specify his nature and function. This allows us to describe the conceptual structure, which shapes and organizes the novice's ability to manage errors in their pupil's calculation of written divisions.

Key words : didactic, mathematics, new teachers, arithmetic, error, division, cognition, scheme, conceptualisation, pupil.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|------------------------|----------|
| Identification du jury | p. iii |
| Résumé | p. v |
| Abstract | p. vi |
| Table des matières | p. vii |
| Liste des tableaux | p. xv |
| Liste des figures | p. xvii |
| Liste des annexes | p. xviii |
| Liste des abréviations | p. xix |
| Liste des sigles | p. xx |
| Remerciements | p. xxi |
| Introduction | p. xxiii |
| Annexes | p. xxvii |

PREMIÈRE PARTIE

DESCRIPTION DE LA RECHERCHE p. 1

Chapitre premier

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE p. 3

| | |
|---|--------------|
| 1. Problématique générale | p. 3 |
| 1.1. Enseignement de l'arithmétique et concept d'erreur | p. 3 |
| 1.2. Étude de l'erreur dans le domaine de la didactique des mathématiques | p. 4 |
| 1.3. Étude de l'erreur en didactique de l'arithmétique : un retour aux sources | p. 6 |
| 1.3.1. L'étude de l'erreur selon le courant genevois | p. 8 |
| 1.3.2. Le travail de l'erreur et son étude par les futurs enseignants | p. 13 |
| 2. Problématique spécifique et questions de recherche | p. 19 |
| 2.1. Les nouveaux enseignants et le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire | p. 19 |
| 2.2. Questions de recherche | p. 20 |
| 2.2.1. Une question générale | p. 21 |
| 2.2.2. Des questions spécifiques | p. 21 |
| 2.2.3. À propos des questions spécifiques | p. 21 |
| 3. Objectifs de la recherche | p. 24 |
| 3.1. Objectif général | p. 24 |
| 3.2. Objectifs spécifiques | p. 25 |
| 3.3. Visée d'une recherche ancrée dans la didactique des mathématiques | p. 25 |

Chapitre second**RECENSION DES ÉCRITS** **p. 27****1. Travail de l'erreur chez les enseignants débutants** **p. 27**1.1. Caractéristiques et particularités des maîtres novices p. 281.2. Maîtres novices et travail de l'erreur : justifications théoriques
et méthodologiques p. 33**2. Opérations, algorithmes et division** **p. 35**2.1. Opérations arithmétiques élémentaires p. 362.2. Algorithmes de calcul p. 372.3. Technique opératoire de la division p. 392.3.1. L'algorithme de division et le schème algorithme :
quelques précisions p. 40**3. Reconnaissance de l'erreur** **p. 41**3.1. Typologie de l'erreur de Brun et son équipe de chercheurs p. 423.2. Étude de la typologie de l'erreur en formation initiale p. 483.2.1. Quelques résultats de recherche p. 493.2.2. Le repérage de l'erreur et le schème-diagnostic p. 503.3. Recension de typologies et classifications de l'erreur p. 513.3.1. La classification des erreurs selon Staker p. 513.3.2. La typologie des erreurs des élèves selon Astolfi p. 533.3.3. La typologie des erreurs selon Bloch p. 54**4. Intervention sur l'erreur** **p. 55**4.1. Typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur de
Portugais p. 564.2. Étude de la typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur
en formation initiale p. 624.2.1. Quelques résultats de recherche p. 634.2.1.1. Des formes dégénérées du travail de l'erreur p. 654.2.2. L'intervention sur l'erreur et le schème d'action du
travail de l'erreur p. 664.3. Recension de recherches ciblant l'intervention sur l'erreur p. 674.3.1. Quelques extraits des travaux de Milhaud p. 684.3.2. Quelques extraits des travaux de DeBlois p. 70**5. Théorie des champs conceptuels et ses concepts** **p. 74**5.1. Les fondements de la théorie des champs conceptuels p. 745.1.1. La notion de conceptualisation p. 775.1.2. La notion de représentation p. 775.1.3. La notion de langage p. 805.1.4. La notion de situation p. 815.1.5. La notion de schème p. 845.1.6. La notion de concept p. 90

| | |
|---|---------------|
| Chapitre troisième | |
| CADRE DE RÉFÉRENCE | p. 93 |
| 1. Théorie des champs conceptuels et travail de l'erreur | p. 93 |
| 1.1. Appui sur la théorie des champs conceptuels pour comprendre le travail de l'erreur | p. 93 |
| 1.1.1. Les rôles assumés par l'enseignant dans le travail de l'erreur | p. 95 |
| 1.1.2. Le travail de l'erreur : une activité conceptuelle complexe chez le maître | p. 99 |
| 2. Étude des situations d'enseignement spécifiques au travail de l'erreur et schème-travail de l'erreur | p. 104 |
| 2.1. Situation du travail de l'erreur en classe ordinaire | p. 104 |
| 2.1.1. Le « réel » de l'enseignant : les situations du travail de l'erreur | p. 105 |
| 2.1.2. Le repérage réalisé en situation du travail de l'erreur | p. 107 |
| 2.1.3. Le travail de l'erreur réalisé en situation du travail de l'erreur | p. 108 |
| 2.1.4. L'organisation de la conduite en situation du travail de l'erreur et le processus d'adaptation de l'enseignant débutant (assimilation / accommodation) | p. 110 |
| 2.1.4.1. Quelques formes d'organisation de la conduite déjà identifiées à titre de phénomènes didactiques | p. 114 |
| 2.1.4.2. Une adaptation à l'erreur et aux éléments de la situation ancree dans le contexte de la classe ordinaire | p. 117 |
| 2.1.5. L'organisation de la conduite en situation du travail de l'erreur et le schème du travail de l'erreur | p. 121 |
| 2.2. Schème-travail de l'erreur chez le maître novice | p. 122 |
| 2.2.1. Les composantes du schème-travail de l'erreur | p. 124 |
| 2.3. Portrait du schème-travail de l'erreur de l'enseignant débutant | p. 130 |
| 3. Hypothèses de travail | p. 131 |
| 3.1. À propos des cinq hypothèses de travail | p. 135 |
| | |
| Chapitre quatrième | |
| CADRE MÉTHODOLOGIQUE | p. 137 |
| 1. Méthodes privilégiées | p. 137 |
| 1.1. Type de recherche | p. 137 |
| 1.1.1. L'étude de cas | p. 138 |
| 1.2. Échantillonnage | p. 140 |
| 1.2.1. L'échantillon | p. 142 |

| | |
|--|---------------|
| 2. Méthodologie de collecte des données | p. 143 |
| 2.1. Fondements théoriques et méthodologiques du dispositif de recherche | p. 144 |
| 2.1.1. La méthode de l'observation | p. 145 |
| 2.1.2. La méthode de l'entrevue | p. 146 |
| 2.1.3. Présentation du dispositif de recherche | p. 146 |
| 2.1.3.1. Les séances d'enseignement observées | p. 149 |
| 2.1.3.2. Les entretiens encadrant les séances observées | p. 150 |
| 2.1.3.3. Les entretiens entamant et concluant le dispositif de recherche | p. 151 |
| 2.2. Instruments de collecte de données | p. 152 |
| 2.2.1. L'entrevue première | p. 152 |
| 2.2.2. L'entrevue a priori | p. 154 |
| 2.2.3. La grille d'observation | p. 156 |
| 2.2.4. L'entrevue a posteriori | p. 157 |
| 2.2.4.1. L'entretien d'explicitation de Vermersh | p. 158 |
| 2.2.4.2. L'entrevue a posteriori : un instrument construit en fonction de la séance d'observation | p. 161 |
| 2.2.5. L'entrevue finale | p. 162 |
| 2.2.6. Les limites associées aux instruments de cueillette des données | p. 167 |
| 2.3. Précautions déontologiques | p. 168 |
| 2.3.1. Précautions déontologiques concernant l'observation | p. 168 |
| 2.3.2. Précautions déontologiques concernant l'entretien | p. 169 |
| 2.4. Le volume du corpus des données | p. 169 |
| 3. Méthodologie de traitement et d'analyse des données | p. 170 |
| 3.1. Analyse didactique des protocoles d'observation | p. 170 |
| 3.1.1. Le découpage du protocole en unités analysables | p. 171 |
| 3.1.1.1. L'analyse de l'échange didactique en situation du travail de l'erreur | p. 172 |
| 3.1.2. La visée de l'analyse didactique des protocoles | p. 175 |
| 3.2. Analyse des entretiens | p. 175 |
| 3.3. Réduction des données lors de l'analyse | p. 177 |
| 3.4. Précautions méthodologiques | p. 178 |
| 3.4.1. Les triangulations | p. 178 |
| 3.4.2. Les biais expérimentaux | p. 179 |
| 3.4.3. Quelques moyens assurant une plus grande prudence méthodologique lors de l'analyse des protocoles et des entretiens | p. 180 |
| 3.4.4. Les tests de fiabilité et de stabilité de l'observation | p. 181 |
| 3.4.4.1. Le test de fiabilité | p. 181 |
| 3.4.4.2. Le test de stabilité | p. 182 |
| 3.4.5. L'obtention du certificat d'éthique | p. 182 |

SECONDE PARTIE
RÉSULTATS DE LA RECHERCHE **p. 183**

Chapitre cinquième
VERS LE TRAVAIL DE L'ERREUR DES ENSEIGNANTS
DÉBUTANTS **p. 185**

-
- 1. Avant-plan du travail de l'erreur** **p. 185**
- 1.1. Choix des tâches arithmétiques proposées par Gina p. 186
 - 1.2. Choix des tâches arithmétiques proposées par Anna p. 190
 - 1.3. Choix des tâches arithmétiques proposées par Simon p. 192
- 2. Repérage de l'erreur en classe ordinaire** **p. 196**
- 2.1. Méthodes pour l'étude du repérage des erreurs par les maîtres novices p. 198
 - 2.2. Diagnostic des erreurs par les maîtres novices p. 199
 - 2.2.1. Les erreurs identifiées par Gina p. 200
 - 2.2.2. Les erreurs identifiées par Anna p. 203
 - 2.2.3. Des éléments cognitifs spécifiques à l'activité de diagnostic p. 204
 - 2.2.3.1. Le schème-algorithme de division chez les enseignants débutants p. 207
 - 2.2.3.2. Le schème-travail de l'erreur chez les maîtres novices p. 208
- 3. Vers l'étude du travail de l'erreur en classe ordinaire** **p. 212**
- 3.1. Méthodes pour l'étude du travail de l'erreur par les maîtres novices p. 213
 - 3.2. Repérage et intervention en situation du travail de l'erreur p. 215

Chapitre sixième
LES SITUATIONS DU TRAVAIL DE L'ERREUR CHEZ LES
ENSEIGNANTS DÉBUTANTS **p. 219**

-
- 1. Situations du travail de l'erreur en classe ordinaire** **p. 219**
- 1.1. Brève présentation des dix-neuf situations du travail de l'erreur p. 220
 - 1.2. Orientation générale des situations du travail de l'erreur p. 223
 - 1.3. Le traitement de la procédure erronée en situation de travail de l'erreur p. 229
 - 1.3.1. Les situations du travail de l'erreur comprenant une seule stratégie d'intervention p. 229
 - 1.3.2. Les situations du travail de l'erreur comprenant plusieurs stratégies d'intervention p. 231

| | |
|---|---------------|
| 1.3.2.1. Dans les situations du travail de l'erreur rencontrées, la multiplicité des erreurs des élèves est accompagnée par la multiplicité des stratégies d'intervention des enseignants | p. 236 |
| 1.3.2.2. Dans des situations du travail de l'erreur rencontrées, les erreurs multiples sont accompagnées de stratégies d'intervention « mobiles » | p. 239 |
| 1.3.2.3. La cooccurrence et la multiplicité des stratégies d'intervention des enseignants dans les situations du travail de l'erreur | p. 242 |
| 2. Intentionnalité didactique en situation du travail de l'erreur | p. 246 |
| 2.1. Traiter l'erreur : un but à atteindre en situation du travail de l'erreur | p. 247 |
| 2.1.1. Traiter l'erreur : quelques indices à l'appui de ce but | p. 247 |
| 2.1.2. Traiter l'erreur : un but interprété à la lumière de la théorie des champs conceptuels | p. 250 |
| 2.1.2.1. L'erreur considérée comme un manque de compréhension chez l'élève | p. 250 |
| 2.1.2.2. L'erreur remédiée perçue comme un signe de compréhension chez l'élève | p. 253 |
| 2.2. Les intentions didactiques dites « en-acte » au sein des situations du travail de l'erreur | p. 256 |
| 2.2.1. Bifurcation dans le travail de l'erreur effectué par l'enseignant débutant | p. 259 |
| 2.2.2. Les intentions didactiques préalables et le travail de l'erreur | p. 263 |

Chapitre septième

LES STRATÉGIES D'INTERVENTION DÉPLOYÉES EN SITUATION DU TRAVAIL DE L'ERREUR PAR LES ENSEIGNANTS DÉBUTANTS

p. 269

| | |
|---|---------------|
| 1. Stratégies d'intervention mises en œuvre en situation du travail de l'erreur | p. 269 |
| 1.1. Stratégies d'intervention anticipées par les enseignants débutants | p. 270 |
| 1.2. Présentation des stratégies d'intervention déployées en situation du travail de l'erreur | p. 272 |
| 1.3. Les formes « régulières » du travail de l'erreur | p. 274 |
| 1.3.1. Les stratégies d'intervention orientées sur le contrôle des actes | p. 276 |
| 1.3.1.1. Les stratégies liées à l'institutionnalisation primitive directe (F_{i1} , F_{iv}) | p. 278 |
| 1.3.2. Les stratégies d'intervention orientées sur le contrôle du sens | p. 291 |

| | |
|---|--------|
| 1.3.2.1. La stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée (G_i) | p. 292 |
| 1.4. Les formes dégénérées du travail de l'erreur | p. 293 |
| 1.4.1. Les formes « simples » des stratégies dégénérées | p. 296 |
| 1.4.1.1. Forme dégénérée de la stratégie « Remise en contexte de l'opération de division en ajoutant un contexte de problème à la tâche algorithmique » (G_{i3})* | p. 297 |
| 1.4.1.2. Forme dégénérée de la stratégie « Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite » (G_{i6})* | p. 300 |
| 1.4.1.3. Forme dégénérée de la stratégie « Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné » (G_{i9})* | p. 302 |
| 1.4.1.4. Forme dégénérée de la stratégie « Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige » (F_{j7})* | p. 304 |
| 1.4.2. Les formes « amalgamées » des stratégies dégénérées | p. 306 |
| 1.4.2.1. Amalgame des stratégies « Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige » et « Demander de comparer les résultats entre eux » ($F_{j7} + G_{i4}$)* | p. 307 |
| 1.4.2.2. Amalgame des stratégies « Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte » et « Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige » ($F_{i2} + F_{j7}$)* | p. 308 |
| 1.4.2.3. Amalgames comprenant la stratégie « Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts) » ($F_{j2} + F_{j3} + F_{j4}$)* et ($F_{j2} + F_{j4}$)* | p. 311 |
| 1.5. Erreurs repérées et stratégies d'intervention subséquentement déployées | p. 314 |
| 1.5.1. Les situations du travail de l'erreur de type 1 | p. 315 |
| 1.5.2. Les situations du travail de l'erreur de type 2 | p. 316 |
| 1.5.3. Les situations du travail de l'erreur de type 3 | p. 319 |
| 1.6. Bref regard sur les profils | p. 321 |
| 1.6.1. Le profil de Gina | p. 321 |
| 1.6.2. Le profil d'Anna | p. 323 |
| 1.6.3. Brève comparaison des profils | p. 325 |

Chapitre huitième**CONCLUSION DE LA RECHERCHE** **p. 329**

1. Bilan de la recherche **p. 329**1.1. Résultats de la recherche p. 3291.1.1. Le repérage de l'erreur p. 3301.1.2. L'intervention sur l'erreur p. 3311.1.3. La coordination du repérage et de l'intervention en
situation du travail de l'erreur p. 3331.1.4. L'organisation de la conduite en situation du travail de
l'erreur p. 3341.1.5. Le processus d'adaptation et les mécanismes cognitifs p. 3361.2. Les apports de la recherche p. 3411.3. Les limites de la recherche p. 3431.3.1. Retour sur quelques choix méthodologiques p. 3451.4. Quelques nouvelles pistes de réflexion p. 347**BIBLIOGRAPHIE** **p. 349**

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|--------|
| <u>Tableau I</u> Deux exemples de procédures erronées | p. 52 |
| <u>Tableau II</u> Présentation des deux catégories de stratégies d'intervention sur l'erreur : l'orientation du contrôle des actes et l'orientation du contrôle du sens | p. 57 |
| <u>Tableau III</u> L'erreur de Rébecca dans l'algorithme $9187 \div 17$ | p. 198 |
| <u>Tableau IV</u> L'identification par Gina de l'erreur d'inversion (2.1a) de Rébecca dans l'algorithme $9187 \div 17$ | p. 199 |
| <u>Tableau V</u> Erreurs arithmétiques observées chez Gina | p. 200 |
| <u>Tableau VI</u> Erreurs arithmétiques observées chez Anna | p. 203 |
| <u>Tableau VII</u> L'identification par Gina de l'erreur d'inversion (2.1a) de Rébecca dans l'algorithme $9187 \div 17$ et le travail d'intervention subséquemment mis en place | p. 214 |
| <u>Tableau VIII</u> Dix-neuf situations du travail de l'erreur | p. 221 |
| <u>Tableau IX</u> L'orientation générale des situations du travail de l'erreur | p. 225 |
| <u>Tableau X</u> L'identification par Gina de l'erreur de table de multiplication (2.2b) de Jennyfer dans l'algorithme $34\ 185 \div 32$ et le travail d'intervention subséquemment mis en place | p. 226 |
| <u>Tableau XI</u> L'identification par Anna de l'erreur de soustraction (2.1) de Julie-Andrée dans l'algorithme $834 \div 24$ et le travail d'intervention subséquemment mis en place | p. 232 |
| <u>Tableau XII</u> Spécification du nombre de stratégies mises en œuvre dans les situations du travail de l'erreur | p. 236 |

Tableau XIII

Situations du travail de l'erreur marquées par la cooccurrence des stratégies d'intervention p. 243

Tableau XIV

Procédure erronée présentée aux trois sujets lors de l'entrevue finale p. 249

Tableau XV

Stratégies d'intervention mobilisées en situation du travail de l'erreur p. 273

Tableau XVI

Stratégies d'intervention mobilisées dans les différentes situations du travail de l'erreur p. 275

Tableau XVII

Le travail d'intervention par $F_{i \vee}$ effectué par Gina en fonction de l'erreur de segmentation (1.1a) de Michelle dans l'algorithme $9187 \div 17$ p. 279

Tableau XVIII

Stratégies dégénérées mobilisées dans les différentes situations du travail de l'erreur p. 294

Tableau XIX

Extrait de la situation n° 8 où Gina met en place une stratégie G_{i3}^* en fonction de l'erreur de segmentation (1.1a) de Cynthia dans l'algorithme $34\ 185 \div 32$ p. 297

Tableau XX

Les situations du travail de l'erreur de type 1.1a p. 315

Tableau XXI

Les situations du travail de l'erreur de type 2.2b p. 316

Tableau XXII

Les situations du travail de l'erreur de type 3 p. 319

Tableau XXIII

Stratégies d'intervention mobilisées par Gina p. 322

Tableau XXIV

Stratégies d'intervention mobilisées par Anna p. 324

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|--------|
| <u>Figure 1</u> Modélisation théorique du double système selon Portugais (1995) | p. 15 |
| <u>Figure 2</u> Rapports entre représentation et réel selon Vergnaud (1985) | p. 78 |
| <u>Figure 3</u> Dispositif méthodologique de cueillette des données en milieu de pratique professionnelle de l'enseignant débutant | p. 148 |
| <u>Figure 4</u> Schéma de la situation du travail de l'erreur 2.1a de Rébecca | p. 230 |
| <u>Figure 5</u> Schéma d'une situation du travail de l'erreur marquée par la multiplicité des stratégies d'intervention | p. 232 |
| <u>Figure 6</u> Schéma d'une situation du travail de l'erreur marquée par la multiplicité des erreurs arithmétiques | p. 238 |
| <u>Figure 7</u> Schéma de l'activité conceptuelle du maître en situation du travail de l'erreur | p. 337 |

LISTE DES ANNEXES

| ANNEXES | p. xxvii |
|---|-----------------|
| <u>Annexe I</u> La typologie des erreurs lors de calculs de division | p. xxix |
| <u>Annexe II</u> La typologie des 26 stratégies d'intervention sur l'erreur | p. xxxiii |
| <u>Annexe III</u> Les classifications et typologies des erreurs de Staker (1917), Astolfi (1997) et Bloch (2006) | p. xxxvii |
| <u>Annexe IV</u> Les formes dégénérées du travail de l'erreur | p. xli |
| <u>Annexe V</u> Les trois typologies de Milhaud (1980) | p. xlv |
| <u>Annexe VI</u> La grille d'observation | p. xlvii |
| <u>Annexe VII</u> Les questions posées en entrevue a posteriori | p. li |
| <u>Annexe VIII</u> Le formulaire de consentement pour la direction | p. lix |
| <u>Annexe IX</u> Le formulaire de consentement pour les parents | p. lxi |
| <u>Annexe X</u> Les résultats du test de fiabilité | p. lxiii |
| <u>Annexe XI</u> Les résultats du test de stabilité | p. lxv |
| <u>Annexe XII</u> La copie du certificat d'éthique | p. lxvii |
| <u>Annexe XIII</u> Les tâches algorithmiques proposées par les trois sujets | p. lxix |
| <u>Annexe XIV</u> Extrait de protocole : erreur 1.4a non identifiée par Anna | p. lxxi |
| <u>Annexe XV</u> Extraits de protocoles : situations n° 2, 8, 17, 13 | p. lxxv |

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| | |
|----------------|---|
| A- | Anna |
| ann. | annexe |
| c.-à-d. | c'est-à-dire |
| cf. | confer |
| (F) | stratégie(s) d'intervention orientée(s) sur contrôle des actes |
| F _i | stratégie(s) liée(s) à l'approche d'institutionnalisation primitive |
| F _j | stratégie(s) liée(s) à l'approche par remédiation |
| (G) | stratégie(s) d'intervention orientée(s) sur contrôle du sens |
| G _i | stratégie(s) liée(s) à l'approche didactique |
| G _j | stratégie(s) liée(s) à l'approche adidactique |
| G- | Gina |
| ibid. | ibidem |
| id. | idem |
| loc. cit. | loco citato |
| n ^o | numéro |
| op. cit. | opere citato |
| S- | Simon |
| -apri | entrevue a priori (protocole) |
| -apost | entrevue a posteriori (protocole) |
| -fin | entrevue finale (protocole) |
| -prem | entrevue première (protocole) |
| -obs | séance d'observation (protocole) |

LISTE DES SIGLES

| | |
|------------------|--|
| + | symbole représentant l'addition |
| - | symbole représentant la soustraction |
| × | symbole représentant la multiplication |
| ÷ | symbole représentant la division |
| R | symbole représentant le reste |
| ≦ | symbole représentant « <i>est plus petit ou égal à</i> » |
| < | symbole représentant « <i>est plus petit que</i> » |
| ≧ | symbole représentant « <i>est plus grand ou égal à</i> » |
| > | symbole représentant « <i>est plus grand que</i> » |
| → | symbole remplaçant l'expression « <i>est suivi de</i> » |
| N | ensemble des entiers naturels |
| Z | ensemble des entiers relatifs |
| Q | ensemble des nombres rationnels |
| R | ensemble des nombres réels |
| (⁺) | sigle indiquant la présence de nombres positifs |
| (⁻) | sigle indiquant la présence de nombres négatifs |
| * | sigle indiquant la présence d'une stratégie dégénérée |

REMERCIEMENTS

Je tiens, en premier lieu, à remercier les membres du jury qui ont généreusement accepté de porter leur attention sur cette thèse, le véritable fruit d'efforts menés pendant plusieurs années.

Je dois souligner que la réalisation de ce travail a été sans contredit possible grâce à l'encadrement professoral de Monsieur Jean Portugais. Je suis honorée par la confiance absolue dont il m'a fait preuve dès les premières étapes de ce parcours scientifique. Il a su me guider en m'encourageant continuellement à outrepasser les bornes qui ont marqué ce long chemin. Je salue sa disponibilité, en dépit d'un emploi du temps surchargé, et rends hommage à sa patience envers une infatigable perfectionniste. Je tiens dans la plus haute estime sa curiosité scientifique, la rigueur de son éthique du travail et sa passion pour la didactique des mathématiques. Je souhaite qu'il trouve, dans ces quelques lignes, l'hommage de mon incommensurable gratitude.

J'aimerais également remercier tous les membres du Département de didactique de l'Université de Montréal, ainsi que ceux étant rattachés à la Faculté des sciences de l'éducation. En particulier, je tiens à saluer la précieuse collaboration de Madame Sophie René de Cotret. Ses conseils judicieux et ses pistes de réflexion ont grandement contribué au développement des idées véhiculées dans cette thèse. Je tiens à l'en remercier sincèrement. J'adresse mes remerciements à Monsieur Philippe Richard et Monsieur Pierre Nonnon pour l'intérêt accordé à cette recherche lors des différentes phases de son élaboration. Pour leur aimable contribution, j'exprime ici ma gratitude. Je rends grâce à Madame Marie-Claude Riopel pour ses recommandations, son appui et ses encouragements. Un merci distinctif et chaleureux à Madame Nicole Gaboury pour sa gentillesse et son professionnalisme sans égal. Dans le bureau D-520 du pavillon Marie-Victorin, se trouve une véritable perle. De même, des remerciements profonds vont à tous mes collègues, qu'ils soient étudiants ou enseignants.

Je dois avouer que ce travail n'aurait pu être accompli sans l'aide généreuse et le soutien constant de Madame Diane L'Ecuyer. Je souhaite témoigner ma vive reconnaissance pour son investissement, son intérêt et ses compétences linguistiques. Sa douceur, sa patience et sa bonté ne connaissent aucune restriction. Qu'elle soit assurée de ma plus sincère admiration et mon amitié fidèle.

Je tiens aussi à rendre grâce à Madame Raymonde et Monsieur Maurice Tremblay qui, par leur appui, leur collaboration et leur assistance, ont constitué un renfort inespéré. Grandement émue, je demeure infiniment reconnaissante envers ces êtres désarmants de gentillesse et dotés d'une bienveillance inépuisable.

J'aimerais adresser mes salutations et mes remerciements à tous les parents et amis qui m'ont soutenue, encouragée, réconfortée, inspirée et surtout endurée depuis le début de cette aventure universitaire. Ce grand rêve, quelque peu teinté par la folie, n'aurait pu devenir réalité sans leur appui inébranlable. Un clin d'œil particulier à Jennyfer, Cynthia, Michelle, Julie-Andrée, Marie-Andrée, Josiane, Julie, les deux Rébecca, les trois Nathalie, Simon et Drew. J'aimerais exprimer à Madame Suzan et Monsieur Charles Cavell ma sincère gratitude. Leur affection a toujours été une grande source de motivation. Je tiens aussi à remercier Duncan, Mia et Chloé pour leur complicité et leur compagnie qui me sont si précieuses.

Au terme de ces longs remerciements, les mots semblent futiles pour traduire l'exactitude des sentiments éprouvés à l'égard des membres de ma famille. Comment remercier ces êtres exceptionnels qui font don, jour après jour, d'un amour inconditionnel? Comment exprimer la reconnaissance que j'accorde à un père m'ayant transmis sa passion pour l'éducation? À une mère m'ayant communiqué sa curiosité insatiable et son désir d'apprendre? Comment trouver la juste phrase pour rendre grâce au conjoint qui offre un soutien indéfectible? Ginette et Valois Normandeau, mes très chers parents, ainsi que Ryan Cavell, my beloved husband, je ne peux que vous dédier cette thèse en témoignage de mon amour indicible.

INTRODUCTION

De nos jours, nous n'avons plus à insister sur le rôle de premier plan que joue l'apprentissage des mathématiques dans le développement cognitif de l'individu.

La mathématique, source importante de développement intellectuel, est un élément déterminant de la réussite scolaire. Sa maîtrise constitue également un atout significatif pour l'insertion dans une société où ses retombées pratiques sont aussi nombreuses que diversifiées.

(Gouvernement du Québec, Programme de formation de l'école québécoise, 2001, p. 124)

Notre société québécoise reconnaît l'importance d'offrir un enseignement des mathématiques de qualité, et ce, dès les premières années de l'école primaire. Ainsi, avec l'arrivée d'une nouvelle réforme en 2001, divers moyens, tels que de nouveaux outils didactiques et différents programmes d'intervention, ont été mis en place afin de permettre au plus grand nombre d'élèves de vivre des succès.

Si les demandes sociales vis-à-vis l'enseignement des mathématiques ont d'importantes répercussions sur l'école élémentaire québécoise, elles se traduisent également par un renouveau de la formation initiale des maîtres. Il devient essentiel pour les institutions universitaires d'offrir une formation de pointe s'inspirant, entre autres, des résultats de la recherche en didactique. Après tout, la formation initiale demeure un lieu privilégié, perçu comme « *un levier permettant d'agir sur la qualité de l'enseignement et donc, finalement, sur l'apprentissage des élèves* » (Portugais, 1995, p. 21).

Issues de recherches menées à Genève dans les années 90, la *typologie des erreurs* et la *typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur* constituent des outils didactiques intégrés à la formation initiale des maîtres. Ils se retrouvent d'ailleurs à titre d'objet d'étude dans un cours de didactique des mathématiques à l'Université de Montréal. Le futur enseignant du primaire qui travaille ces savoirs didactiques apprend à créer, effectuer, analyser et gérer des situations propices au

développement, chez l'élève, de connaissances mathématiques reliées aux algorithmes de calcul. Du fait même, cette activité de formation entraîne chez l'étudiant universitaire, le développement de connaissances spécifiques aux erreurs arithmétiques ainsi qu'aux moyens d'intervention sur celles-ci (Portugais, 1992, 1995). Avant même de s'intégrer au milieu professionnel, cet individu est armé de nouveaux savoirs et muni d'outils dont l'efficacité a déjà été démontrée en milieu de recherche (Portugais 2002a). Théoriquement, il est prêt à affronter les problématiques de la réalité scolaire et à intervenir, du mieux possible, auprès des élèves.

Mais lorsque le formé a terminé ses études et devient un maître titulaire, qu'advient-il de ces connaissances spécifiques? Que sait le nouvel enseignant à propos des erreurs de division? Quelles stratégies d'intervention privilégie-t-il en classe ordinaire? Comment travaille-t-il l'erreur arithmétique à présent? Que connaît-il après une année d'expérience?

C'est au sein de ce questionnement que réside l'objet de la présente thèse. Nous cherchons à décrire des situations d'enseignement, dans lesquelles le maître débutant repère et intervient sur des erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division. Il s'agit plus précisément d'une étude de cas effectuée à l'aide d'un dispositif méthodologique s'appuyant sur les techniques de l'observation et l'entrevue dans le contexte de la classe ordinaire. Par l'analyse de l'organisation de la conduite de trois individus en première année de carrière, nous souhaitons effectuer, en quelque sorte, un portrait de leurs connaissances spécifiques au travail de l'erreur.

En ciblant les situations d'enseignement où le maître novice repère et intervient sur les erreurs des élèves, nous ne cherchons ni à mesurer l'efficacité de ses pratiques, ni évaluer l'ensemble de ses compétences. De même, notre intention n'est pas d'injecter, en classe ordinaire, des résultats issus de recherches en didactique de l'arithmétique. Notre étude se fonde plutôt sur la description

objective de la pratique professionnelle quotidienne; il s'agit d'un choix méthodologique s'appuyant sur l'idée « *d'appréhender l'action pendant qu'elle est en train de se faire plutôt que le résultat de celle-ci* » (Zaragosa, 2006, p.94).

Précisons que, dans le cadre de cette recherche, nous procédons à la description du diagnostic et de l'intervention du maître débutant dans un but particulier : *nous souhaitons accéder à une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur arithmétique*. Nous cherchons ainsi à dégager l'implicite des connaissances de ces individus par l'observation des choix, décisions et actions effectués dans le contexte de la classe ordinaire. Pour atteindre cette visée, nous prenons appui sur la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991a) :

L'objet de la théorie des champs conceptuels est de fournir un cadre aux recherches sur les activités cognitives complexes, principalement sur les apprentissages scientifiques et techniques. C'est une théorie psychologique du concept, ou mieux encore, de la conceptualisation du réel : elle permet de repérer et d'étudier les filiations et les ruptures entre les connaissances du point de vue de leur contenu conceptuel; elle permet également d'analyser la relation entre les concepts comme connaissances explicites, et les invariants opératoires qui sont implicites dans les conduites des sujets en situation (...)¹.

(ibid., p. 133)

La théorie des champs conceptuels constitue la plateforme théorique sur laquelle repose notre cadre de référence. Ce dernier s'articule à partir de notions issues des travaux de Vergnaud, dont celles de schème et de situation. Précisons que l'idée d'un schème avait déjà été mobilisée par Portugais, en 1995, pour marquer le « *le caractère organisé des conduites* » des futurs enseignants qui, en contexte de formation, sont appelés à reconnaître et intervenir sur les erreurs des élèves (p. 164). Nous retenons, dans le cadre de la présente recherche, cette proposition d'un schème spécifique au travail de l'erreur. Cette dernière vient sous-tendre notre démarche qui a pour but, rappelons-le, d'acquérir une meilleure

¹ Ces nombreux concepts seront définis et explicités tout au long de ce travail de recherche.

compréhension de l'activité conceptuelle du maître novice qui, en classe ordinaire, se doit de repérer et d'intervenir sur les erreurs des élèves dans l'exécution d'algorithmes de division.

La présente thèse comporte deux grandes parties. La première, dédiée à la description de la recherche, comprend quatre chapitres : la problématique, la recension des écrits scientifiques, le cadre de référence et la méthodologie de recherche. Cette structure traditionnelle nous permet d'exposer notre problème de recherche, de même que les fondements théoriques et méthodologiques qui soutiennent ce travail.

La seconde partie est consacrée à la présentation des résultats de la recherche et comprend également quatre chapitres. Nous exposons, dans trois d'entre eux, l'analyse et l'interprétation des données obtenues par notre dispositif de recherche. Ce choix s'explique par le désir d'offrir une présentation à la fois claire et concise de nos nombreux résultats. Le dernier chapitre trace le bilan de la démarche et fait un retour sur les questions de départ, les objectifs ainsi que les hypothèses de travail. Nous esquissons également quelques ouvertures en exposant certaines pistes de réflexion. Le lecteur notera que les résultats obtenus et ainsi présentés dans cette seconde partie concernent uniquement les maîtres de nos études de cas et ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la population des enseignants novices. Les affirmations qui y sont faites doivent ainsi être comprises comme des observations ou constatations relatives à ces sujets.

Spécifions qu'au début de chacun de ces huit chapitres se trouve un court résumé en encadré. Celui-ci expose brièvement les grandes lignes du contenu qu'il précède.

PREMIÈRE PARTIE
DESCRIPTION DE LA RECHERCHE

CHAPITRE PREMIER

PROBLÉMATIQUE DE RECHERCHE

Le présent chapitre est consacré à l'exposition de notre problématique liée à l'analyse de l'erreur dans le cadre de la didactique des mathématiques. Nous énonçons notre problème de recherche et précisons nos positions. De même, nous présentons les constats à la source de notre démarche. Ces éléments nous permettent de formuler une question de recherche générale et d'émettre un réseau de sous-questions spécifiques venant sous-tendre cette dernière. Nous exposons, au terme de ce chapitre, les objectifs de la présente étude.

1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

1.1. Enseignement de l'arithmétique et concept d'erreur

Une erreur, dans le cadre d'un exercice d'arithmétique, capte immédiatement l'attention de l'enseignant et vient influencer l'orientation de ses actions subséquentes. Comment intervenir afin de permettre à l'élève d'en prendre conscience? Ce type de situation revêt un caractère familier pour le maître, mais laisse entrevoir déjà une conception de l'enseignement des mathématiques : s'il demeure important d'y remédier, on reconnaît que l'erreur est normale et fait partie du processus d'apprentissage de l'élève.

Si, de nos jours, cette affirmation s'avère plutôt banale, rappelons-nous que ce n'est qu'en 1976 que la distinction fondamentale entre « l'erreur » et « l'échec » a été clairement établie :

La définition du mot « erreur » dans le dictionnaire l'oppose à « vérité ». L'erreur est « une opinion, un jugement contraire à la vérité », alors que « échec » est opposé à « succès », lui-même défini par « heureux résultat ». Dans ce sens, on parlera de l'échec de l'apprentissage des mathématiques si les résultats de l'apprentissage pour tel enfant ne sont pas conformes aux objectifs fixés par le maître.

Mais on parlera aussi de l'échec à tel exercice ponctuel, échec manifesté par un certain nombre d'erreurs décelées par le maître.

(Salin, 1976, p.1)

En mettant de l'avant l'idée que l'échec s'oppose à la réussite, alors que l'erreur détient un statut différent, le travail de Salin est venu se tailler une place de choix dans une longue lignée d'études ciblant l'enseignement de l'arithmétique. Cela dit, c'est avec le temps et de nombreuses études que s'est forgé le concept de l'erreur. Plusieurs développements, notamment dans le domaine de la psychologie cognitive, nous ont permis d'accéder à une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle. Ceci a eu, entre autres, d'importantes répercussions sur la perception actuelle de l'erreur, la définition que nous lui attribuons et les moyens mis en place pour la traiter. L'erreur ne constitue plus l'effet de l'ignorance, de l'incertitude, du hasard tel qu'il était prôné dans les théories empiristes ou béhavioristes de l'apprentissage. Elle est devenue le reflet d'une compréhension de la part d'un élève et non la marque d'un échec (DeBlois et Squalli, 2002).

Aujourd'hui, le concept d'erreur est principalement défini comme étant « *l'effet d'une connaissance antérieure, qui avait son intérêt, ses succès, mais qui, maintenant, se révèle fausse, ou simplement inadaptée* » (Brousseau, 1983¹). Reconnue par plusieurs, cette explication ne fait pourtant pas l'unanimité; de nombreuses définitions circulent au sein de la communauté éducative. De ce fait, il importe de spécifier le domaine dans lequel nous situons l'erreur ainsi que les conditions dans lesquelles nous en ferons un objet d'analyse.

1.2. Étude de l'erreur dans le domaine de la didactique des mathématiques

L'erreur ne cesse de fasciner, piquant l'intérêt des enseignants et des intervenants scolaires, ainsi que des chercheurs et des formateurs universitaires. Parmi les différentes sphères de l'Éducation, la didactique des mathématiques

¹ Brousseau, 1983, tel que cité par Legendre, dans Le dictionnaire actuel de l'Éducation, 1993, p.557.

constitue un domaine dans lequel sont venus s'inscrire un bon nombre de travaux ciblant ce concept. La présente recherche s'inscrit dans ce champ d'études précis.

Ayant, entre autres, pour objectif « *de théoriser les phénomènes d'enseignement* » (Portugais et Brun, 1998, p. 14), la didactique des mathématiques constitue un cadre adapté aux spécificités liées à l'étude des erreurs². Toutefois, si ce domaine particulier permettait de circonscrire fonctionnellement ce type d'analyse, il serait erroné de croire qu'il s'y limite. S'intéressant aux « *phénomènes de mise en circulation des connaissances en mathématiques* », ce champ d'études vise une action rationnelle sur le système d'enseignement (ibid., p. 12). Ainsi, deux pôles sont concernés par la didactique des mathématiques : comprendre et agir sur ce système (Artigue, 1988). Sa richesse et son envergure se reflètent dans la définition suivante :

Science s'intéressant à la production et la communication des connaissances mathématiques dans ce que cette production et cette communication ont de spécifique de ces connaissances. La didactique des mathématiques étudie la façon dont les connaissances sont créées, communiquées et employées pour la satisfaction des besoins des hommes vivant en société, et plus particulièrement :

- *d'une part, les opérations essentielles de la diffusion des connaissances (théorie des situations didactiques), les conditions de leur existence et de leur diffusion (l'écologie des savoirs) et les transformations que cette diffusion produit aussi bien sur ces connaissances (transposition didactique) que sur leurs utilisateurs (apprentissage, rapport au savoir),*
- *d'autre part, les institutions et les activités ayant pour objet de faciliter ces opérations.*

(Brousseau, 1991)

² D'ailleurs, dans la section 1.3 du présent chapitre, nous exposons brièvement l'évolution de l'étude de l'erreur dans le domaine de la didactique des mathématiques (cf. infra, p. 6).

S'il est admis que la didactique des mathématiques s'engage surtout dans l'étude du développement contrôlé des savoirs³, cet intérêt n'est pas limitatif. En fait, c'est le système didactique dans son ensemble qui constitue l'objet de sa cible;

Elle va réaliser ce projet en décrivant expérimentalement le fonctionnement du système didactique, en identifiant les phénomènes qui lui sont propres, en observant les régularités de ce système, mais surtout en dégageant les contraintes et les possibles qui y opèrent.

(Portugais, 1995, p.30)

Établie depuis près de 40 ans, la légitimité de la didactique des mathématiques est reconnue. Nous n'allons donc pas en reprendre l'historique, ni préciser les différences fondamentales qui résident entre son projet et celui des autres domaines connexes, se rapportant ou non aux sciences de l'éducation. Pour les besoins du présent travail, nous allons plutôt nous intéresser aux principaux développements marquant l'étude de l'erreur arithmétique en didactique. La présentation des travaux d'importance nous permettra de mieux situer les fondements théoriques de notre problématique de recherche.

1.3. Étude de l'erreur en didactique de l'arithmétique : un retour aux sources

Depuis de nombreuses années, l'erreur produite par l'élève constitue un objet d'étude populaire au sein de la communauté didacticienne, et plus particulièrement dans le sous-domaine de l'arithmétique. Déjà, au début du XX^e siècle, certains écrits documentaient ce concept, le définissant comme « *la mauvaise réponse* »⁴. On soutenait alors « *qu'il y avait de bonnes méthodes de calcul et que si ces dernières étaient bien enseignées avec suffisamment*

³ Précisons qu'en didactique des mathématiques, en règle générale, les savoirs sont associés aux institutions et les connaissances aux individus. Cela dit, il est vraisemblable que « *l'activité mentale brise ces fragiles distinctions et unifie ces modes de contrôle en une pensée complexe* » (Brousseau, 1998, p.100).

⁴ Rice, J.M. « Educational Research : A Test in Arithmetic », Forum XXXIV (oct-déc, 1902), p. 281-297; Rice, J.M. « Educational Research : Causes of Success and Failure in Arithmetic », Forum XXXIV (jan-march, 1903), p. 437-452, tel qu'indiqué dans Bélanger 1990-1991, p. 50.

d'exercices, les erreurs seraient réduites à un niveau acceptable » (Bélanger, 1990-1991, p.69). Lors de cette période marquée par la standardisation de l'arithmétique, l'erreur servait surtout à mesurer l'état de l'enseignement ou les carences et besoins de l'élève. Cette conception reflétait ainsi les courants psychologiques et pédagogiques de l'époque.

Pendant de nombreuses années, les chercheurs ont surtout eu comme objectif l'identification, le regroupement et la classification des erreurs. Notons que Buswell et Judd avaient identifié, pour la période de 1913 à 1925, vingt études « *destinées spécifiquement à l'analyse d'erreurs* » (Bélanger, op.cit., p. 55). Ces premières études décrivaient des catégories générales d'erreurs et ne fournissaient que très peu d'information. Au fil des années, la tendance générale a été d'établir des sous-catégories de plus en plus précises, habituellement centrées sur un seul type d'opération arithmétique. Ceci a eu pour conséquence la prolifération de listes d'erreurs dispersées un peu partout dans la littérature de cette période (ibid., p.56).

En 1924, Meyers avait déjà remarqué que, chez certains élèves, les erreurs demeuraient stables et pouvaient même persister pendant une certaine période de temps. Durant les années 30, différents chercheurs ont ainsi centré leurs efforts de recherche sur le phénomène de la persistance des erreurs. Cet intérêt a perduré dans le domaine; nous retrouvons, entre autres, deux études très élaborées à ce sujet, publiées par Cox en 1974 ainsi que par Graeber et Wallace en 1977. Ces recherches visaient à obtenir de plus amples informations sur le type et la fréquence des erreurs récurrentes.

Vers la fin des années 70 et le début de la décennie suivante, la popularité du travail d'identification et de classification diminue. Les recherches ciblent les erreurs lorsqu'elles peuvent servir à sonder un modèle particulier ou une mini-théorie. Ceci représente un changement d'intérêt allant de l'erreur elle-même vers le processus qui la génère. Plusieurs travaux se centrent alors « *sur la recherche*

de « *constructs* » fondamentaux (adoptés ou adaptés de plusieurs champs de connaissance) aidant à la compréhension du comportement mathématique » (Bélanger, op. cit., p.68). Ce courant a été particulièrement populaire au sein de la communauté scientifique américaine, auprès de chercheurs tels que Brown, Burton et Van Lehn (1978; 1980; 1982). Ceux-ci ont combiné sciences informatiques et sciences cognitives afin d'élaborer un système permettant de diagnostiquer méthodiquement les erreurs d'élèves. Leurs travaux ont démontré le caractère profondément organisé des erreurs.

En Europe, dans les années 90, Brun et une équipe de chercheurs s'opposent à ces modèles « d'intelligence artificielle ». Tout en reconnaissant leur valeur prédictive, ils avancent que les modèles américains décrivent correctement, mais partiellement, « *les processus mis en jeu par les élèves, en fournissant des pistes sur l'interprétation et l'usage que les élèves se donnent des règles qui leur ont été enseignées* » (Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, 1994, p.120). Essentiellement, cette critique s'appuie sur le fait que ces théories visent uniquement les aspects « *syntaxiques* » des règles algorithmiques, ignorant les aspects « *conceptuels, numériques et en acte dans les calculs* » (loc. cit.). Dans le cadre de l'historique de l'étude de l'erreur en didactique des mathématiques, l'apport de ces travaux réalisés est considérable. De ce fait, nous consacrons la section suivante à leur présentation, en insistant toutefois sur les idées en filiation avec la recherche actuelle.

1.3.1. L'étude de l'erreur selon le courant genevois

Durant les années 90, une série de travaux sur les algorithmes de calculs et leurs relations avec les connaissances numériques est menée à Genève par une équipe de chercheurs.⁵ Spécifions que :

⁵ Soulignons que ces travaux ont été initiés par une recherche du Fonds National de Recherche Scientifique effectuée de 1989 à 1991.

Par algorithme de calcul, nous désignons « une suite finie de règles à appliquer dans un ordre déterminé à un nombre fini de données pour arriver avec certitude (c'est-à-dire sans indétermination ou ambiguïté) en un nombre fini d'étapes à un certain résultat et cela indépendamment des données.

Par connaissances numériques de l'élève, nous signifions l'ensemble de ses connaissances conceptuelles et procédurales lui permettant de faire les mises en relations nécessaires à l'exécution de différentes tâches en situation d'enseignement ou non. L'élève se construit sur une longue durée de ces connaissances, à l'école et hors de l'école; celles-ci peuvent être classées en dénombrements, comptages, calculs symboliques et calculs sur un diagramme...

(Brun et Conne, 1991, p. 239)

Selon le groupe genevois, il est possible de discerner deux ordres de signification dans l'algorithme d'une opération écrite : le *numérique*, concernant les « opérations et relations élémentaires », et le *numéral*, renvoyant « aux règles de l'écriture des nombres et à la disposition des calculs, ainsi qu'à la configuration des écritures des nombres » (ibid., p. 240). En d'autres termes, le numérique se rapporte au côté sémantique de l'activité, soit le sens mathématique de la tâche à effectuer. Le terme numéral relève plutôt du côté syntaxique ; il se rapporte à la technique du calcul écrit, aux étapes mécaniques à suivre. L'algorithme est ainsi considéré comme « une curiosité à explorer au moyen de connaissances numériques et numérales dont on dispose, jusqu'à ce qu'on puisse en retrouver la clé » (Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, op. cit., p.129-130).

Parmi les quatre opérations élémentaires, la division est choisie afin de sous-tendre cette analyse des relations existant entre les connaissances conceptuelles (ou numériques) et procédurales (ou numérales) dans l'algorithme de calcul⁶. Les travaux menés par l'équipe genevoise ont permis d'étudier les principales caractéristiques liées à cette opération et son algorithme respectif, c'est-à-dire :

- La part « évaluative » du calcul.
- La possibilité du reste; tout n'est pas résolu avec les « tables ».

⁶ Nous clarifions les notions d'opération et d'algorithme au second chapitre (cf. infra, p. 35).

- *Le sens (direction) dans lequel on traite le nombre écrit; de gauche à droite au lieu de droite à gauche pour les autres opérations apprises. Les opérations intermédiaires de soustraction requièrent que l'on coordonne les deux sens.*
- *L'enchaînement de sous-algorithmes : ceux de la multiplication et de la soustraction.*
- *La division « exacte » demande une ouverture vers le dépassement des nombres entiers et des quantités discrètes.*

(Brun et Conne, op. cit., p. 240)

Les recherches particulières menées sous la direction de Brun ont ciblé l'étude des procédures des élèves, lors de l'exécution d'un calcul écrit de division. Ces chercheurs ont analysé, sur la base d'entretiens hors classe, les erreurs commises en mettant en évidence l'existence d'erreurs systématiques, d'abord repérées par Brown et son équipe (1978). Ces erreurs sont définies comme étant des « *régularités entre différents individus et chez un même individu à des moments différents* » et sont caractérisées par une logique interne pouvant être reproduite, puisqu'elles font système (Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, op. cit., p.120). Nous expliquons cette idée.

Selon la démarche de Brun, l'étude des erreurs relève moins d'un besoin de remédiation que de la nécessité d'une description raisonnée de celles-ci. Les erreurs « *sont analysées comme des productions déterminées par les contraintes cognitives et didactiques; elles sont donc dotées d'un sens qui échappe à leur examen superficiel* » (Portugais, 1995, p.80). De ce fait, il devient nécessaire de laisser de côté le souci de correction pour comprendre les erreurs observées. Il s'agit alors « *de considérer la production de l'élève comme un tout organisé se déroulant dans le temps et, de ce fait, susceptible d'adaptations* » (Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, op. cit., p.119-120).

Cette approche a permis à Brun d'avancer l'idée que l'erreur constitue une manifestation de la négociation que font les élèves des étapes de calcul dans l'exécution de l'algorithme. Elle est ainsi perçue comme une forme transitoire de l'apprentissage (Brun et Conne, 1991). Il devient donc « normal » de la voir

apparaître dans les productions d'élèves; elle n'est ni erratique, ni le résultat d'un oubli. Sa présence témoigne plutôt du fait que l'élève réalise ses propres expériences en matière de calcul (ibid., p. 241). Pour ces raisons, les erreurs sont qualifiées « d'intelligentes » et sont caractérisées par une logique interne pouvant être reproduite, puisqu'elles font système. En ce sens :

[Elles] ne sont pas dues au hasard ou à la distraction, mais elles sont des négociations plus ou moins rigoureuses des conditions d'écriture de l'algorithme conventionnel. On peut presque toujours relier le travail de l'élève à des pratiques valables dans cet algorithme ou dans d'autres algorithmes (multiplication et soustraction). L'élève réutilise ces pratiques dans l'algorithme de division.

(Portugais, 2002a, p.2)

L'analyse des erreurs comme formes transitoires de la connaissance a amené Brun et Conne, ainsi que Lemoyne et Portugais, à soulever la question d'un fonctionnement didactique de l'erreur. Dans leur texte publié en 1994, ils ouvrent le débat en considérant les erreurs comme « *des traces de la construction progressive d'un « schème-algorithme » de division* » (Flückiger, 2004, p. 173). Ces chercheurs ont alors :

mis en évidence que les erreurs manifestent une connaissance à l'œuvre et sont les produits de certains fonctionnements de schèmes en particulier sous forme d'un compromis entre schèmes; ils ont par là ouvert la voie d'une analyse des productions des élèves en regard du concept de schème tel qu'il est défini dans la théorie des champs conceptuels par Vergnaud.

(ibid., p.173-174)

Si la notion de schème est reprise et explicitée plus loin dans le présent travail, il importe de préciser qu'elle a été largement travaillée par Piaget (1947; 1967a; 1972), puis reprise par de nombreux chercheurs, dont Vergnaud (1985; 1991a). Les travaux de ce didacticien sont venus préciser ce concept dans le cadre précis des apprentissages scientifiques et techniques. Le schème se définit alors comme une « *totalité dynamique fonctionnelle, c'est-à-dire quelque chose qui fonctionne comme une unité* », de même qu'une « *organisation invariante de la conduite pour une classe de situations données* » (Vergnaud, 1991a, p. 136).

Toutefois, précisons que les termes « *organisation invariante* » ne sont point synonymes de « rigidité »; le schème est considéré comme une structure conceptuelle souple ou « vivante », puisqu'il s'adapte aux situations vécues par un sujet. Nous verrons, lors du troisième chapitre, qu'il est composé de quatre catégories d'éléments : des buts, intentions et anticipations, des règles d'action, des invariants opératoires et des possibilités d'inférence en situation.

Il existe, selon Vergnaud, bon nombre d'exemples de schèmes dans l'apprentissage des mathématiques. Chacun d'entre eux concerne une classe de situation⁷ dont les caractéristiques sont bien délimitées (1991a). L'algorithme en lui-même, tel que celui de la division euclidienne, constitue un schème. Brun, Conne et l'équipe genevoise ont eu recours à cette notion particulière de *schème-algorithme* afin de préciser la part de la connaissance qui entre en jeu dans le caractère organisé des erreurs. Leurs travaux ciblant l'analyse des procédures d'élèves ont démontré qu'il s'agit d'« *erreurs systématiques, certes, mais organisées autour de connaissances numériques* » (Brun, Conne, Cordey, Floris, Lemoyne, Leutenegger, Portugais, 1994, p. 208).

Selon les chercheurs genevois, les erreurs « *ne sont pas des rafistolages succédant à des impasses. La fluidité de l'effectuation du calcul nous frappe plus que la segmentation. Nous l'expliquons plutôt comme des tentatives d'adaptations actives de l'élève à la situation* » (Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, op. cit., p.129). Lors de ce processus, l'élève forge lui-même ses règles; il est dit que ses constructions originales peuvent ou non diverger des règles proposées par l'enseignement. De ce fait, les erreurs ne résultent pas d'une absence de contrôle conceptuel ou sémantique chez l'élève. Plutôt, « *c'est le réglage de ce contrôle qui lui reste à trouver, d'où ses erreurs; il négocie [...] différentes contraintes, qui sont chez lui de véritables connaissances, sans aboutir encore à l'équilibre que constitue le schème algorithme* » (loc. cit.). En d'autres mots :

⁷ Le concept de situation, tel qu'il est défini dans le cadre de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud, sera explicité plus loin (cf. infra, p. 19, p. 81 et p. 104).

Il s'agit alors de comprendre les erreurs (...) comme des formes provisoires de ce schème en construction; elles sont des réalisations psychologiques, encore inadaptées à l'algorithme, mais fruits de compromis entre diverses connaissances qu'un schème achevé coordonnerait.

(Brun, Conne, Cordey, Floris, Lemoyne, Leutenegger, Portugais, op. cit., p. 205)

Ainsi, la notion de schème est centrale à l'étude de l'erreur dans le cadre des travaux d'inspiration genevoise. En rendant compte de l'erreur sur le plan des organisations cognitives, Brun et son équipe de chercheurs sont allés à l'encontre des recherches antérieures issues de l'intelligence artificielle (Brown, Burton, etc.). En offrant des pistes permettant de mieux comprendre l'étude de l'activité conceptuelle de l'élève, ce type d'analyse a permis d'ouvrir la porte pour de nouveaux travaux dans le cadre de la didactique de l'arithmétique. Parmi ceux-ci, nous tenons à présenter les recherches ciblant spécifiquement le travail de l'erreur.

1.3.2. Le travail de l'erreur et son étude par les futurs enseignants

Principalement développé et étudié par Brun et Portugais, le travail de l'erreur résulte d'un raisonnement ayant pour double finalité de comprendre l'erreur et de mettre en place des interventions didactiques sur celle-ci. Il est effectué en situation d'enseignement et comprend deux volets : le repérage et l'intervention sur l'erreur.

D'une part, le repérage des erreurs se fait à partir de la *typologie des erreurs* (ann. I). Cette classification, produite par Brun et Conne, est le fruit d'une recherche adhérent à la conception de l'erreur intelligente, réalisée de 1988 à 1993. Il s'agit d'un outil didactique répertoriant vingt erreurs distinctes pouvant être produites par des élèves, dans l'exécution d'un algorithme de division en colonne. D'autre part, l'intervention sur les erreurs s'effectue à partir de la *typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur* (ann. II) produite par Portugais (1992; 1995). Cet outil distingue deux grandes classes de stratégies : celles basées sur le *contrôle des actions des élèves* et celles basées sur le *contrôle du sens de la division* (id., 1995, p. 171). Ainsi, certaines formes d'intervention sur l'erreur

concernent le contrôle numéral de l'activité mathématique de l'élève, tandis que d'autres relèvent du contrôle numérique⁸.

Effectuées en situation d'enseignement, les interventions sur les erreurs vont de pair avec la connaissance du fonctionnement de celles-ci. Ainsi, les deux volets sont complémentaires et permettent aux utilisateurs d'intervenir de façon éclairée sur les erreurs des élèves lors de calculs de division en colonne. Cela dit, précisons que les typologies de Brun, Conne et Portugais sont principalement destinées à l'emploi des maîtres du primaire. De ce fait, le travail de l'erreur se retrouve à titre d'objet d'étude en formation initiale des enseignants dans certains programmes universitaires, dont celui de l'Université de Montréal. Dans le domaine de la didactique des mathématiques, cette pratique est commune :

Parce qu'elle est souvent perçue comme un levier de transformation des pratiques enseignantes, la formation initiale des enseignants est souvent considérée comme un lieu privilégié pour déployer, appliquer ou injecter des résultats de recherches sur l'enseignement des mathématiques.

(Portugais, 1999c, p. 113)

D'ailleurs, Portugais a mené, en 1996, une recherche ciblant l'injection de ces deux typologies (se rapportant au travail de l'erreur), dans les cours de didactique des mathématiques en milieu universitaire. Puisqu'elles ciblent le futur maître et, plus particulièrement, les connaissances que celui-ci développe dans le cadre du système de formation, cette recherche se détache des nombreux travaux ayant pour visée l'analyse de l'élève et du savoir mathématique. À l'époque, l'intérêt marqué pour le pôle « enseignant » représente une nouveauté, non seulement pour le champ d'étude de l'erreur, mais pour le domaine dans son ensemble.

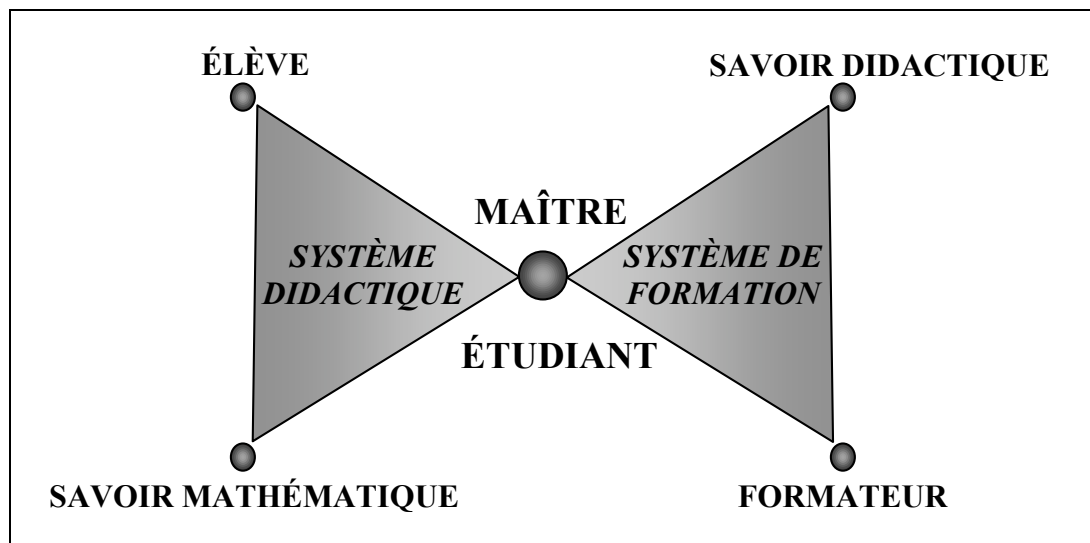
⁸ Le lecteur notera que nous présentons très brièvement ici ces outils ainsi que l'ensemble des résultats de recherche de Brun, Conne et Portugais, puisque l'ensemble de ces notions seront reprises et explicitées dans le deuxième chapitre. Leur brève présentation, ici, est toutefois inhérente à la spécificité du présent projet de recherche.

Pour analyser le travail de l'erreur effectué par le maître en devenir, Portugais se réfère à la théorie des situations didactiques de Brousseau (1986; 1998) ainsi qu'à la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1991a). La mise en fonctionnement, à la fois conjointe et délibérée, de ces deux cadres théoriques donne une nouvelle dimension à cette approche proprement genevoise des problèmes de formation. N'excluant point le cognitif dans le didactique, cette démarche cherche inversement à prendre en compte la spécificité du didactique au sein du cognitif⁹.

Ce chercheur considère l'étudiant en stage comme un sujet au centre d'un double système (1995, p. 281). La figure 1 rend compte de la position duale du futur maître dans la situation de formation.

Figure 1

Modélisation théorique du double système selon Portugais (1995)



En ce qui a trait au travail de l'erreur, le savoir mathématique concerné, dans le système didactique, est celui des opérations arithmétiques élémentaires et

⁹ « Le cognitif est le lieu des phénomènes relevant de la cognition individuelle, c'est-à-dire de l'acquisition des connaissances et des compétences. Le didactique est le lieu des phénomènes de mise en circulation de savoirs, c'est-à-dire de l'apprentissage provoqué par un jeu de conditions et de contraintes intentionnellement mises en place » (Portugais, 1999a, p. 71-72).

leurs algorithmes de calcul respectifs¹⁰. Par contre, dans le système de formation, le savoir didactique en jeu est constitué de la typologie des erreurs (Brun et Conne) et de la typologie des stratégies d'intervention (Portugais). En adoptant le rôle d'enseignant, le sujet est engagé envers l'élève et la relation que celui-ci développe avec le savoir mathématique en question. Le maître est alors soumis au *contrat didactique*¹¹. Toutefois, en assumant également le rôle d'étudiant, il conserve une relation avec son formateur et se retrouve assujéti à un contexte d'évaluation. L'enseignant en devenir est, en ce sens, influencé par les attentes de son formateur; il risque d'orienter ses choix, décisions et actions, par rapport à sa compréhension de ce qui est souhaité par celui qui l'évalue. Depuis, ce phénomène, nommé *contrat de formation*¹², a été fréquemment observé chez les formés, car ceux-ci ressentent le besoin de prouver au formateur qu'ils emploient les savoirs didactiques vus en classe.

Par la mise en place d'une ingénierie didactique spécifique, Portugais étudie le développement de savoirs et connaissances relatifs au travail de l'erreur. Ces dispositifs expérimentaux offrent aux futurs enseignants des situations de formation en classe ordinaire. En observant les étudiants repérer des erreurs et déployer des stratégies d'intervention, ce chercheur documente comment « *se constituent des règles d'action, repérables au fait que les conduites s'organisent de façon relativement stable* » (Perrin-Glorian, 2002, p. 176). Ainsi, Portugais infère, chez les enseignants en formation, l'existence d'un schème particulier, identifié comme le *schème d'action du travail de l'erreur* (1995, p. 229). Il stipule que :

¹⁰ Mentionnons rapidement que l'ensemble des opérations sont ciblées, puisque l'on retrouve, dans la méthode d'exécution d'une division en colonne, les algorithmes de multiplication, de soustraction et d'addition. Nous explicitons ces notions dans notre recension des écrits (cf. infra, p. 35)

¹¹ Ce concept a été introduit par Guy Brousseau au début des années 80 et concerne la relation élève-enseignant.

¹² Le contrat de formation fonctionne, dans le système de formation, de la même façon que le fait le contrat didactique dans le système didactique. Ce concept a été introduit par Portugais, en 1992, et a fait depuis lors, l'objet de plusieurs travaux de recherche. Mentionnons que le contrat de formation existe, malgré la présence ou l'absence physique du formateur lors des séquences didactiques (d'après Portugais, 1995).

La prise en compte des analyses préalables et des stratégies réussies dans la démarche du formé d'une séquence à l'autre est typique de l'assimilation¹³. La variation des stratégies et les modifications qu'elles subissent dans la démarche du formé sont caractéristiques de l'accommodation. Pour nous, ces deux mécanismes sont constitutifs de l'élaboration, chez le formé, d'une organisation des conduites sur le plan conceptuel. Donc, l'intégration des réussites associées à leurs causes respectives (vues dans l'analyse a posteriori) et les majorations significatives enjoignent selon nous à considérer sérieusement l'hypothèse de l'élaboration d'un schème d'action.

(loc. cit.)

Cet extrait met en relief la prépondérance du *processus d'adaptation (assimilation-accommodation)* que subit ce schème spécifique chez les futurs enseignants. Il est reconnu que, dans le cadre du travail de l'erreur, le schème s'adapte et « bouge » selon les situations vécues par les étudiants. Si nous exposons davantage les résultats des recherches de Portugais lors de notre recension des écrits, soulignons dès lors que les différents profils, les diverses tendances ainsi que les quelques défaillances observées manifestent la présence d'un schème en évolution. En d'autres mots, le schème d'action du travail de l'erreur¹⁴ demeure « en construction » chez cette population spécifique.

Cela dit, soulignons que les travaux de Portugais n'ont fait que postuler l'existence d'un schème relié au repérage et à l'intervention sur l'erreur. À ce jour, l'idée d'une organisation stable de la conduite pour cette classe de situations d'enseignement spécifique reste peu documentée dans la littérature scientifique de la didactique des mathématiques. Mentionnons d'ailleurs que si Portugais a poursuivi, au Québec, l'étude du travail de l'erreur effectué par des futurs enseignants (1998; 1999c; 2000a), ses recherches subséquentes ont plutôt été orientées sur une théorisation des choix, décisions et actions du futur enseignant, de même que sur la construction d'un *modèle des intentions didactiques*.

¹³ Précisons que le dispositif mis en place à l'époque a permis aux futurs enseignants de vivre une démarche exploratoire, dans laquelle ils devaient intervenir sur les erreurs de division des élèves pendant trois séances distinctes.

¹⁴ La distinction entre le concept de *schème* et celui de *schème d'action* sera établie au chapitre du cadre de référence (cf. infra, p. 111).

Faisons une courte parenthèse afin de souligner que les travaux ciblant l'analyse des schèmes ont toutefois connu une accentuation en didactique des mathématiques depuis la dernière décennie. Cependant, peu d'entre eux ciblent une population d'enseignants, que ceux-ci soient en formation ou en exercice. Quelques recherches seulement ont pour but d'analyser les conduites du maître et de les interpréter à l'aide du concept de schème. Parmi les travaux orientés dans ce champ d'études, nous notons particulièrement ceux de Zaragosa qui, par l'analyse du maître en classe ordinaire, a été en mesure d'inférer l'existence d'un *schème didactique de l'interaction verbale* (2000; 2006)¹⁵.

Nous bouclons ici notre brève présentation de l'étude de l'erreur en didactique de l'arithmétique. Le lecteur se rappellera que nous avons surtout insisté sur les travaux adhérant au courant européen pour les besoins de la recherche actuelle. De ce fait, nous tenons à souligner que le concept de schème est central aux travaux ancrés dans l'approche genevoise. En proposant l'existence du *schème d'action du travail de l'erreur*, Portugais a voulu rendre compte des conduites organisées chez le futur maître intervenant sur des erreurs. Brun et Conne, quant à eux, ont eu recours à la notion de *schème-algorithme* afin de préciser la part de la connaissance qui entre en jeu dans le caractère organisé des erreurs chez les élèves. La théorie des champs conceptuels de Vergnaud occupe ainsi une place prépondérante dans l'étude de l'erreur, qu'il s'agisse de l'analyse des procédures erronées de l'élève ou du travail de l'erreur effectué par le futur enseignant.

¹⁵ Nous citons quelques extraits de ces travaux dans le troisième chapitre (cf. infra, p.93 et 99).

2. PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

2.1. Les nouveaux enseignants et le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire

En filiation avec les travaux genevois initiés au début des années 90, notre thèse propose de poursuivre et réactualiser les recherches de Brun, Conne et leur équipe de chercheurs (1990; 1991; 1994), de même que celles de Portugais (1992; 1995; 1996) liées au repérage et à l'intervention sur l'erreur de calcul de division. Ainsi, nous ciblons le travail de l'erreur effectué par le maître novice, dans le contexte de la classe ordinaire¹⁶. Nous nous appuyons sur un dispositif méthodologique combinant observation et entretien afin de repérer et d'analyser des situations d'enseignement réelles, telles qu'elles se produisent dans la pratique quotidienne. Il est à préciser que nous ciblons uniquement les situations d'enseignement dans lesquelles le maître repère et intervient sur une erreur commise par un élève du primaire dans l'exécution d'une division en colonne. Spécifions qu'ici, tout comme dans la théorie des champs conceptuels, le concept de situation se restreint au sens habituellement accordé par le psychologue. Ainsi, cette notion ne prend pas la signification de « *situation didactique* » comme l'entend Brousseau, mais plutôt celle de tâche. Le lecteur notera que nous exposons davantage cette idée lors du chapitre consacré au cadre de référence (cf. infra, p. 104).

Dans la présente étude, nous ne nous limitons pas à la description du diagnostic et de l'intervention du maître débutant : *nous cherchons à mieux comprendre l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur*. Notre problématique spécifique se fonde sur l'idée formulée par Portugais qu'il existe un schème spécifique au travail de l'erreur¹⁷. Nous cherchons donc à documenter les

¹⁶ Précisons que, dans le cadre de cette thèse, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division. Nous reprenons l'expression « travail de l'erreur », telle que définie par Portugais (1992; 1995; 1996). De même, soulignons que la typologie des erreurs (Brun et Conne 1991) ainsi que la typologie des stratégies d'intervention sur les erreurs (Portugais, 1992, 1995) se rapporte uniquement à la division.

¹⁷ Le lecteur notera que cette idée d'un schème spécifique au travail de l'erreur est explorée dans le cadre de cette recherche. Si nous ne pouvons ici en donner une caractérisation initiale, nous chercherons à éclairer la nature et le fonctionnement de ce schème tout au long de cette thèse.

choix, décisions et actions de l'enseignant nouvellement en exercice et de les analyser à partir d'un cadre de référence précis élaboré en fonction de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud.

En ciblant les situations d'enseignement où le maître novice repère et intervient sur les erreurs des élèves, nous ne cherchons ni à mesurer l'efficacité de ses pratiques, ni évaluer l'ensemble de ses compétences. De même, notre intention n'est pas d'injecter, en classe ordinaire, des résultats issus de recherches en didactique de l'arithmétique. De ce fait, notre étude se fonde sur la description objective de la pratique en classe ordinaire et non sur la mise en place d'une ingénierie particulière. Ce choix méthodologique se fonde sur l'idée « *d'appréhender l'action pendant qu'elle est en train de se faire plutôt que le résultat de celle-ci* » (Zaragosa, 2006, p.94). Nous prenons appui sur la théorie des champs conceptuels, et la notion de schème, afin de théoriser les phénomènes didactiques observés. Avec une fine analyse de l'organisation de la conduite du maître novice en *situation d'enseignement spécifique au travail de l'erreur*, il nous est possible d'acquérir une meilleure compréhension des processus cognitifs et mécanismes conceptuels qui sous-tendent l'activité de l'enseignant débutant.

Il s'agit là d'une esquisse de l'approche de travail développée dans la présente recherche. Puisque les prochains chapitres préciseront les particularités distinctives du travail actuel, nous présentons dès lors nos questions de recherche.

2.2. Questions de recherche

Deux classes de questions sont proposées à travers ce projet de recherche, soit une question générale suivie de questions spécifiques.

2.2.1. Une question générale

L'ensemble des considérations qui ont été traitées dans le présent chapitre permet l'exposition d'une question générale :

Chez l'enseignant débutant, quel est le fonctionnement de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire?

2.2.2. Des questions spécifiques

Voici quatre questions spécifiques présentées selon un ordre diachronique. Elles seront expliquées par la suite.

- 1. Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître?*
- 2. Quelles sont les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées?*
- 3. Comment le maître novice travaille-t-il l'erreur arithmétique dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire?*
- 4. Quels indices, observables dans la conduite du nouvel enseignant en situation du travail de l'erreur, témoignent des connaissances et des mécanismes cognitifs de ce sujet?*

2.2.3. À propos des questions spécifiques

Afin de permettre au lecteur de bien saisir l'orientation que nous donnons à cette recherche, nous tenons à préciser brièvement le sens des questions présentées ci-dessus et à mettre en relief leur caractère intégré et interdépendant. Les prochains chapitres contribueront davantage à la clarification de leur portée.

En premier lieu, nous posons la question « *Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître?* ». Nous cherchons à savoir si, dans sa pratique

professionnelle, le nouveau maître identifie les erreurs commises par ses élèves. Ici, il est simplement question du diagnostic de l'erreur se retrouvant dans l'exécution de divisions en colonne. Nous ne demandons pas explicitement à l'enseignant de se prononcer sur la cause, le pourquoi des erreurs n'étant pas à l'étude dans le cadre de cette recherche. Cette question se situe en préambule de notre recherche et se rapporte à la reconnaissance des erreurs, soit au premier volet du travail de l'erreur. La typologie des erreurs de Brun nous servira d'appui afin d'identifier les types d'erreurs commises.

En deuxième lieu, nous formulons la question « *Quelles sont les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées?* ». Nous cherchons à identifier les actions posées par le nouveau maître, une fois l'erreur constatée. Nous soutenons que l'enseignant débutant n'ignore pas la procédure erronée et qu'il cherche à mettre en œuvre des moyens pour s'assurer que l'élève en prenne conscience. Quelles sont alors les stratégies utilisées par le nouveau maître? Comment sont-elles déployées? Ici, la typologie des stratégies de Portugais nous servira d'appui afin d'identifier les formes d'intervention mises en place. L'intérêt de cette question, se rapportant au deuxième volet du travail de l'erreur, réside dans le fait qu'elle cible les stratégies déployées par le maître pour agir sur la relation qu'entretient l'élève avec le savoir mathématique en question, soit les opérations élémentaires et leurs algorithmes respectifs.

En troisième lieu, nous demandons « *Comment le maître novice travaille-t-il l'erreur arithmétique dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire?* ». Ici, nous cherchons à mieux connaître les liens qui existent entre les activités de diagnostic et d'intervention sur l'erreur. Nous ciblons l'organisation des choix, des décisions et des actions du novice dans les situations d'enseignement spécifiquement vécues en classe ordinaire. Occupant un point central dans la présente étude, cette question se situe en extension des deux premières. L'enseignant novice coordonne-t-il son intervention en fonction de

l'erreur identifiée? Quelles sont les actions subséquemment posées si l'erreur n'est toujours pas détectée par l'élève? Comment le nouveau maître intervient-il lorsque plus d'une erreur se retrouve dans la procédure de l'élève? En procédant à cette analyse, nous sommes attentive aux activités de diagnostic et d'intervention, de même qu'aux éléments de la situation d'enseignement pouvant être pris en considération dans le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire. Par exemple, nous pouvons nous demander si un certain type d'erreur appelle la mise en œuvre immédiate d'une stratégie particulière ou si la prise en considération d'une autre variable particulière, telle qu'une recommandation ministérielle, peut marquer le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire¹⁸.

En prenant appui sur cette troisième question spécifique, il nous est possible de trouver réponse à la quatrième question « *Quels indices, observables dans la conduite du nouvel enseignant en situation de travail de l'erreur, témoignent des connaissances et des mécanismes cognitifs de ce sujet?* ». En effectuant un parallèle avec l'étude de l'erreur chez l'élève, l'idée est de considérer le travail de l'erreur du nouveau maître comme un tout organisé, se déroulant dans le temps et ainsi, susceptible d'adaptation. Placé en situation d'enseignement, il repère les informations pertinentes qui lui permettront d'amener l'élève à prendre conscience de la procédure erronée. Pour organiser sa conduite, il effectue des raisonnements, émet des intentions didactiques et anticipe les effets de ses interventions. Il intervient, puis il observe les effets de ses actions avant de poursuivre ou de changer d'approche. L'étude de la coordination de ses actions, en *situation du travail de l'erreur*, offre de précieux indices au sujet des connaissances et des mécanismes cognitifs du maître nouvellement en exercice¹⁹. Précisons que c'est par l'analyse de situations d'enseignement réelles, à l'aide de la théorie des champs conceptuels et la notion de schème, que nous pourrons témoigner de ces différents éléments conceptuels. Ce travail nous permettra

¹⁸ Nous expliquons cette idée au troisième chapitre (cf. infra, p. 117).

¹⁹ Il ne s'agit pas ici de lister toutes les connaissances et tous les mécanismes cognitifs qui entrent en jeu dans le travail de l'erreur, mais bien ceux qui sont identifiables à partir de l'analyse de conduites observables.

d'accéder à une meilleure compréhension du fonctionnement de l'activité conceptuelle qui sous-tend les activités de diagnostic et d'intervention de l'erreur chez le maître nouvellement en pratique.

En somme, c'est la description et l'analyse de situations d'enseignement spécifiques au travail de l'erreur, telles qu'elles sont vécues en classe ordinaire par des enseignants débutants, qui permettent de résoudre nos questions spécifiques et de trouver réponse à notre question générale. Nous devons d'abord nous référer au domaine de l'observable si nous souhaitons accéder à l'activité conceptuelle du nouveau maître. Comme le mentionne Zaragosa : « *Les questions relatives aux théories implicites qui sous-tendent l'activité de l'enseignant [...] trouvent des réponses dans l'observation de classes ordinaires. Les enseignants ont des connaissances-en-acte qui sont de véritables compétences* » (loc. cit.). Cette idée sera reprise et élucidée davantage dans les prochains chapitres, mais surtout dans notre cadre de référence et notre méthodologie. Le lecteur verra alors que l'adoption de cette démarche, s'appuyant sur l'analyse des situations d'enseignement spécifiques, permet d'atteindre les objectifs de recherche présentés ci-dessous.

3. OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Cette recherche comprend un objectif général dont l'atteinte dépend de trois objectifs spécifiques.

3.1. Objectif général

Cette thèse vise *une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle du maître débutant qui, dans le contexte de la classe ordinaire, se retrouve dans des situations d'enseignement où il est appelé à repérer et intervenir sur l'erreur arithmétique commise par un élève dans l'exécution d'un algorithme de division.*

3.2. Objectifs spécifiques

1. *Identifier les erreurs arithmétiques repérées ainsi que les stratégies d'intervention mises en œuvre par le nouvel enseignant.*
2. *Décrire le travail de l'erreur réalisé par le maître novice dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire.*
3. *Identifier, dans la conduite du nouvel enseignant, des indices qui témoignent des connaissances et mécanismes cognitifs qui sous-tendent le travail de l'erreur.*

3.3. Visée d'une recherche ancrée dans la didactique des mathématiques

L'idée, telle que proposée par Portugais, qu'il existe un schème spécifique au travail de l'erreur sous-tend la démarche du présent travail. Ainsi par la description des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire, dans lesquelles le maître débutant repère et intervient sur des erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, de même que leur analyse à partir d'un cadre de référence fondé sur les travaux de Vergnaud, nous cherchons à accéder à une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur. L'atteinte de cet objectif général dépend toutefois des trois objectifs spécifiques cités précédemment. Ceux-ci, au caractère intégré et interdépendant, se rattachent au réseau de questions présentées dans la section précédente et représentent les fondements de la présente recherche.

Si nous reconnaissons l'importance relative des dimensions psychopédagogiques, sociologiques ou psychologiques pouvant entrer en jeu dans l'étude des nouveaux enseignants, nous insistons sur le fait que cette recherche s'intéresse uniquement à l'aspect didactique de notre problématique. Il est entendu, dans la communauté didacticienne, que ce domaine comporte deux pôles : *comprendre* et *agir* sur le système d'enseignement (Artigue, 1988). La recherche actuelle, en visant à documenter les choix, décisions et actions du nouveau maître, tente de comprendre les phénomènes didactiques relatifs aux

situations d'enseignement spécifiques au travail de l'erreur. Pour atteindre cette visée, notre travail s'associe aux études dites « descriptives »²⁰. En ce sens :

La description, selon les termes de Bernard (1988), signifie « rendre compréhensibles des réalités complexes en les réduisant à leurs composantes ». Le but est de réaliser un compte rendu clair du phénomène à l'étude.

(Miles et Huberman, 2003, p. 172)

Puisque la documentation du travail de l'erreur est réalisée dans le contexte de la classe ordinaire, la présente étude privilégie une approche descriptive venant renouveler et poursuivre les recherches de Brun, Portugais et l'équipe de chercheurs genevois. Ce choix méthodologique nous permet de rendre compte des différentes réalités didactiques du travail de l'erreur et ainsi mettre en relief toute la complexité de la tâche de l'enseignant.

Ceci conclut la section destinée aux objectifs de notre travail de recherche, de même que ce premier chapitre. Dans le cadre de cette recherche, tout comme dans le domaine de la didactique des mathématiques, nous insistons sur l'idée d'indépendance de la recherche par rapport à la volonté d'améliorer l'insertion professionnelle ou la formation à l'enseignement. Nous limitons ainsi nos propos à notre champ d'études. Tout en reconnaissant l'importance des autres domaines, nous considérons que nos résultats de recherche sont spécifiques à la didactique des mathématiques et ne pourront être généralisés : la présente étude demeure interne à notre champ d'études.

²⁰ Nous reprenons d'ailleurs cette caractéristique, lorsque nous explicitons les concepts méthodologiques privilégiés dans la présente recherche, au quatrième chapitre (cf. infra, p. 137).

CHAPITRE SECOND

RECENSION DES ÉCRITS

Dans le chapitre précédent, nous avons fait état de notre problématique spécifique en présentant les questions et objectifs de cette étude. Ce deuxième chapitre, consacré à la recension des écrits, comporte cinq parties distinctes. Dans la première, nous effectuons une présentation de notre population cible et précisons certains choix d'ordres théorique et méthodologique. Dans la seconde, nous présentons rapidement les concepts d'opérations élémentaires, d'algorithme de calcul et de division en colonne. Nous passons en revue les recherches reliées à la reconnaissance de l'erreur dans la troisième partie et consacrons la quatrième aux études se rapportant à l'intervention sur l'erreur. Au terme de ce chapitre, nous offrons un aperçu de la théorie des champs conceptuels en identifiant ses principaux concepts, tels que définis par Vergnaud.

1. TRAVAIL DE L'ERREUR CHEZ LES ENSEIGNANTS DÉBUTANTS

Notre recherche cible le repérage et l'intervention du maître novice sur les procédures erronées des élèves, afin d'acquérir une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur. Pour analyser les conduites qu'adoptent les nouveaux maîtres en classe ordinaire, nous nous appuyons sur la théorie des champs conceptuels de même que cette idée d'un schème spécifique au *travail de l'erreur*¹. Toutefois, afin de décrire leurs actions posées *in situ*, nous prenons appui sur deux outils didactiques, soit la typologie des erreurs et la typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur². Cette population peu présente dans les écrits scientifiques de la didactique n'a jamais été ciblée dans le cadre d'une recherche ayant pour objet d'étude le travail de l'erreur. Les

¹ Le lecteur notera que, dans le cadre de ce travail, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division. Nous reprenons l'expression « travail de l'erreur », telle que définie par Portugais (1992; 1995; 1996). De ce fait, l'expression « schème du travail de l'erreur », se rapporte uniquement à l'activité du travail de l'erreur dans la division.

² Nous exposons longuement ces outils et les travaux s'y rapportant dans la deuxième et troisième partie du présent chapitre.

phénomènes didactiques liés au diagnostic et au traitement de l'erreur, documentés par Portugais, Brun et l'équipe genevoise, ont uniquement concerné une population de futurs maîtres.

Ainsi, nous devons exposer, d'abord et avant tout, les principales caractéristiques des nouveaux maîtres en prenant appui sur d'autres travaux issus de la didactique des mathématiques de même que sur des recherches provenant de domaines connexes. Ensuite, nous spécifions comment l'emploi de la typologie des erreurs (Brun) et de la typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur (Portugais), pour analyser les pratiques des enseignants débutants, se fonde sur des arguments d'ordres théorique et méthodologique en lien avec une particularité de notre échantillon.

1.1. Caractéristiques et particularités des maîtres novices

Depuis les quinze dernières années, l'intérêt croissant envers l'enseignant a entraîné le développement de recherches ciblant spécifiquement ce « pôle » du système didactique. Ceci a permis de considérer le professeur comme un facteur déterminant de l'apprentissage des élèves et a occasionné de nombreux changements sur la manière dont son rôle est conceptualisé par la communauté scientifique. Nous remarquons que, dans le domaine de la didactique des mathématiques, bon nombre de ces travaux ciblent plus particulièrement une population de futurs enseignants. Or :

L'une des principales caractéristiques des étudiants en formation initiale des maîtres est leur peu d'expérience pratique et le fait, par conséquent, qu'ils se représentent plus ou moins les situations problématiques auxquelles ils risquent d'être confrontés. Ils ne disposent pas de répertoires de solutions leur permettant d'affronter ces situations si bien qu'ils ont tendance à les appréhender de manière intuitive sur la base de leurs propres expériences comme élèves ou à partir de modèles d'enseignants avec lesquels ils ont été en contact en tant qu'apprenants.

(Legendre et Portelance, 2001, p.18)

L'enseignant débutant, également caractérisé par le manque d'expérience, constitue rarement l'objet de recherches en didactique. Celui-ci se distingue

formellement du futur maître, puisqu'il n'appartient plus au système de formation. Les liens tissés avec l'institution universitaire se sont estompés et le sujet n'est plus soumis au contexte d'évaluation³. De ce fait, il s'opère « *nécessairement un changement de rapport au savoir enseigné* » (Perrin-Glorian, 2002, p. 188). Rappelons que le maître novice n'est ainsi plus assujéti au contrat de formation. Ses actions sont alors uniquement « *médiées par sa position dans le système d'enseignement et dans le système didactique* » (Portugais, 2000a, p. 3). Par conséquent, il endosse toutes les responsabilités que comporte le métier d'enseignant en assumant un double rôle :

- *Effectuer une présentation des mathématiques d'école qui soit conforme aux attentes du système d'enseignement;*
 - *Agir sur le rapport que va développer l'élève avec les mathématiques d'école de manière à ce que le système didactique « fonctionne » (c'est-à-dire qu'il réalise le projet d'enseignement et, qu'à la fin, les élèves aient effectivement appris les mathématiques d'école visées).*
- (loc. cit.)

Dans un premier temps, le fait d'effectuer une présentation des mathématiques implique nécessairement l'exposition des mathématiques d'école « *en fonction des élèves particuliers dont est composée sa classe (contraintes du système didactique)* », mais également « *en fonction du projet social d'enseignement (contraintes du système d'enseignement)* » (loc. cit.).

Cela va conduire le professeur à effectuer des choix et à prendre des décisions importantes pour le « bon fonctionnement » des mathématiques d'école. Des stratégies seront choisies, des décisions ad hoc seront prises aussi. La recherche en didactique sur le sous-système enseignant devait permettre d'éclairer cela pour que l'on saisisse finement comment se font ses adaptations et comment se prennent ses décisions.

(ibid., p. 3-4)

Dans un deuxième temps, l'enseignant a la responsabilité d'agir sur le rapport que va développer l'élève avec des mathématiques d'école, ce qui signifie

³ Rappelons que, contrairement à nos collègues français qui maintiennent un système dans lequel inspecteurs et conseillers pédagogiques viennent évaluer les nouveaux maîtres lors de leur période d'induction, les enseignants débutants québécois ne sont pas soumis à un suivi « officiel » depuis l'abolition du système de probation en 1992.

qu'il doit repérer des ressources qui « *permettent d'agir sur la cognition d'autrui* » (ibid., p. 4). Ainsi, l'acte de « *faire comprendre des mathématiques d'école aux élèves* » n'est ni simple, ni automatique, puisque :

L'apprentissage des mathématiques consiste donc non seulement à apprendre un contenu, mais surtout à apprendre à s'en servir pour résoudre des problèmes à l'intérieur des mathématiques, mais aussi à les utiliser pour résoudre des problèmes extérieurs aux mathématiques.

(Perrin-Glorian, op. cit., p. 168).

L'enseignement des mathématiques constitue ainsi une activité complexe qui « *nécessite des explications, des exercices, des problèmes, des indications, des déclarations, des écritures, des commentaires qui viennent contrepointer ces écritures, etc.* » (Portugais, op. cit., p. 4). Dans le domaine de la didactique des mathématiques, nous considérons que :

Le médiateur « professeur » n'est pas un relai dans la tâche qui consiste à faire apprendre et à faire comprendre des mathématiques d'école; au contraire, l'enseignant est un médiateur essentiel qui détermine pour une large part le fonctionnement de la relation didactique⁴.

(loc. cit.)

Pour enseigner les mathématiques, les maîtres disposent des connaissances relevant de savoirs mathématiques, de savoirs didactiques, de savoirs d'expérience⁵ et aussi de savoirs pédagogiques⁶ (Perrin-Glorian, 2002). Précisons que ces derniers sont construits « *par les processus d'intervention du maître sur le rapport de l'élève au savoir mathématique* » (Portugais, 1995, p.285) et doivent être actualisés, répétés, testés, mis à l'épreuve et modifiés par le maître pour qu'ils puissent prendre du sens. Dans les écrits de la didactique, l'ensemble des savoirs que détiennent les maîtres novices est décrit comme étant « en construction ». Mentionnons que leur analyse relève rapidement des difficultés d'ordres théorique

⁴ C'est-à-dire la relation existant entre les pôles « élève » et « savoir » du système didactique.

⁵ Dans le cadre de la didactique des mathématiques, le *savoir d'expérience* est un savoir particulier, défini comme un savoir construit « *par les processus d'intervention du maître sur le rapport de l'élève au savoir mathématique* » (Portugais, 1995, p.285).

⁶ Insistons sur le fait que, si nous reconnaissons l'existence de ce type de savoir, il ne constitue pas l'objet d'étude de la présente recherche, ancrée dans le domaine de la didactique des mathématiques.

et méthodologique; il demeure impossible de faire un inventaire exhaustif des différentes connaissances en acte de l'enseignant. De plus, lorsque leurs connaissances mathématiques sont étudiées et évaluées, ce n'est souvent que pour constater leur insuffisance (Perrin-Glorian, 2002). De ce fait, peu est connu à propos des connaissances des enseignants novices, surtout en ce qui concerne les savoirs didactiques et d'expérience, sinon qu'ils demeurent ouverts sur l'avenir (Houdement et Kuzniak, 1996).

Dans les écrits relevant du domaine de la psychopédagogie, il est possible de retrouver une diversité d'expressions afin d'identifier la période d'insertion dans la profession enseignante. On parle de l'adaptation, l'initiation, l'introduction, l'acclimatement, l'orientation et l'intégration (Weva, 1999, p.189). Huberman l'identifie comme la *phase d'entrée ou phase de tâtonnement* (1989), mais il est également possible de la retrouver sous le nom de phase de transition ou phase d'induction. Cela dit, dans la littérature québécoise, cette période est surtout identifiée comme étant *l'insertion professionnelle*. Elle « *représente l'ajustement à faire à l'entrée dans le monde du travail* » (Tardif et Lessard, 1999, p. 388) et se définit comme :

un processus formel et planifié visant à introduire, à orienter ou à initier les nouveaux enseignants à leur nouvelle profession afin de maximiser, aussitôt que possible, leur satisfaction, leur motivation au travail et leur rendement. [L'insertion professionnelle] est un processus par lequel les nouveaux employés deviennent conscients de diverses facettes de leur nouvel emploi et des implications qu'elles ont pour eux.

(Weva, op. cit., p.189)

Certains auteurs stipulent que ce premier cycle de la vie professionnelle a une durée de trois ans, mais d'autres affirment qu'il peut s'étendre jusqu'à cinq ans. Quoi qu'il en soit, c'est surtout la première année qui captive l'intérêt des chercheurs, puisque :

The initial year is recognized as an important segment of a teacher's career, believed to have long-term implications for teaching effectiveness, job satisfaction and career length. As preservice teachers enter the

workplace, they encounter new challenging responsibilities and must find a professional place within the school culture. Many begin this transition filled with uncertainty, find their jobs more challenging than anticipated, and rethink career choice.

(Feiman-Nemser, 1983 ; Lortie, 1975; Macdonald, 1980, tels que cités par Herbert et Worthy, 2001, p. 897-898).

Nous remarquons qu'un grand nombre d'écrits présentent cette première étape de la vie des enseignants de façon négative, « *using terms such as frustration, anxiety, isolation, and self-doubt* » (Herbert et Worthy, 2001, p. 898). Cette phase, dans la carrière d'un enseignant, va même jusqu'à être qualifiée de *période de survie* par des chercheurs tels que Katz (1972) ou Huberman (1989). Héту soutient que les enseignants en insertion professionnelle peuvent même traverser une crise « *reconnue sinon précisément en sa fréquence, au moins comme malaise, profond sentiment de défaite du nouvel enseignant, angoisse du futur* » (1999, p. 24).

Sans soulever tous les détails liés à l'insertion professionnelle, nous tenons à souligner le processus délicat que représente l'entrée dans le métier d'enseignant. Nous reconnaissons que la situation des maîtres novices est exceptionnelle puisque « *rare sont les professions où, dès la première journée, le débutant a les mêmes responsabilités qu'un autre ayant dix ans d'expérience* » (Boutin, 1999, p. 51). Il est dit qu'en début de carrière, l'enseignant « *est entre deux identités, il abandonne sa peau d'étudiant en instance d'examen pour se couler dans celle d'un professionnel responsable de ses décisions* » (Perrenoud, 2000, p. 12). Ce dernier n'atteindra l'expertise qu'au fil des années dédiées à sa pratique (Houdement et Kuzniak, 1996). De nombreux chercheurs insistent d'ailleurs sur le rôle indéniable que joue l'expérience professionnelle dans l'adaptation du maître à son nouveau milieu. À ce sujet, nous reprenons les propos de Riopel :

Il faudra au nouvel enseignant quelques années de pratique en classe pour intégrer, d'une manière progressive son rôle professionnel et l'image de lui-même accomplissant ce rôle. Il y a des difficultés

inhérentes à l'entrée en fonction, mais il y en a d'autres relatives à la nécessité de se « voir lui-même » assumer ce rôle, d'apprendre à se connaître dans son exercice et de ce qu'il comporte, malgré les problèmes, le début de carrière est une étape importante dans la structuration des connaissances et des savoirs du jeune enseignant.

(2006, p.13)

Au terme de cette brève présentation de la population des enseignants débutants, nous tenons à préciser que notre référence aux différents concepts mentionnés est effectuée dans le but de mieux présenter notre population cible. Sans négliger l'importance relative des autres aspects associés à l'étude de l'insertion professionnelle, nous tenons à réitérer que notre projet relève uniquement du domaine de la didactique des mathématiques. Selon cette approche, les questions qui concernent le maître portent sur les phénomènes didactiques qui mettent en jeu cet acteur. Elles se rapportent également au savoir ou au rapport qu'entretiennent les élèves au savoir. Comme le mentionne Perrin-Glorian, ce champ d'études se fonde sur l'hypothèse que « *le savoir (enseigné ou à enseigner), qui est lui-même un objet d'étude pour les chercheurs, intervient de façon incontournable dans les questions étudiées* » (op. cit., p. 168).

1.2. Maîtres novices et travail de l'erreur : justifications théoriques et méthodologiques

Dans la présente section, nous émettons quelques-unes des justifications qui soutiennent le choix de notre population. En optant pour les nouveaux maîtres œuvrant dans le contexte de la classe ordinaire, nous plaçons notre travail dans un domaine peu fréquenté par les recherches de la didactique des mathématiques.

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, notre approche demeure en filiation avec les travaux genevois initiés au début des années 90 : notre thèse s'inscrit dans le prolongement recherches de Brun, Conne et de l'équipe de chercheurs genevois (1990; 1991; 1994), de même que celles de Portugais (1992; 1995; 1996) (cf. supra, p. 19). En ciblant le travail de l'erreur de calcul de division chez les enseignants novices, nous cherchons à documenter le

repérage et l'intervention effectuée de façon « autonome », c'est-à-dire libre des contraintes liées au projet universitaire. Contrairement au sujet qui détient le rôle d'étudiant, le nouveau maître ne conserve pas de relation avec son formateur et se situe ainsi en dehors du contexte d'évaluation de la formation initiale. Nous pensons que ces « libérations relatives » par rapport aux contraintes d'évaluation et/ou du contrat de formation (cf. supra, p. 16) font en sorte que nos sujets sont plus enclins à orienter leur conduite en fonction de leur compréhension du système didactique. Ils peuvent alors faire le choix de se référer (ou non) aux savoirs didactiques travaillés en milieu universitaire, tels que les typologies des erreurs et du travail de l'erreur. Ainsi, nos sujets sont responsables pour leurs propres choix, décisions et actions.

Cela dit, nous nous intéressons aux enseignants novices ayant suivi, lors de leur formation initiale à l'Université de Montréal, un cours de didactique de l'arithmétique comportant un segment réservé au travail de l'erreur et, plus précisément, l'étude des typologies de Brun, Conne et Portugais. Puisque ce cours est principalement offert aux étudiants inscrits dans le programme d'enseignement au primaire, les maîtres ciblés œuvrent dans des écoles élémentaires. Ceci signifie également que les participants de la présente étude possèdent déjà des connaissances à propos du travail de repérage et d'intervention sur l'erreur. Ce bagage se rapporte spécifiquement à la typologie de l'erreur et à la typologie des stratégies d'intervention, deux outils étudiés et travaillés en situation de formation où s'associent cours théoriques et travail pratique⁷. Théoriquement, l'enseignant débutant est prêt à intervenir auprès des élèves. *Mais lorsque le formé a terminé ses études et devient un maître titulaire, quelles sont ses connaissances spécifiques? Que sait le nouvel enseignant à propos des erreurs de division? Quelles stratégies d'intervention privilégie-t-il en classe ordinaire? Comment travaille-t-il l'erreur arithmétique?*

⁷ Rappelons que la présentation de ces caractéristiques, dans cette recension des écrits, a pour but d'offrir un autre argument à l'appui de l'utilisation des typologies de Brun, Conne et Portugais. Les critères de sélection de notre échantillon seront exposés dans leur ensemble au chapitre consacré à la méthodologie.

Précisons que nous ne voulons pas tester les nouveaux enseignants, ni mesurer les effets à long terme de la formation initiale. Toutefois, nous cherchons à comprendre comment le nouveau maître va mobiliser des connaissances développées en formation initiale lorsqu'il est appelé à reconnaître et à intervenir sur une procédure erronée en classe ordinaire. Il est raisonnable de supposer que ces connaissances spécifiques aient migré, en fonction des situations d'enseignement vécues, de façon à se retrouver amalgamées au schème du travail de l'erreur. De ce fait, nous considérons qu'il est nécessaire, pour la présente recherche, de nous référer aux outils conçus par Brun et son équipe afin de décrire les actions des enseignants débutants.

Rappelons que cette thèse vise *une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle du maître débutant qui, dans le contexte de la classe ordinaire, se retrouve dans des situations d'enseignement où il est appelé à repérer et intervenir sur l'erreur arithmétique commise par un élève dans l'exécution d'un algorithme de division.* (cf. supra, p. 24). Nous avons opté pour une population d'enseignants novices possédant déjà, sur le plan cognitif, certains éléments en lien avec le repérage et l'intervention sur l'erreur. Nous pensons que ces choix méthodologiques offrent de bonnes conditions de possibilité pour l'analyse des stratégies d'intervention sur l'erreur⁸.

2. OPÉRATIONS, ALGORITHMES ET DIVISION

Ayant présenté notre population cible et émis certaines justifications, nous tenons à décrire brièvement les notions d'opérations élémentaires, d'algorithmes de calcul et de division avant de procéder à la présentation détaillée du travail de l'erreur. Il ne s'agit pas ici de définir l'algorithme par rapport aux opérations de pensée et de langage des sujets, mais plutôt d'en examiner le caractère proprement

⁸ Le lecteur verra, dans la présentation des concepts méthodologiques, au quatrième chapitre, que la généralisation des résultats à l'ensemble de notre population ne constitue pas l'objet de notre recherche qui est plutôt de nature descriptive.

technique et mathématique, en dehors de la perspective de l'usage du terme *schème-algorithme* de la présente thèse.

2.1. Opérations arithmétiques élémentaires

Les quatre opérations arithmétiques élémentaires, soient l'addition, la soustraction, la multiplication et la division, constituent le savoir mathématique en jeu dans ce travail (cf. supra, p. 15-16). Rappelons que le travail de l'erreur cible uniquement la division, étant donné qu'une bonne compréhension de l'addition, de la soustraction et de la multiplication est requise pour effectuer cet algorithme de calcul, pour repérer les erreurs dans son exécution et pour intervenir sur les procédures erronées. Pour présenter ces opérations arithmétiques, nous reprenons la définition des opérations arithmétiques élémentaires donnée dans Portugais (1995).

D'un point de vue strictement mathématique, les opérations élémentaires arithmétiques (+, -, ×, ÷) sont des applications dont le cas général usuel correspond à la $f: \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$, associant à tout couple de réels (x,y) un scalaire z. La fonction f est bijective (sauf pour zéro-diviseur pour l'opération de division). On ne considère en général que deux opérateurs (+ et ×), les autres étant considérés comme leurs opérateurs inverses respectifs (- et ÷).

Comme nous nous intéressons aux opérations arithmétiques sur les entiers positifs et que le cursus scolaire concerné est celui de l'école primaire, nous allons nous limiter aux choses suivantes :

Pour l'addition, la soustraction et la multiplication, on aura trois applications respectives :

$$f: \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$g: \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$h: \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

alors que pour la division on aura l'application :

$$i: \mathbb{N} \times \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{Q}^+$$

Pour la soustraction, on ne considérera que les termes pour lesquels on aura $(n_1, n_2) \rightarrow n_3$ tels que $n_1 \geq n_2$ (résultat $n_3 \geq 0$, donc on reste dans \mathbb{N} et on n'accepte pas encore \mathbb{Z}).

Pour la division, on considérera la division avec reste (la division exacte étant considérée comme le cas particulier ayant un reste nul); ce qui implique que l'ensemble d'arrivée soit \mathbb{Q}^+ . Cela dit, la division n'a pas engagé de travail sur les décimaux.

(1995, p. 76-77)

2.2. Algorithmes de calcul

Les algorithmes de calcul auxquels nous faisons référence dans cette recherche sont les algorithmes usuels ou conventionnels se rapportant aux opérations arithmétiques élémentaires, tels que présentés et travaillés à l'école primaire. Le concept d'algorithme se définit mathématiquement comme :

une suite finie de règles à appliquer dans un ordre déterminé à un nombre fini de données pour arriver avec certitude (i.e. sans indétermination ou ambiguïté) en un nombre fini d'étapes, à un certain résultat et cela indépendamment des données. Un algorithme ne résout donc pas seulement un problème unique mais toute une classe de problèmes ne différant que par les données mais gouvernés par les mêmes prescriptions.

(F. Le Lionnais, Les grands courants de la pensée mathématique, Blanchard, 1962, tel que cité dans Portugais, *ibid.*, p. 77).

Dans le cadre cette thèse, nous retenons ici une autre définition :

Un algorithme consiste en la spécification d'un schéma de calcul, sous forme d'une suite d'opérations élémentaires obéissant à un enchaînement déterminé. Le terme d'algorithme tire lui-même son origine du nom du mathématicien persan Al Khwarizmi (env. 820) dont le traité d'arithmétique servit à transmettre à l'Occident les règles de calcul sur la représentation décimale des nombres antérieurement découvertes par les mathématiciens de l'Inde.

(Collard et Flajolet, 2009)

En d'autres mots, l'algorithme est compris comme un processus systématique d'exécution, dont l'organisation des étapes mène fatalement à un résultat. Le lecteur notera que le terme « algorithme » est parfois utilisé par abus de langage dans le cadre de cette thèse comme synonyme de tâche, de calcul, d'opération ou de procédure de calcul. Nous sommes consciente que le fait de considérer une tâche de calcul comme un « algorithme » peut paraître exagéré.

Toutefois, notre pratique de désignation linguistique ne s'écarte pas fondamentalement des pratiques des auteurs précédents à cet effet. De plus, c'est selon ce même abus de langage que les enseignants du primaire désignent une tâche par l'expression « algorithme », s'éloignant ainsi du sens mathématique formel.

Afin de présenter les particularités des algorithmes de calcul de l'addition, la soustraction, la multiplication et la division, nous reprenons un extrait issu de d'un texte de Portugais (1995).

Pour l'addition, on aura l'algorithme usuel en colonnes qui oblige à faire l'usage des retenues :

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ 1 \\ 3\ 4\ 7\ 7\ 4 \\ +\ 8\ 6\ 9\ 3 \\ \hline 4\ 3\ 4\ 6\ 7 \end{array}$$

On aimerait souligner que ce travail algorithmique contraint à considérer successivement l'addition de chaque colonne les unes après les autres, de droite à gauche (4 + 3, 7 + 9, etc.)

Pour la soustraction, on aura aussi l'algorithme usuel en colonnes.

Notons que cela nécessite souvent des emprunts à la colonne de gauche.

$$\begin{array}{r} 2\ 1\ 6\ 1 \\ 3\ 4\ 7\ 7\ 4 \\ -\ 8\ 6\ 9\ 3 \\ \hline 2\ 6\ 0\ 8\ 1 \end{array}$$

On aimerait souligner que ce travail algorithmique contraint à prendre en compte le changement de taille des termes utilisés pour faire l'emprunt (biffer et noter $n - 1$ au-dessus ou mémoriser la décrémentation) et, là encore, de considérer successivement la soustraction de chaque colonne les unes après les autres, de droite à gauche (4 - 3, 7 - 9, emprunt d'une centaine puis 17 - 9, etc.).

Pour la multiplication, on aura l'algorithme usuel en colonnes.

$$\begin{array}{r} \\ 3\ 3 \\ 3\ 4\ 5\ 0 \\ \times\ 2\ 1\ 7 \\ \hline 2\ 4\ 1\ 5\ 0 \\ 1\ 3\ 4\ 5\ 0 \\ +\ 6\ 9\ 0\ 0 \\ \hline 7\ 4\ 8\ 6\ 5\ 0 \end{array}$$

L'exemple ci-contre montre que cet algorithme oblige à recourir aux retenues, au « sous-algorithme » d'addition (ici pour les quatre dernières lignes) et au décalage des colonnes vers la gauche (dans une variante connue, on inscrit des zéros pour compléter les lignes). On doit aussi biffer les retenues prises en compte (ou les mémoriser).

Pour la division, on aura aussi l'algorithme usuel avec le diagramme en colonnes.

$$\begin{array}{r}
 6835 \overline{)42} \\
 \underline{-42} \quad 162 \\
 263 \\
 \underline{-252} \\
 115 \\
 \underline{-84} \\
 31 \quad R31
 \end{array}$$

Il oblige à recourir aux retenues et aux « sous-algorithmes » de multiplications (pour trouver les dividendes partiels, ici par exemple 1×42 , 6×42 , 2×42) et de soustraction (pour épuiser les dividendes partiels, ici par exemple $263 - 252 = 11$, etc.).

Dans le cadre [de cette étude], on distingue le niveau mathématique d'opération sur les nombres, donc sur les quantités (le plan du numérique) de celui des aspects formels de l'écriture supportant un calcul, qui concerne les symboles (le plan du numéral). L'analyse des brouillons de calcul des élèves lors des épreuves permet de centrer les procédures employées; en cherchant à remonter du travail algorithmique (le calcul écrit) au travail mathématique (l'opération sous-jacente).

Cependant, il est bien évident que ces deux plans sont constamment et étroitement reliés dans le travail de résolution nécessité par la tâche.

(ibid., p. 77-79)

2.3. Technique opératoire de la division

L'opération arithmétique de base qu'est la division consiste à partager un nombre en parts égales en prenant un autre nombre comme unité (Legendre, 1993, p. 388). S'il existe plusieurs techniques permettant d'exécuter son calcul, nous notons que la méthode classique de la division en colonne, parfois appelée méthode de la potence (Girodet, 1996), est plus fréquemment utilisée dans les écoles primaires francophones du Québec. Selon cette technique, le dividende est en haut à gauche et le diviseur se situe en haut à droite. Le quotient se construit petit à petit : chaque multiple se place sous le diviseur, tandis que chaque produit s'inscrit sous le dividende. Les restes successifs et les dividendes successifs, trouvés grâce à la soustraction, se placent sous le premier dividende. Nous illustrons ces propos à l'aide de l'exemple suivant.

$$\begin{array}{r}
 6835 \overline{)42} \\
 \underline{-42} \quad | \\
 26
 \end{array}$$

Étape 1 : Division de 68, deux premiers chiffres composant le dividende, par 42. Le multiple trouvé (1) est inscrit sous le diviseur. Calcul du reste par une soustraction ($68 - 42 = 26$).

$$\begin{array}{r|l}
 6835 & 42 \\
 \underline{-42} & 16 \\
 263 & \\
 \underline{-252} & \\
 11 &
 \end{array}$$

Étape 2 : Le 3 du dividende est abaissé et placé à côté du reste (26). Division de 263 par 42. Le multiple trouvé (6) est inscrit sous le diviseur. Calcul du reste par une soustraction ($263 - 252 = 11$).

$$\begin{array}{r|l}
 6835 & 42 \\
 \underline{-42} & 162 \\
 263 & \\
 \underline{-252} & \\
 115 & \\
 \underline{-84} & \\
 31 &
 \end{array}$$

Étape 3 : Le 5 du dividende est abaissé et placé à côté du reste (11). Division de 115 par 42. Le multiple trouvé (2) est inscrit sous le diviseur. Calcul du reste par une soustraction ($115 - 84 = 31$).

Réponse : Quotient 162, reste 31

2.3.1. L'algorithme de division et le schème algorithmique : quelques précisions

En observant cet exemple illustrant la technique opératoire d'une division, nous pouvons relever rapidement différentes connaissances nécessaires à l'exécution de ce calcul. Nous nommons les règles procédurales et mécaniques (placement des chiffres dans le diagramme, découpage du dividende de gauche à droite, abaissement des chiffres, etc.), la numération de position (le dividende peut être regardé comme 6 835 unités ou une somme de 6 unités de mille, 8 centaines, 3 dizaines et 5 unités), les autres algorithmes de calcul élémentaires (addition, soustraction, multiplication). Par ailleurs, nous pouvons également citer la notion de division ou partage en part égale, de même que celle de reste. Il est ainsi possible de distinguer les deux ordres de signification dans l'algorithme de cette opération écrite : le *numérique*, concernant le sens ou les « *opérations et relations élémentaires* », et le *numéral*, renvoyant au côté syntaxique ou « *aux règles de l'écriture des nombres et à la disposition des calculs, ainsi qu'à la configuration des écritures des nombres* » (Brun et Conne, 1991, p. 240, cf. supra, p. 9)⁹.

⁹ Le lecteur notera que chez l'individu, les liens et ruptures qu'il tisse sur le plan conceptuel entre les différentes connaissances entrant en jeu lors de l'exécution d'un algorithme de calcul de division constitue son « schème-algorithme ».

Le lecteur comprendra que chez l'individu, l'ensemble des éléments cognitifs entrant en jeu lors de l'exécution d'un algorithme de division, de même que les liens et ruptures qu'il tisse entre eux, constituent ce que Brun, Conne, Lemoyne et Portugais nomment *schème-algorithme* (1994, cf. supra, p. 11). L'élève, placé en situation de calcul d'une division, cherche à contrôler les aspects sémantiques et syntaxiques pour obtenir un quotient. Lors du processus d'apprentissage, il forge lui-même ses règles. Ses productions écrites sont ainsi considérées comme des constructions originales pouvant témoigner de l'organisation de diverses connaissances mobilisées. Par conséquent, la démarche entreprise afin d'exécuter le calcul de division peut ou non diverger des règles proposées par l'enseignement. En ce sens, les erreurs ne sont pas comprises comme une absence de contrôle conceptuel ou sémantique chez l'élève. Il est plutôt soutenu que, « *c'est le réglage de ce contrôle qui lui reste à trouver, d'où ses erreurs; il négocie [...] différentes contraintes, qui sont chez lui de véritables connaissances, sans aboutir encore à l'équilibre que constitue le schème algorithme* » (op. cit. p.129). Ainsi, les erreurs apparaissant dans l'exécution d'une division en colonne sont considérées comme des formes provisoires d'un schème-algorithme en construction : elles sont le « *fruit de compromis entre diverses connaissances qu'un schème achevé coordonnerait.* » (Brun, Conne, Cordey, Floris, Lemoyne, Leutenegger, Portugais, op. cit., p. 205).

3. RECONNAISSANCE DE L'ERREUR

Ayant précisé les concepts d'opération, d'algorithme et de division, tel qu'il est compris dans la présente thèse, nous ciblons dès lors notre champ d'intérêt, soit le travail de l'erreur. Nous offrons dans cette section une présentation détaillée du premier volet de celui-ci : le repérage de l'erreur arithmétique. D'abord, nous exposons la typologie des erreurs (Brun et Conne) et présentons, ensuite, les principaux travaux s'y rapportant. Par la suite, nous passons en revue d'autres écrits ciblant l'étude de l'erreur, afin de compléter cette recension. La présente partie du second chapitre se rapporte donc à notre première question spécifique « *Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans*

l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître? »
(cf. supra, p. 21).

3.1. Typologie de l'erreur de Brun et son équipe de chercheurs

C'est en effectuant « *l'analyse de brouillons d'élèves* » que Brun et Conne ont développé la typologie des erreurs. Cet outil didactique se distingue des autres listes de classification produites antérieurement, puisque :

Les erreurs ne furent pas classées sur la base de la fréquence parce que le but était de dresser le tableau de l'ensemble des erreurs possibles. Elles sont classées plutôt à partir des étapes successives de traitement : dividende, diviseur, quotient et reste. Puis les erreurs des étapes intermédiaires ont été rassemblées à leur tour.

(Portugais, 2002a, p.1)

La typologie des erreurs répertorie vingt erreurs distinctes pouvant être produites par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de division en colonne. Cet outil a été constitué à partir d'une cueillette de données effectuée dans plus de 40 classes, auprès d'élèves de la fin du primaire et du début du secondaire. Il est intéressant de constater que toutes ces erreurs ont également été observées chez des adultes¹⁰.

La typologie des erreurs comprend trois classes d'erreurs. La première catégorie regroupe les « *erreurs en rapport avec le contrôle des relations dividende / diviseur / quotient / reste* », à *chaque étape de l'algorithme*. Nous y retrouvons dix types d'erreurs classées selon quatre sous-catégories. Elles sont présentées ci-dessous à l'aide d'exemples tirés de Portugais 2000b.

¹⁰ Mentionnons que cette classification a été révisée et validée par Portugais en 1992 et 1995.

1.1 Traitement du dividende

1.1a Segmentation : Abaisser d'un coup une partie du dividende ce qui entraîne l'absence des zéros intercalaires au quotient.

$$\begin{array}{r} 7147 \\ - 7 \\ \hline 14 \\ - 14 \\ \hline 7 \end{array} \quad \begin{array}{r} \overline{)7} \\ 121 \end{array}$$

1.1b Mettre 1 au quotient à la place de 0 parce qu'un dividende partiel < que le diviseur.

$$\begin{array}{r} 7829 \\ - 78 \\ \hline 29 \end{array} \quad \begin{array}{r} \overline{)39} \\ 21 \end{array}$$

1.1c Faire une suite de soustractions successives ce qui entraîne une suite de 1 au quotient

$$\begin{array}{r} 540060 \\ - 901 \\ \hline 4499 \\ - 901 \\ \hline 3598 \\ - 901 \\ \hline 2697 \\ - 901 \\ \hline 1796 \\ - 901 \\ \hline 8956 \end{array} \quad \begin{array}{r} \overline{)901} \\ 11111 \end{array}$$

1.1d Un même dividende partiel divisé deux fois ce qui entraîne l'écriture successive de 2 chiffres au quotient.

$$\begin{array}{r} 1575 \\ - 15 \\ \hline 75 \\ - 60 \\ \hline 15 \\ - 15 \\ \hline 00 \end{array} \quad \begin{array}{r} \overline{)15} \\ 1041 \end{array}$$

1.2 Traitement du quotient

Le choix d'un quotient inférieur implique un dividende partiel plus grand que le diviseur. L'élève poursuit le cycle de la division en abaissant à nouveau un chiffre d'où :

1.2a L'écriture d'un nombre à deux chiffres au quotient

$$\begin{array}{r}
 7126 \qquad \qquad \qquad | 7 \\
 - 7 \qquad \qquad \qquad \qquad \underline{10018} \\
 \underline{126} \\
 - 126 \\
 \hline
 \end{array}$$

1.2b L'écriture d'une suite de neuf

$$\begin{array}{r}
 9009 \qquad \qquad \qquad | 9 \\
 - 81 \qquad \qquad \qquad \underline{999} \\
 \underline{-81} \\
 \quad 90 \\
 \underline{-81} \\
 \qquad 89 \\
 \underline{-81} \\
 \qquad \qquad 8
 \end{array}$$

1.3 Traitement du diviseur

Le diviseur est découpé en une suite de chiffres non emboîtés.

$$\begin{array}{r}
 81909 \qquad \qquad \qquad | 901 \\
 - 81 \qquad \qquad \qquad \underline{09} \\
 \quad 09 \\
 \underline{-9} \\
 \qquad 00 \\
 \quad \underline{-0} \\
 \qquad \quad 09 \\
 \quad \underline{-9} \\
 \qquad \qquad 0
 \end{array}$$

1.4 Traitement du reste

1.4a Reste final plus grand ou égal au diviseur

$$\begin{array}{r}
 7344 \qquad \qquad \qquad | 18 \\
 - 72 \qquad \qquad \qquad \underline{407} \\
 \quad 144 \qquad \qquad \qquad \text{R } 18 \\
 \quad \underline{-126} \\
 \qquad \quad 18
 \end{array}$$

1.4b Reste final divisé bien que plus petit que diviseur, d'où un 0 supplémentaire au quotient.

$$\begin{array}{r} 568 \\ - 368 \\ \hline 200 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \overline{)368} \\ 10 \\ \hline \end{array}$$

La seconde catégorie regroupe les « *erreurs en rapport avec les opérations intermédiaires* ». Nous y retrouvons cinq types d'erreurs classées selon deux sous-catégories. Elles sont présentées ci-dessous à l'aide d'exemples tirés de Portugais 2000b.

2.1 Erreurs de soustraction

2.1a L'inversion

$$\begin{array}{r} 2740 \\ - 14 \\ \hline 134 \\ - 126 \\ \hline 120 \\ - 112 \\ \hline 8 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \overline{)14} \\ 198 \\ \hline R 8 \end{array}$$

2.1b Erreur de table (-)

$$\begin{array}{r} 2740 \\ - 14 \\ \hline 124 \\ - 112 \\ \hline 120 \\ - 112 \\ \hline 8 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \overline{)14} \\ 188 \\ \hline R 8 \end{array}$$

2.1c Les emprunts

$$\begin{array}{r} \overset{i}{5}61 \\ - 452 \\ \hline 19 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \overline{)113} \\ 4 \\ \hline R 19 \end{array}$$

2.2 Erreurs de multiplication2.2a *Erreur sur le nombre d'additions successives lors de la recherche d'un produit*

$$\begin{array}{r}
 8225 \\
 - 57 \\
 \hline
 255\dots
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \overline{)19} \\
 4 \\
 \hline
 19 \\
 + 19 \\
 + \overline{)19} \\
 \hline
 57
 \end{array}$$

2.2b *Erreur de table (x)*

$$\begin{array}{r}
 7563 \\
 - 56 \\
 \hline
 \dots
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \overline{)9} \\
 8 \\
 \hline
 \dots
 \end{array}$$

8 x 9 = 56

La troisième catégorie regroupe les « *erreurs en rapport avec le placement des chiffres dans le diagramme de la division* ». Nous y retrouvons six types d'erreurs classées selon deux sous-catégories. Elles sont présentées ci-dessous à l'aide d'exemples tirés de Portugais 2000b.

3.1 Placement du dividende3.1a *N'abaisse pas le chiffre de la colonne et arrête.*

$$\begin{array}{r}
 8241 \\
 - 8 \\
 \hline
 024 \\
 - 24 \\
 \hline
 0
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \overline{)8} \\
 10 \\
 \hline
 \dots
 \end{array}$$

3.1b *N'abaisse pas le chiffre de la colonne et inscrit 0 au quotient.*

$$\begin{array}{r}
 6345 \\
 - 56 \\
 \hline
 74 \\
 - 56 \\
 \hline
 18
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \overline{)28} \\
 220 \\
 \hline
 \dots
 \end{array}$$

3.1c *Abaisse un 0 (erreur liée aux divisions des nombres décimaux).*

$$\begin{array}{r}
 351 \quad \overline{)15} \\
 - 30 \quad \quad 234 \\
 \hline
 51 \\
 - 45 \\
 \hline
 60 \\
 - 60 \\
 \hline
 0
 \end{array}$$

3.2 *Inversions*

3.2a *Le reste est écrit à l'emplacement du quotient.*

$$\begin{array}{r}
 173 \quad \overline{)13} \\
 - 13 \quad \quad 134 \\
 \hline
 43 \\
 - 39 \\
 \hline
 4
 \end{array}$$

3.2b *Le produit est écrit à l'emplacement du quotient.*

$$\begin{array}{r}
 179 \quad \overline{)5} \\
 - 15 \quad \quad 3254 \\
 \hline
 29 \\
 - 5 \\
 \hline
 24 \\
 - 20 \\
 \hline
 4
 \end{array}$$

3.2c *Le dividende est découpé en allant de droite à gauche en conservant la même technique de placement des chiffres dans le quotient.*

$$\begin{array}{r}
 1636 \quad \overline{)18} \\
 \quad -36 \quad \quad 23 \\
 \hline
 \quad 60 \\
 \quad -54 \\
 \hline
 \quad 16
 \end{array}$$

Si elle peut apparaître sous une forme pure, l'erreur est fréquemment accompagnée d'une ou plusieurs autres erreurs dans un même algorithme (Brun et Conne, 1991). Ces formes particulières sont dites « *mixtes* » ou « *hybrides* », au sens où elles retiennent et combinent des éléments de plusieurs formes distinctes d'erreur. À ce sujet, les auteurs précisent :

On peut considérer ces formes hybrides comme des formes transitoires, en témoignant d'élèves en train d'apprendre et de « faire leurs propres expériences » en matière de calculs de division. La question est alors de se demander comment on peut les faire évoluer vers des formes plus cohérentes. Choisir un ordre de succession entre les deux formes qui se sont malencontreusement mélangées ce serait insister sur la stabilité de ces formes de calcul plutôt que sur leur évolution.

La question est de savoir comment l'élève pourra se lancer dans des calculs plus sophistiqués.

(ibid., p. 239)

De cet extrait, il est possible de comprendre que la typologie des erreurs se rapporte à la conception de « l'erreur intelligente »¹¹. Puisqu'il considère l'erreur comme une forme transitoire de l'apprentissage, Brun et son équipe se sont interrogés sur la façon dont les élèves évoluent dans leurs calculs. Toutefois, ils restent prudents dans leur interprétation des données et mentionnent que :

[...] des indications contradictoires nous montrent que pour une part ils évoluent peu, lentement, et résistent longtemps devant l'adoption de nouvelles procédures, que pour une autre part ils évoluent de façon relativement autonome et font preuve de faculté d'adaptation comme en témoignent les formes hybrides [...].

(ibid., p. 240)

3.2. Étude de la typologie de l'erreur en formation initiale

Destinée à l'emploi des maîtres du primaire, la typologie des erreurs se retrouve, à titre d'objet d'étude, dans certains cours de didactique des mathématiques offerts en formation initiale à l'Université de Montréal. En travaillant sur des procédures erronées, les futurs enseignants repèrent différentes erreurs arithmétiques. Ils sont aussi amenés à concevoir les erreurs comme des formes provisoires, des traces indiquant que l'apprentissage de l'algorithme de

¹¹ Pour les besoins du présent travail, nous adhérons également à la conception présentée lors du chapitre précédent selon laquelle l'erreur constitue un indice de la construction progressive du schème-algorithme de division. Si le concept d'erreur est inhérent à ce travail, il ne représente qu'une partie de l'objet de cette recherche. Rappelons que nous ne ciblons les procédures erronées qu'en fonction du travail de repérage et d'intervention effectué par le maître novice. De ce fait, nous nous limitons aux propos soutenus à la section 1.3.1 de la problématique (cf. supra, p. 8) et référons le lecteur désirant obtenir de plus amples clarifications aux deux textes produits par l'équipe de chercheur genevois (Brun, Conne, Cordey, Floris, Lemoyne, Leuteneggeret Portugais, 1994; Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, 1994).

division est entamé chez les élèves. Avec cette approche, combinant théorie et travail pratique, les étudiants sont encouragés à délaisser le souci d'interprétation de la cause de l'erreur, au profit de sa description raisonnée. Soulignons que cette intention particulière représente une *intention de formation*. Ce concept, issu du *modèle des intentions didactiques* (Portugais, 1998b), se rapporte aux intentions didactiques mises en jeu dans le système de formation.

3.2.1. Quelques résultats de recherche

Dans ses recherches menées entre 1992 et 2000, Portugais s'est, entre autres, intéressé à l'étude de cet outil didactique par cette population spécifique. Les principaux résultats ont démontré que ce travail permet aux maîtres en formation de :

- *Mener les élèves à se détacher de leurs anciennes procédures;*
- *Anticiper les procédures des élèves;*
- *Dépasser la distinction entre la cause d'erreur et l'erreur elle-même, pour s'intéresser plutôt à la description raisonnée des erreurs elles-mêmes (et laisser de côté l'interprétation des causes possibles);*
- *Dépasser la perspective naïve qui consiste à classer les divisions en tâches faciles ou difficiles, et amener l'enseignant à considérer le choix des nombres, puisque celui-ci a une incidence déterminante sur les productions écrites des élèves;*
- *Construire des tâches appropriées fondées sur des choix de nombres pertinents, inventer des exercices de façon raisonnée et non plus en choisissant les nombres au hasard. Il est possible de prévoir quels nombres sont susceptibles de faire émerger des erreurs déterminées.*

(2002a, p. 1-2)

En somme, nous retenons que l'étude de la typologie des erreurs a pour but d'amener les futurs enseignants à reconnaître les différentes erreurs qui sont à la fois significatives et informatives. Puisque les apports d'un tel travail effectué en formation initiale ont déjà été publiés dans différentes recherches (Portugais, 1994; 1995; 1998a; 1999c), nous n'allons ni en démontrer les effets, ni chercher à prouver son utilité dans cette recherche. Par conséquent, nous nous appuyons sur

la typologie des erreurs, afin de documenter les conduites du maître se rapportant à ce premier volet du travail de l'erreur, soit l'activité de diagnostic¹².

3.2.2. Le repérage de l'erreur et le schème-diagnostic

En 1992, Portugais a mis en place un dispositif expérimental, établi à partir de la méthodologie d'ingénierie didactique (Artigue, 1988). Il a mis en parallèle un séminaire sur les erreurs des élèves et une ingénierie exigeant des participants la conception, la réalisation et l'analyse de séquences didactiques. Ceci a permis, entre autres, d'analyser le repérage de l'erreur chez des futurs maîtres; placés en situation d'enseignement, les sujets se livrent à une activité de diagnostic de l'erreur arithmétique, dans l'intention de la traiter¹³.

Cette étude de l'activité de repérage a permis à Portugais de constater des règles d'action à la fois fortement structurées chez un même individu et relativement constantes entre les différents sujets. Il a remarqué également que les étudiants adaptent leur activité en fonction des prises de conscience, ou du moins des remises en question qu'ils effectuent en situation d'enseignement. « *Tout se passe comme si ces « prises de conscience » étaient au cœur du processus de majoration de ces règles d'action* » (Portugais, 1995, p. 162). Ce didacticien précise que les organisations de la conduite des sujets, par la mise en œuvre de règles d'action et l'adaptation à la situation d'enseignement du dispositif expérimental, témoignent de la construction de connaissances chez les futurs enseignants à propos des erreurs des élèves.

Ces constatations, brièvement explicitées ici, amènent Portugais à proposer l'existence de *schèmes-diagnostic*s (ibid., p. 163). Toutefois, le didacticien ajoute qu'il ne dispose pas des résultats nécessaires afin de soutenir cette affirmation :

¹² Pour ses besoins futurs, le lecteur notera qu'il peut se référer à l'annexe II, s'il désire consulter la typologie des erreurs présentée dans les paragraphes précédents ou observer des exemples d'erreurs.

¹³ Précisons dès lors que nous expliquons ce que nous entendons par « *activité de diagnostic de l'erreur* » à la section 2.1.2 du prochain chapitre, le cadre de référence (cf. infra, p. 107).

Pour affirmer qu'il y a schème, il faudrait réunir une série de conditions strictes, celles posées par la théorie opératoire (Piaget) ou par la théorie des champs conceptuels (Vergnaud). Pour l'instant, nous retiendrons la notion de schème pour marquer, de manière générale, le caractère organisé des conduites et ne pas le rapporter ni le réduire à de simples pratiques nouvelles.

(ibid., p.164)

Ce n'est pas le concept de *schème-diagnostic* que nous retenons ici, mais la notion globale de schème qui semble s'avérer utile pour comprendre la coordination des actions du futur maître en instance de repérage. Comme le mentionne Portugais, pour inférer la présence d'un schème spécifique au travail de l'erreur, une série de conditions posées par la théorie des champs conceptuels doit être réunie. Cette idée sera reprise et exploitée lors des prochains chapitres.

3.3. Recension de typologies et classifications de l'erreur

Si nous avons insisté sur les travaux de Brun et Portugais, nous sommes consciente qu'il existe, en didactique des mathématiques, un nombre impressionnant de listes ou regroupements d'erreurs arithmétiques. Parmi ceux-ci se trouvent la classification de Staker, la typologie d'Astolfi et celle de Bloch. Nous les présentons rapidement dans les pages qui suivent¹⁴.

3.3.1. La classification des erreurs selon Staker

Comme il a été mentionné dans le premier chapitre, l'analyse des erreurs devient un objet d'intérêt pour les travaux de recherches datant du début du XX^e siècle. À l'époque, la « *tendance à identifier des sous-catégories d'erreurs de plus en plus fines a conduit certains chercheurs à analyser les erreurs d'un seul type d'opération* » (Bélanger, 1990-1991, p. 56). La classification des erreurs publiée par Staker dans A study of the Mistakes in Fundamental Operation in Arithmetic,

¹⁴ La présentation de ces travaux particuliers, dans la présente recension des écrits, nous permet surtout d'illustrer que la typologie de Brun constitue l'outil le mieux adapté aux besoins de la présente recherche.

en 1917, témoigne de cet intérêt particulier¹⁵. Cette liste des erreurs pour la division et le nombre de celles-ci par niveau scolaire se retrouve à l'annexe III.

S'il s'agit de l'un des premiers regroupements d'erreurs ciblant spécifiquement l'opération de division, les catégories présentées dans cette classification sont plutôt générales et ne fournissent que très peu de détails. Par conséquent, il est possible pour l'utilisateur de mal interpréter ces classes et, conséquemment, catégoriser faussement les procédures erronées des élèves. À titre d'exemple, il est possible de se demander si la procédure est *incomplète*¹⁶ parce que l'élève n'abaisse pas un chiffre de la colonne du dividende et arrête (erreur 3.1a, typologie de l'erreur) ou s'il effectue des soustractions successives (erreur 1.1c). Ces deux types d'erreurs¹⁷ sont illustrés dans les calculs suivants¹⁷ :

Tableau I
Deux exemples de procédures erronées

| Erreur 3.1a N'abaisse pas le chiffre de la colonne et arrête | Erreur 1.1c Faire une suite de soustractions successives ce qui entraîne une suite de 1 au quotient. |
|--|---|
| $ \begin{array}{r} 8241 \quad 8 \\ - 8 \quad \quad \quad 10 \\ \hline 024 \\ - 24 \\ \hline 0 \end{array} $ | $ \begin{array}{r} 540060 \quad 901 \\ - 901 \\ \hline 4499 \\ - 901 \\ \hline 3598 \\ - 901 \\ \hline 2697 \\ - 901 \\ \hline 1796 \\ - 901 \\ \hline 8956 \end{array} $ |

¹⁵ Tiré de Buswell et Judd, 1925, p.119, repris par Bélanger, 1990-1991.

¹⁶ Une des classes d'erreurs identifiées par Staker se nomme « incomplet » (ann. III).

¹⁷ Les exemples d'erreurs arithmétiques présentés ici sont tirés du recueil de notes de cours préparé par Portugais, dans le cadre d'un des cours de didactique des mathématiques offert en formation initiale à l'Université de Montréal.

Dans la première procédure (3.1a), l'élève n'inscrit point le chiffre 3 au quotient, n'abaisse pas le 1 de la colonne du dividende et cesse son activité. Dans le second calcul (1.1c), le sujet effectue une suite de soustractions successives et arrête lorsque la taille du quotient indique la fin de la procédure. S'il est possible de considérer ces deux calculs comme étant *incomplets*, le lecteur remarquera que ces erreurs se distinguent complètement l'une de l'autre.

En opposition, la typologie de Brun et Conne constitue une liste explicite et détaillée d'erreurs pouvant se retrouver dans un algorithme de division. Sa classification, à partir des étapes successives de traitement (dividende, diviseur, quotient et reste) ainsi que des étapes intermédiaires, rend cet outil accessible tout en limitant le risque de fausse catégorisation pour l'utilisateur. Ainsi, si nous reconnaissons l'importance de la classification de Staker à l'époque de sa publication, nous tenons à préciser que la place qu'elle occupe, dans le cadre de cette recherche, se limite à la recension des écrits.

3.3.2. La typologie des erreurs des élèves selon Astolfi

Dans ses travaux, Astolfi cible les apprentissages effectués dans le contexte scolaire. Il adhère à la conception de l'erreur comme faisant partie du cours normal de l'apprentissage et reconnaît la distinction entre l'erreur et l'échec. Dans sa classification des erreurs, présentées à l'annexe III, Astolfi en distingue « *de plusieurs sortes et de natures distinctes* » (1997). Soulignons que cette typologie s'est déjà retrouvée à titre d'objet d'étude en formation initiale des maîtres (op. cit.).

Généralisable à différents secteurs relevant de la didactique des sciences, cette liste présente des catégories aux larges étendues, pouvant difficilement être employées dans le cadre de notre étude. Puisqu'il est impossible d'accéder directement à l'activité conceptuelle des élèves, nous devons nous limiter au domaine de l'observable, c'est-à-dire les procédures algorithmiques erronées. Or, certaines catégories, comme les « *erreurs liées à une charge cognitive trop*

importante », risquent d'amener le maître à porter un jugement sur les capacités de raisonnement de l'élève. De même, d'autres classes, comme les « *erreurs causées par la complexité du contenu* », semblent ouvrir la porte aux interprétations des causes de l'erreur.

Sans chercher à compromettre les apports de la typologie des erreurs des élèves d'Astolfi, nous considérons que ces catégories générales liées à l'activité cognitive ne correspondent pas aux besoins spécifiques du présent travail. Ciblant un schème spécifique au travail de l'erreur, rappelons que nous cherchons à documenter l'activité de diagnostic effectué par l'enseignant. En délaissant l'idée d'expliquer le « pourquoi » des erreurs au profit de leur description raisonnée, nous demeurons dans le domaine de l'observable. Pour ces raisons, nous nous limitons à l'emploi de la typologie de Brun et Conne.

3.3.3. La typologie des erreurs selon Bloch

En proposant sa typologie de l'erreur, Bloch avise l'utilisateur des dangers liés à une utilisation abusive de cet outil. Contrairement à plusieurs autres auteurs, la didacticienne précise qu'un emploi excessif risque de produire un « *coma didactique* » :

Il est toujours délicat de proposer une explication d'une erreur : on peut souvent faire des hypothèses de causes, parfois on peut attribuer une erreur à un fonctionnement déterminé, mais attention, des causes multiples sont possibles, et il se peut aussi parfois qu'on ne sache pas dire la cause d'une erreur.

(Bloch, 2006, p. 4)

La typologie proposée par Bloch, présentée à l'annexe III, se retrouve, comme plusieurs autres classifications d'erreurs, à titre d'objet d'étude en formation initiale des enseignants (op. cit.). Toutefois, contrairement à d'autres outils de travail, on y retrouve une explication précisant chaque type d'erreurs recensées.

Cet outil, reconnu dans le domaine de la didactique des mathématiques, présente des catégories ayant également cette caractéristique globalisante. Cela dit, il est possible de mettre en parallèle la conception de l'erreur « intelligente » et les *erreurs C liées au rapport de l'élève au savoir*. Les erreurs de la typologie de Brun peuvent se rapporter à ce type, de même qu'aux *erreurs D liées aux choix didactiques du maître*. En ce sens, l'enseignant peut choisir des variables didactiques dans le but de faire apparaître certaines erreurs. Tout en reconnaissant les apports des travaux de Bloch, ces catégories sont trop générales pour effectuer un repérage spécifique des erreurs arithmétiques identifiées par les maîtres. Par conséquent, nous considérons que la typologie des erreurs de Bloch ne peut être employée dans le présent travail.

Ceci met fin à la seconde partie de cette recension des écrits ciblant le premier volet du travail de l'erreur, soit le repérage de l'erreur. En présentant les différentes recherches réalisées par Brun et son équipe, de même que les travaux de Staker, Astolfi et Bloch, nous avons voulu montrer que la typologie de l'erreur constitue l'outil le mieux adapté aux besoins de la présente recherche. La troisième partie du présent chapitre est destinée à la présentation d'écrits se rapportant à ce deuxième volet du travail de l'erreur.

4. INTERVENTION SUR L'ERREUR

Les pages qui suivent se consacrent à la présentation de la typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur de Portugais et des travaux qui s'y rapportent. Afin de compléter cette recension, nous passons également en revue d'autres écrits ciblant ce thème spécifique. Cette dernière partie du second chapitre se rapporte à notre seconde question spécifique « *Quelles sont les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées?* » (cf. supra, p. 21).

4.1. Typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur de Portugais

En 1992, Portugais a mis en place un dispositif de recherche particulier qui a permis, rappelons-le, d'étudier l'activité de diagnostic de l'erreur chez des futurs enseignants. Ce même dispositif avait également pour but de faire émerger, de façon indépendante, des stratégies d'intervention sur les erreurs chez les maîtres en formation :

Créer un dispositif de recherche qui puisse faire apparaître les pratiques autonomes des futurs enseignants n'est pas simple. On se demande comment faire émerger des pratiques d'intervention sur les erreurs chez des futurs enseignants sans leur donner d'indications sur la manière de faire [...]. Or notre choix a été de ne leur donner que des connaissances sur les erreurs des élèves et de leur demander de préparer, de réaliser et d'observer trois séquences d'enseignement où ils interviennent sur les erreurs de division commises par leurs élèves.

(Portugais, 2000a, p. 5)

Ce dispositif expérimental combinait, rappelons-le, un séminaire sur les erreurs des élèves et une ingénierie exigeant des futurs maîtres la conception, la réalisation et l'analyse de séquences didactiques. La typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur se fonde sur les résultats obtenus par ce dispositif expérimental. Celui-ci a d'ailleurs été repris à d'autres occasions, auprès de populations variées (Leutenegger et Brun, 1994, Portugais, 1998). La stabilité des résultats a ainsi permis d'éprouver cet outil d'observation.

L'un des résultats principaux du dispositif de Portugais en 1992 a été de distinguer, dans l'ensemble des interventions identifiées, deux grandes catégories de stratégies d'intervention sur les erreurs des élèves. D'une part, de nombreuses « *stratégies basées sur le contrôle des actions des élèves* » ont été observées. D'autre part, la présence de « *stratégies basées sur le contrôle du sens de la division* » a également été remarquée. Ces deux catégories sont définies dans le tableau suivant; les informations exposées sont issues de ses travaux de 1992 et 1995.

Tableau II**Présentation des deux catégories de stratégies d'intervention sur l'erreur :
l'orientation du contrôle des actes et l'orientation du contrôle du sens**

| Le contrôle des actes | Le contrôle du sens |
|--|---|
| <i>Les stratégies de travail de l'erreur orientées sur le contrôle des actes se fondent sur la volonté d'éradiquer l'erreur.</i> | <i>Les stratégies de travail de l'erreur orientées sur le contrôle du sens visent le contrôle conceptuel sur l'activité mathématique.</i> |
| <i>Ces stratégies entraînent nécessairement un changement de comportement chez l'élève et renforcent l'apprentissage des règles.</i> | <i>Ces stratégies entraînent nécessairement un changement sur le plan conceptuel et s'orientent plutôt sur les significations sous-jacentes à la conduite des étapes de l'algorithme.</i> |
| <i>Puisque l'enseignant cherche à agir sur les actions effectives de ses élèves, l'orientation du contrôle des actes est essentiellement liée à l'aspect numéral.</i> | <i>Puisque l'enseignant intervient dans le but de redonner du sens à l'opération mathématique, l'orientation du contrôle du sens est essentiellement liée à l'aspect numérique.</i> |
| <i>Parmi les stratégies orientées sur le contrôle des actes, nous retrouvons deux approches :</i> – <i>Institutionnalisation primitive</i> – <i>Par remédiation.</i> | <i>Parmi les stratégies orientées sur le contrôle du sens, nous retrouvons deux approches :</i> – <i>Didactique</i> – <i>Adidactique.</i> |

Cette présentation en tableau des deux catégories d'interventions permet d'illustrer les différences fondamentales qui résident entre elles. Le lecteur saura constater qu'il existe une véritable opposition entre les orientations de ces stratégies. D'ailleurs, il est possible de mettre en parallèle cette dualité dans le travail d'intervention du maître, aux deux ordres de significations entrant en jeu dans l'algorithme d'une opération, c'est-à-dire le syntaxique et le sémantique (Brun et Conne, 1991). En ce sens, comme pour l'élève exécutant une division en colonne, l'enseignant nécessite un ensemble de connaissances conceptuelles et procédurales afin d'intervenir sur les erreurs¹⁸.

¹⁸ Cette idée sera reprise et articulée au chapitre prochain consacré au cadre de référence (cf. infra, p. 97).

Nous présentons, dès lors, les quatre approches mentionnées dans le tableau ci-dessus, de même que les stratégies du travail de l'erreur s'y rapportant. Mentionnons que ces dernières « *peuvent être caractérisées par des différences profondes, mais sont, pour une même approche, analogues quant à leur orientation sous-tendue* » (Portugais, 1995, p. 170). Ces résultats de recherche sont également issus du dispositif de 1992 (également publiés en 1995).

○ L'approche d'institutionnalisation primitive

Orientée sur le contrôle des actes, cette approche se fonde sur des interventions directes désignant le lieu ou la cause de l'erreur. Elle est effectuée dans le but de montrer ce qu'il faudrait faire, à partir du déroulement de la procédure, pour obtenir une réponse juste. Certains critères, comme pointer l'erreur directement, suggérer une solution juste et guider fortement l'élève dans cette voie, permettent de repérer ce type d'intervention. Les deux stratégies appartenant à l'approche de l'institutionnalisation primitive, sont les suivantes¹⁹ :

F_{i1} Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que telle à l'élève et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive directe).

F_{i2} Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive par élève interposé).

À la suite de cette présentation, nous faisons une courte parenthèse afin de souligner le rapport de connexité entretenu entre l'approche d'institutionnalisation primitive et un *habitus pédagogique* majeur de la pratique enseignante : la correction des erreurs. Il est utile de préciser à ce sujet que :

[...] plus le maître « veut » à la place des élèves, plus il contrarie son projet didactique²⁰. En revanche, les représentations sociales dominantes

¹⁹ Mentionnons que nous avons conservé la notation symbolique attribuée par Portugais pour des raisons méthodologiques qui seront explicitées au quatrième chapitre (cf. infra, p. 177).

²⁰ Projet formulé par Brousseau : « *que l'élève produise ses connaissances comme réponse personnelle à une question* » (Brousseau, 1988b).

de la fonction enseignante induisent à considérer le rôle du maître en face de l'erreur comme étant celui d'un correcteur-évaluateur. Les maîtres eux-mêmes considèrent peut-être que leur rôle consiste davantage à corriger les erreurs qu'à les utiliser comme des leviers didactiques.

(id., 1995, p. 173)

○ L'approche par remédiation

Orientée sur le contrôle des actes, cette approche se fonde sur la mise en place de moyens ayant pour but d'empêcher la reproduction de l'erreur et ainsi de prévenir de nouvelles occurrences. « *Remédier* » signifie ici « *corriger, réparer et éradiquer* ». Par l'entremise d'activités d'enseignement, le maître est en mesure d'annuler ou même d'empêcher l'erreur chez ses élèves. L'approche par remédiation « *est apparemment une correction différée en ce sens qu'elle table sur des moyens devant empêcher une erreur particulière de se reproduire* » (ibid., p.174). Elle comporte huit stratégies distinctes que nous présentons à l'instant :

F_{j1} Retravailler les bases (numération).

F_{j2} Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts).

F_{j3} Faire manipuler des objets (regroupement, échanges).

F_{j4} Présenter une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite.

F_{j5} Faire une séquence corrective de travail sur les échanges entre colonnes (changements de statut lors du passage à la colonne voisine).

F_{j6} Désigner explicitement le lieu ou la cause de l'erreur et lui donner la règle transgressée.

F_{j7} Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige (en donnant une consigne à l'effet que ceci va permettre de ne plus refaire cette erreur à l'avenir).

F_{j8} Séquence corrective de travail sur les tables en insistant sur des valeurs spéciales (ex. : 0-3 et 3-0, 6-7 et 7-6, etc.) puis mise en garde adressée aux élèves sur ce type d'erreur.

○ L'approche didactique

Orientée sur le contrôle du sens, cette approche se fonde sur une recherche par le maître de la réinsertion du sens dans l'activité mathématique. Ces stratégies d'intervention tentent de préserver le projet central de l'enseignement, tel qu'il est

formulé par Brousseau « *que l'élève produise ses connaissances comme réponse personnelle à une question* » (Brousseau, 1988b). Cette approche préconise la prise en compte de l'erreur par l'élève, non seulement pour que celui-ci modifie lui-même sa procédure erronée, mais pour qu'il puisse *réinjecter du numérique* dans ses activités qui sont souvent principalement numériques. Essentiellement, les stratégies de travail de l'erreur se rapportant à l'approche didactique « *permettent à l'enseignant de redonner à l'élève la responsabilité du contrôle du sens sur l'opération mathématique correspondant à l'algorithme* ». (Portugais, op.cit., p.175). Elle comporte les neuf stratégies présentées ci-dessous :

- G_{i1}** *Déclarer à l'élève qu'il y a erreur et demander de la préciser. L'élève a alors le contrat de recherche de l'erreur, non pour elle-même, mais pour l'expliquer. (N.B. ne pas confondre avec F_{j7}). Variante : demander à l'élève, pour induire le doute sur la taille numérique du résultat, si la réponse obtenue et/ou la procédure exécutée semble(nt) correcte(s).*
- G_{i2}** *Déclarer aux élèves qu'il y a erreur quelque part et laisser ceux-ci débattre entre eux sur cette question.*
- G_{i3}** *Remise en contexte de l'opération, c.-à-d. ajout d'un contexte de « problème » à la tâche algorithmique (N.B. les guillemets indiquent qu'il ne s'agit pas d'une véritable situation de problème, mais plutôt de la greffe d'aspects réalistes sous forme de problème, ce qui est très différent d'un point de vue didactique).*
- G_{i4}** *Demander de comparer les résultats entre eux (un juste et un faux) pour faire prendre conscience de l'erreur (procédure, taille des nombres). Variante : demander de comparer le résultat de l'algorithme avec celui de l'estimation faite avant pour centrer sur la différence des tailles (intervention sur le numérique – N.B. dans ce cas, l'élève aura eu recours de lui-même à l'estimation).*
- G_{i5}** *Demander explicitement d'estimer avant le calcul et établir le lien estimation-calcul ensuite.*
- G_{i6}** *Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite²¹.*

²¹ Le lecteur notera que le terme « preuve » est employé par les enseignants du primaire voulant identifier la multiplication effectuée en guise d'opération inverse de la division. Cette action est demandée afin que l'élève prouve la justesse de sa réponse. Dans le cadre de cette thèse, cette expression se rapporte uniquement à cette activité. Il ne s'agit pas de la preuve mathématique au sens formel ici, mais plutôt de l'opération écrite ayant cours dans le contexte scolaire au primaire, qui sert à vérifier la consistance du résultat de la division en effectuant un calcul de multiplication du quotient par le diviseur pour tenter de retrouver la valeur numérique du dividende. On comprendra donc que lorsque l'enseignant débutant ou l'élève font référence à une "preuve" ce n'est pas au sens véritable d'une complète validation mathématique. Cet usage restreint de la preuve

- G_{i7}** *Introduire une décomposition du calcul algorithmique en plusieurs sous calculs (ex. : $6399 \div 3$, faire en chaîne $6000 \div 3$, $300 \div 3$, $90 \div 3$, $9 \div 3$) et débattre de la validité de cette procédure avec les élèves.*
- G_{i8}** *Faire utiliser les tables pour redonner à l'élève la possibilité de se centrer sur la taille numérique plutôt que sur les étapes de l'algorithme (ex. : pour $15\ 450 \div 15$ faire travailler en parallèle 15×10 , 15×100 , 15×1000 , ...).*
- G_{i9}** *Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné.*

○ L'approche adidactique

Ce qui a été dit pour l'approche didactique est également vrai pour l'*approche adidactique*. Ce qui distingue cette seconde approche est sa démarche qui va plus loin dans la recherche de la dévolution. L'approche adidactique refuse de fournir aux élèves des éléments ou des pistes qui encouragent ce contrôle. Étant privé des éléments de guidage entrant dans la composition de l'approche didactique, l'élève doit, à lui seul, exercer ce contrôle conceptuel. Dans le dispositif de 1992, il a été observé que, derrière le travail de l'approche adidactique, existe aussi une logique de conflit cognitif :

[L'enseignant] met en place des éléments de situation qui confrontent l'élève à ses connaissances; et ce dernier doit alors reprendre à sa charge le contrôle conceptuel sur le déroulement de ses actions dans la tâche, c'est-à-dire à la fois sur l'opération et sur l'algorithme. Ainsi, l'adidactique tend à dévoluer le plus complètement possible à l'élève la charge du travail de l'erreur.

(id. 1995, p. 175)

L'approche adidactique compte les sept stratégies suivantes :

- G_{j1}** *Inciter à estimer et laisser le lien à établir aux élèves (validation dévolue des aspects numériques).*
- G_{j2}** *Inciter à prouver et laisser le lien à établir aux élèves (validation dévolue des aspects numériques).*

étant largement naturalisé dans le contexte de la présente étude, nous utiliserons à notre tour cette dénotation par abus de langage.

- G_{j3} Introduire une tâche impossible (en relation avec les tâches précédentes ayant suscité des erreurs) pour débattre du sens.*
- G_{j4} Remise en question de la tâche en proposant une tâche analogue (susceptible d'engendrer la même erreur, mais sous des contraintes différentes).*
- G_{j5} Remise en question de la tâche en tentant de mettre l'élève en conflit avec sa procédure/réponse erronée(s) en lui soumettant une tâche différente qui produira un résultat identique (mais juste dans ce cas) à son résultat erroné.*
- G_{j6} Débattre avec les élèves d'une ou plusieurs procédures erronées introduite(s) volontairement par le formé et présentée(s) comme étant la (les) sienne(s). Variante : présenter simultanément plusieurs procédures mêlées dont certaines sont justes et d'autres erronées et débattre avec les élèves à partir de là.*
- G_{j7} Introduire une situation problème pour travailler le sens des opérations.*

Au terme de cette présentation des 26 stratégies d'intervention sur l'erreur²², rappelons que cet outil est complémentaire à la typologie des erreurs de Brun et Conne. Il adopte ainsi la conception de l'erreur intelligente. Nous nous appuyons sur la typologie des 26 stratégies, afin de documenter les conduites du sujet en instance d'intervention sur la procédure erronée. Nous ne cherchons ni à valider ou modifier cet outil, ni à mesurer les effets de son étude, de nombreux travaux ayant déjà été réalisés à cet égard.

4.2. Étude de la typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur en formation initiale

La typologie des 26 stratégies fait partie du contenu des enseignements destinés aux maîtres en devenir. Tout comme la typologie des erreurs de Brun, elle fait partie d'un dispositif de formation à l'Université de Montréal, combinant cours théoriques et travail pratique.

Il est important de mentionner que cet outil ne fait que présenter les stratégies d'intervention. Il n'y a aucune indication favorisant ou discriminant les

²² Pour ses besoins futurs, le lecteur pourra se référer à l'annexe II, s'il désire consulter la typologie des erreurs présentée dans les paragraphes précédents. Il notera que des exemples de stratégies d'interventions se retrouvent dans les extraits de protocoles inclus dans les chapitres des résultats.

différentes stratégies; il est plutôt conseillé de bien analyser l'erreur commise par l'élève afin d'opter pour une forme d'intervention adaptée. Les étudiants sont encouragés, dans la mesure du possible, à choisir des stratégies orientées sur le contrôle du sens, afin de favoriser la « *réinsertion du sens dans l'activité mathématique et le contrôle conceptuel du travail de l'élève* » (ibid., p.174). L'objectif est d'amener l'élève à produire ses propres connaissances comme une « *réponse personnelle à une question* » (loc. cit.). Ainsi, il est recommandé de choisir une stratégie adaptée et non d'éliminer complètement les stratégies orientées sur le contrôle des actions. Soulignons que cette intention d'inciter les futurs maîtres à opter pour les interventions orientées sur le contrôle du sens représente une autre *intention de formation*.

4.2.1. Quelques résultats de recherche

Lors du premier chapitre, nous avons mentionné que Portugais avait réalisé, en 1996, une recherche sur l'injection de résultats de didactique dans le système de formation à l'enseignement. En s'appuyant sur le dispositif expérimental de 1992 (et repris en 1995), il a opposé deux groupes de futurs enseignants. Il a été demandé au premier groupe d'enseignants de rechercher eux-mêmes les moyens appropriés de gestion des erreurs des élèves, tandis qu'une liste randomisée des 26 stratégies a été fournie au second groupe²³. Nous présentons brièvement les principaux résultats issus de cette recherche, publiés dans différents travaux (1996; 2000a).

Au premier abord, il a été remarqué que le fait d'obtenir ou non une liste de stratégies avait un impact sur le travail de conceptualisation effectué par les futurs enseignants. Le dispositif a permis de mettre en évidence « *des modulations de l'emploi de ces stratégies lorsque la responsabilité de les utiliser est hétéronome* » (id., 2000a, p. 6). Plus précisément, il a été montré que, si la liste de stratégies est simplement offerte, elle risque d'occasionner des pertes de sens importantes chez

²³ La liste remise aux futurs enseignants avant la réalisation de la première séance d'essai d'enseignement représentait une « *réponse de formation aux nombreuses demandes d'indication sur les manières d'intervenir sur les erreurs de calculs des élèves* » (Portugais, 2000a, p. 6).

les étudiants. Ceux ayant obtenu une liste ont compris « *le contrat de formation comme si les attentes du formateur consistaient à ne rechercher [...] qu'une utilisation des stratégies de la liste* » (id., 1996, p. 43). Cela dit, mentionnons que de nombreux résultats sont issus de l'étude de 1996, dont ceux-ci retenus en fonction du présent travail :

- *Les interventions, choisies exclusivement parmi la liste de stratégies, sont principalement orientées sur le contrôle des actes²⁴.*
- *Lorsque le travail de l'erreur est plutôt orienté sur le contrôle du sens, les stratégies didactiques sont privilégiées massivement.*
- *Si on met en relation les stratégies planifiées avec celles réalisées, on constate d'une part que les sujets [du second groupe] planifient toujours moins de stratégies orientées sur le contrôle des actes qu'ils n'en effectuent lors de leurs séquences; et que, d'autre part, ils planifient toujours davantage de stratégies orientées sur le contrôle du sens qu'ils ne sont en mesure de le faire effectivement lors des réalisations de ces mêmes séquences.*

(id., 2000a, p. 6).

Ce travail a également montré que le contrôle du sens est mieux réalisé par les futurs maîtres responsables de rechercher eux-mêmes les moyens appropriés de gérer les erreurs (les sujets appartenant au premier groupe).

[...] l'enseignant intervient de manière plus approfondie, plus riche et plus adéquate sur les erreurs de ses élèves lorsqu'il ne bénéficie pas de conseils pédagogiques et d'appuis et de recommandations diverses : il se débrouille mieux tout seul, en « réinventant » les stratégies pour intervenir sur les erreurs que lorsqu'il est informé des stratégies pour intervenir sur les erreurs que lorsqu'il est informé des stratégies possibles.

Dans le cas du [second groupe], une simple diffusion de la liste des 26 stratégies produit des interventions notablement plus pauvres et moins efficaces que lorsque le futur enseignant est « forcé » de trouver seul les moyens d'interventions appropriés aux erreurs des élèves. Donc, l'autonomie est préférable à l'hétéronomie, pourrait-on dire de ce système.

(ibid., p. 6-7)

²⁴ « *L'économie naturelle du système didactique conduit le professeur à utiliser plus souvent et plus systématiquement le contrôle des actions que le contrôle du sens. C'est-à-dire que le contrôle des actions est plus spontané et répandu que le contrôle du sens dans un système didactique où n'interviennent pas les contraintes de notre dispositif de base* » (Portugais, 2000a, p.6).

Bref, ce dispositif de recherche a mis en évidence qu'il est plus avantageux pour les enseignants en formation de se retrouver dans un environnement qui favorise une prise en compte autonome des stratégies d'intervention. Les nombreuses observations qui ont été réalisées lors des travaux de recherche effectués par Portugais ont montré que la modification d'une simple variable didactique de la part du formateur (le fait de distribuer la liste des 26 stratégies) peut appauvrir et même vider le travail du formé de sa dimension conceptuelle. Ceci s'avère, malgré qu'un ensemble important d'autres conditions favorisant un travail réflexif aient été déployées.

4.2.1.1. Des formes dégénérées du travail de l'erreur

Nous portons maintenant notre attention sur un autre résultat de recherche, soit les stratégies dégénérées, identifiées par Portugais dans le dispositif de 1992. Il s'agit d'une forme de déroute de l'emploi des stratégies d'intervention sur l'erreur. La liste présentant différentes formes de stratégies dégénérées, publiée dans Didactique des mathématiques et formation des enseignants (1995), se retrouve à l'annexe IV.

Ces formes d'utilisation des stratégies de travail de l'erreur présentent de sérieuses incohérences avec la fonction qui devrait présider à leur mise en œuvre. Elles sont décrites comme des formes non régulières, démontrant des défaillances sur le plan du contrôle. Portugais soutient qu'elles témoignent, en outre, que le futur enseignant est en train d'apprendre à mettre en œuvre des stratégies. Dans le cadre de l'ingénierie du dispositif mis en place, il semblerait qu'elles soient liées à l'interprétation que fait l'enseignant du contrat de formation (1995).

Le lecteur notera que les formes dégénérées du travail de l'erreur restent minimales dans l'ensemble des dispositifs étudiés. Même si elles sont considérées comme un fait relativement marginal, « *il n'en demeure pas moins significatif de certains phénomènes didactiques et de formation* » (ibid., p. 202). Cela dit, nous

anticipons la possibilité d'observer, dans le cadre de cette étude, la présence de stratégies dégénérées²⁵.

4.2.2. L'intervention sur l'erreur et le schème d'action du travail de l'erreur

Dans le dispositif expérimental de 1992, Portugais a constaté trois phénomènes lors de l'étude des profils individuels de son échantillon : la multiplicité des stratégies déployées, la mobilité des stratégies déployées et la cooccurrence entre les formes orientées sur le contrôle des actes (F) et le contrôle du sens (G).

La multiplicité est le fait que de nombreuses stratégies soient utilisées lors de la plupart des séquences où l'on peut observer des stratégies d'intervention sur l'erreur. La mobilité est le fait que d'une séquence à l'autre, les stratégies changent, certaines sont maintenues, mais souvent elles sont remplacées par d'autres stratégies tandis que d'autres encore réapparaissent parfois à la séquence suivante. La cooccurrence entre formes F et formes G renvoie au fait que des stratégies centrées sur le contrôle des actions surviennent, à l'intérieur d'une même séquence, dans le voisinage de stratégies orientées sur le contrôle du sens.

(id., 1995, p. 222-223)

Si ces trois phénomènes sont repris lors du troisième chapitre, précisons qu'ils témoignent d'un important travail cognitif résultant de la mise en œuvre de stratégies sur les erreurs des élèves. Portugais interprète ces éléments comme des manifestations observables des mécanismes d'assimilation et d'accommodation qu'éprouve le participant dans les situations d'enseignement du dispositif expérimental (processus d'adaptation). Ainsi, les phénomènes de multiplicité, mobilité et cooccurrence sont considérés comme des indicateurs d'un *schème d'action du travail de l'erreur*.

²⁵ Nous reprenons cette idée dans notre cadre de référence (cf. infra, p. 113). Le lecteur qui désire en savoir plus à ce sujet peut consulter les pages 199 à 204 de Portugais 1995, de même que la section 1.4 du septième chapitre de la présente recherche (cf. infra, p. 293).

Piaget présente le *schème d'action* comme une structure d'actions répétables dans des circonstances semblables ou analogues. Il se caractérise plus particulièrement par le fait qu'il se conserve au cours de ses répétitions, qu'il se consolide par l'exercice et qu'il tend à se généraliser au contact du milieu (Legendre-Bergeron, 1980). Portugais soutient que le *schème d'action du travail de l'erreur* est « en élaboration », puisqu'il « bouge dans le cadre du dispositif et s'appuie sur la mise en œuvre de nombreuses stratégies pour se constituer » (1995, p. 229). Cependant, il précise qu'il ne dispose pas des résultats nécessaires afin de confirmer la présence du *schème d'action du travail de l'erreur* :

Il nous manque bien entendu encore beaucoup d'éléments pour affirmer qu'il s'agit bien d'un schème, mais nous faisons l'hypothèse de son existence et de son élaboration progressive dans le cadre de l'ingénierie. Cette remarque appelle donc d'autres travaux de recherches.

(loc. cit.)

En inscrivant la présente étude dans la continuation des recherches de Portugais, nous retenons principalement cette idée de schème pour interpréter l'organisation des conduites du sujet en situation d'enseignement. Toutefois, nous apportons certaines modifications aux concepts proposés par le didacticien (tels que le *schème-diagnostic* et le *schème d'action du travail de l'erreur*) en proposant l'existence d'un *schème-travail de l'erreur* unique. L'orientation propre de notre thèse est précisée et détaillée dans notre cadre de référence (cf. infra, p. 104).

4.3. Recension de recherches ciblant l'intervention sur l'erreur

Si nous avons insisté, dans la section précédente, sur les travaux de Portugais, nous sommes consciente qu'il existe d'autres recherches ciblant l'intervention sur l'erreur. Toutefois, contrairement à l'étude de l'erreur, cet intérêt demeure plus marginal, au sein de la communauté didacticienne. Dans cette section, nous exposons brièvement les travaux de Milhaud, une pionnière dans ce domaine, de même que ceux de DeBlois, ciblant une population d'intervenants en

éducation spécialisée. Cette présentation est effectuée afin d'enrichir et compléter cette recension des écrits.

4.3.1. Quelques extraits des travaux de Milhaud

En se basant notamment sur les travaux de Salin, Milhaud publie, en 1980, une recherche ayant pour but de « *dégager les éléments permettant de construire un schéma de recherche sur la manière dont les maîtres traitent les erreurs des élèves en mathématiques* » (p. 3). Dans ses recherches, Salin a émis l'hypothèse que les réactions des enseignants aux erreurs ne dépendent peut-être pas uniquement de critères pédagogiques (1976). Cette idée que « *les jugements des maîtres sur les erreurs sembleraient dépendre des conceptions de la connaissance et de son apprentissage et du rôle que jouait l'erreur dans cette conception* » a été reprise par Milhaud afin d'en examiner la validité (ibid., p. 4).

Spécifions qu'en effectuant ce travail, Milhaud remarque que « *les réponses faites par les maîtres ne sont pas toujours centrées comme on pourrait s'y attendre sur les erreurs* » (ibid., p.22). Elles concernent tantôt l'élève, tantôt l'erreur, tantôt la tâche réalisée. De plus, il a été constaté que les copies semblent influencer les maîtres par une variété de facteurs, dont ceux-ci liés aux erreurs :

- *la fréquence de la même erreur sur la même copie;*
- *la diversité des erreurs sur la même copie dans des exercices analogues;*
- *l'inachèvement sans erreur;*
- *l'importance de l'erreur dans la suite des apprentissages;*
- *la difficulté pour le maître à décrire l'erreur.*

(ibid., p. 27)

À partir de l'ensemble des résultats obtenus, Milhaud a élaboré trois typologies concernant l'erreur et le travail de l'enseignant face à celle-ci. Elles sont présentées à l'annexe V.

Les deux premières typologies relèvent de l'interprétation que font les enseignants de la nature et de la cause des erreurs. En 1980, ces résultats sont

originaux, puisque Milhaud tente de faire une distinction entre les erreurs « elles-mêmes » et les causes de ces erreurs. Nous reconnaissons maintenant que ces typologies comprennent des catégories sommaires qui parfois traduisent des jugements de la part de l'enseignant plutôt qu'une description raisonnée du phénomène à l'étude. Notons, à cet effet, les catégories de « *l'erreur du n'importe quoi* » et « *le diagnostic de l'inaptitude* ».

Cela dit, l'innovation du travail de Milhaud, réside dans la proposition d'une troisième typologie concernant les « *traitements de l'erreur* », soit les décisions didactiques prises par les maîtres confrontés aux erreurs. Nul travail n'avait, avant 1980, présenté une liste d'actions posées par le maître en fonction de l'erreur d'un élève. Or, cette typologie est particulière parce qu'elle implique à la fois des interventions didactiques précises comme « *refaire des manipulations* », des façons d'intervenir plus générales comme « *approcher la notion de manière différente* » et des réactions à l'erreur comme « *se mettre en colère* ». Sans remettre en cause les mérites et la valeur de ce travail, nous considérons ce dernier type de « décisions » comme relevant du domaine de l'émotivité, plutôt que de la didactique des mathématiques.

Si nous avons accordé une attention particulière au travail de Milhaud, nous sommes consciente qu'il s'éloigne des conceptions généralement soutenues en didactique. Depuis la publication de cette recherche, de nombreux progrès ont été accomplis dans le champ d'études de l'erreur et du rôle du maître face à cette dernière. Bon nombre de travaux, incluant ceux présentés au premier chapitre, sont venus préciser le concept de d'erreur chez l'élève et souligner les dangers liés à l'interprétation de sa cause. L'extrait suivant illustre d'ailleurs certaines conceptions soutenues à l'époque; le lecteur remarquera qu'il se détache de la perception de l'erreur comme une forme transitoire de l'apprentissage, tel que véhiculé dans les travaux de Brun et Conne :

Pour les maîtres, si constater une erreur c'est effectivement constater un dysfonctionnement, les réponses aux questions posées permettent de

constater que les causes et les manifestations de ce dysfonctionnement ne sont pas toujours distinguées par les maîtres, qui de plus n'ont pas une maîtrise scientifique du fonctionnement de l'élève en situation; que par contre, ces maîtres semblent avoir constitué un éventail de traitements. Les traitements dépendent de la capacité des maîtres à gérer les situations d'apprentissage. Cette gestion est liée à la connaissance qu'ont les maîtres des théories de l'apprentissage qui sous-tendent leurs pratiques pédagogiques.

(Milhaud, op. cit., p. 47)

Mentionnons que Milhaud s'est intéressée aux interprétations des erreurs par les maîtres, ainsi qu'aux différentes décisions didactiques qu'ils « déclarent » prendre devant ces erreurs. Ainsi, ses résultats sont issus de données recueillies à l'aide de questionnaires et d'entretiens. Nous pouvons nous demander si ces mêmes résultats auraient été les mêmes si les enseignants avaient été placés en situation d'enseignement et réellement confrontés aux procédures d'élèves. Nous verrons, au quatrième chapitre, comment une méthodologie combinant les techniques de l'observation et l'entretien assure une plus grande fiabilité et une meilleure validité des résultats. Grâce au procédé de triangulation, nous serons en mesure de valider notre lecture des affirmations des maîtres concernant le travail de repérage et d'intervention sur l'erreur ou, le cas échéant, de montrer les disparités résidant entre les déclarations et les actions posées en situation d'enseignement. Cela dit, il nous était impossible, dans le cadre de cette recension des écrits, de ne pas souligner les travaux de Milhaud. Ceux-ci ont ouvert la voie aux recherches ciblant l'intervention du maître sur les erreurs de l'élève en didactique des mathématiques.

4.3.2. Quelques extraits des travaux de DeBlois

Après avoir effectué certains travaux auprès d'enseignants débutants (1997; 2003), DeBlois, s'associant parfois avec Squalli, mène quelques recherches ciblant les productions des élèves auprès d'une population différente; celle des orthopédagogues (1997; 2002).

Avant de présenter quelques résultats de ces travaux, nous devons mentionner que le travail de ces professionnels diffère de celui des maîtres en exercice. En fait, il s'opère, dans le système didactique où se retrouve un élève à besoins particuliers, des contraintes et des possibles qui se distinguent largement de ceux rencontrés en classe ordinaire. Cange et Favre soulignent d'ailleurs qu'en ce qui concerne les erreurs analysées dans le cadre de l'éducation spécialisée, il « *n'est pas toujours possible de retrouver une systématique. Et là, le travail sur l'erreur se complique fortement.* » (2003, p. 7). Dans ce contexte particulier, l'erreur n'est pas nécessairement perçue comme une tentative d'adaptation de l'élève à la situation dans laquelle il se retrouve; elle constitue plutôt « *une déviation qu'il faut rectifier par rapport à une norme* ». (DeBlois et Squalli, 2002, p. 158). Il s'agit d'une conception de l'erreur que nous devons rappeler et souligner avant d'effectuer la présentation de résultats issus de ces travaux, car la conception de l'erreur retenue pour le présent travail est en fait fort différente (cf. supra, p. 10-11).

D'abord, dans une recherche menée par DeBlois et Squalli, il a été constaté le fait que les orthopédagogues semblent se centrer d'abord sur l'élève « *afin de comprendre son raisonnement* » (2002, p. 170). Mentionnons rapidement que cette conduite particulière a également été observée lors d'une autre recherche effectuée auprès d'une population de futurs enseignants. Il a été proposé que :

cette tendance pourrait expliquer la persistance des étudiants et étudiantes à porter des jugements lorsqu'ils identifient la difficulté de l'élève. Toutefois, en leur demandant de décrire le raisonnement de l'élève, ils se détachent progressivement du jugement pour s'attarder aux arguments qui pourraient être utilisés.

(id., 1997, p. 139-140)

Ces chercheurs soutiennent que l'élève se trouve au centre de l'intervention du spécialiste; « *la compréhension de l'élève est privilégiée et l'erreur ne sert que d'indice à cette compréhension* » (id., p. 175). En ce sens, DeBlois stipule que :

Plutôt que de chercher à contrôler les sources d'erreur, les orthopédagogues tentent de cerner « la logique de l'élève ». Ainsi, il ne s'agit plus d'intervenir sur l'erreur, mais de susciter la reconstruction de la compréhension du concept en jeu à partir de la situation qui est à l'origine de la difficulté.

(2003, p. 178-179)

Après avoir ciblé la logique de l'élève, les intervenants en éducation spécialisée situent sa difficulté et interviennent par la suite. Mentionnons qu'ils expliquent habituellement la difficulté « *en termes de méthodes de travail, d'impulsivité ou encore de bagage d'expérience* » (DeBlois et Squalli, 2002, p. 168). Il est également précisé que ces professionnels peuvent intervenir « *avec efficacité, mais au sujet d'une difficulté différente de celle qui justifiait la visite de l'élève* » (op. cit., p. 171).

Par ailleurs, en ce qui concerne les conduites des orthopédagogues, ceux-ci semblent « *questionner l'élève à la fois pour diagnostiquer et intervenir sans séparer nettement ces deux moments* » (ibid., p. 167). Ainsi, le questionnement constitue une modalité d'intervention sur l'erreur, tout comme le fait de demander de refaire la démarche à l'élève (ibid., p. 166) ou l'utilisation de matériel didactique²⁶. Il est même soutenu qu'une combinaison de ces deux façons d'intervenir est possible (ibid., p. 171). Toutefois, soulignons que les travaux de DeBlois ne présentent pas de liste des modalités d'intervention déployées par l'orthopédagogue.

Ceci complète cette courte présentation des résultats de recherche de DeBlois, ciblant une population d'orthopédagogues. Tout en reconnaissant l'apport de ces travaux dans le domaine de la didactique, nous soutenons que nous pouvons difficilement nous référer aux concepts proposés, compte tenu des différences fondamentales qui existent entre le système didactique en œuvre dans une classe ordinaire et celui situé dans le cadre de l'éducation spécialisée. Par

²⁶ Mentionnons que le questionnement comme modalité d'intervention sur l'erreur, tel qu'il est entendu dans les travaux de DeBlois, ne fait pas partie des 26 stratégies d'interventions inscrites dans la typologie de Portugais.

contre, nous avons tenu à présenter ces recherches ciblant les orthopédagogues, puisque ceux-ci ont permis, entre autres, de mettre en lumière certaines pratiques qui parfois s'associent, parfois diffèrent des conduites observées dans les recherches de Portugais (1992, 1995). Si les travaux de DeBlois ciblent l'étude de l'erreur et qu'ils détiennent leur juste place dans notre recension des écrits, ceux-ci se distinguent nettement des travaux exposés jusqu'à présent. Le lecteur comprendra que les résultats auxquels nous accordons la priorité sont ceux qui sont en relation et en cohésion étroites avec notre objet d'étude.

Au terme de cette partie, rappelons que nous nous appuyons sur la typologie des stratégies d'intervention sur l'erreur (Portugais, 1995) afin d'identifier les stratégies d'intervention sur l'erreur déployées par les nouveaux maîtres. Cet outil didactique constitue, à ce jour, la liste la plus complète et la plus détaillée de moyens pouvant être mis en œuvre afin de permettre à l'élève de prendre conscience de son erreur. Réitérons que nous nous référons également à la typologie de l'erreur (Brun et Conne, 1991), afin d'identifier les erreurs repérées par ces enseignants débutants, dans les procédures de leurs élèves. Ces deux outils didactiques, habituellement intégrés dans la formation initiale des maîtres à l'Université de Montréal, ont dans le cadre de cette recherche une toute autre utilité; ils nous permettent de décrire les conduites adoptées par nos sujets en situation d'enseignement spécifique au travail de l'erreur. Ainsi, l'exposition des différents concepts retenus dans les troisième et quatrième parties de cette recension des écrits se rapporte essentiellement à notre premier objectif de recherche « *Identifier les erreurs arithmétiques repérées ainsi que les stratégies d'intervention mises en œuvre par le nouvel enseignant* » (cf. supra, p. 25).

5. THÉORIE DES CHAMPS CONCEPTUELS ET SES CONCEPTS

Dans les pages qui suivent, nous offrons un bref aperçu de la théorie des champs conceptuels ainsi que des notions qui s’y rattachent. Le lecteur notera dès lors que nous ne prenons pas appui, dans le cadre de la présente recherche, sur l’ensemble de la théorie des champs conceptuels. Nous ciblons certains éléments, choisis spécifiquement en fonction de notre cadre de référence (cf. infra, p. 93). Entre autres, nous sommes consciente du fait que les aspects langagiers de cette théorie ne sont pas véritablement pris en considération. Ceci s’explique par le fait que ces concepts nécessiteraient une autre étude afin de leur rendre justice²⁷.

5.1. Les fondements de la théorie des champs conceptuels

La théorie des champs conceptuels est reconnue comme une théorie cognitive visant « à fournir un cadre cohérent et quelques principes de base pour l’étude du développement et l’apprentissage des compétences complexes, notamment celles qui relèvent des sciences et techniques » (Vergnaud, 1991a, p. 135). Plus précisément, elle permet de repérer et d’étudier les filiations et ruptures entre les connaissances sous l’angle de leur contenu conceptuel.

Vergnaud affirme : « l’histoire nous apprend que c’est en réponse à des problèmes pratiques ou théoriques que sont nées et se sont développées les connaissances mathématiques » (1991b, p. 20). L’idée que la connaissance est fonctionnelle semble, selon l’auteur, difficile à transposer dans l’enseignement. D’ailleurs;

les notions de problème et de situation comme occasion de l’apprentissage et du développement des connaissances sont évidemment des notions relatives : ce qui est problématique pour un enfant de 5 ans ne l’est plus pour le même enfant 2 années plus tard. Cela est vrai aussi dans l’expérience professionnelle des adultes, y compris dans la recherche scientifique.

La meilleure manière d’aborder les choses paraît être de considérer l’évolution des conduites d’un sujet devant une classe de situations :

²⁷ Mentionnons que Zaragosa, dans sa thèse sur les schèmes de l’interaction verbale didactique chez l’enseignant (2000), a particulièrement ciblé les aspects langagiers.

depuis les premières formes de conduite qu'il adopte jusqu'aux formes largement automatisées qu'elles prennent lorsque les savoirs et savoir-faire nécessaires sont acquis.

(loc. cit.)

La notion de connaissance est centrale dans la théorie des champs conceptuels qui cible :

les enfants et les adolescents, en entendant par « connaissances » aussi bien les savoir-faire que les savoirs exprimés. Les idées de filiations et de ruptures concernent également les apprentissages de l'adulte, mais ces derniers s'effectuent sous des contraintes qui sont davantage de l'ordre des habitudes et des biais de pensée acquis que de l'ordre du développement de l'appareil psychique. Chez l'enfant et l'adolescent, les effets de l'apprentissage et du développement cognitif interviennent toujours conjointement.

(Vergnaud, 1991a, p. 135)

Il semble important de préciser que ce modèle théorique conserve une approche opératoire et psychogénétique de la connaissance (Vergnaud, 1983) et considère cette dernière « *comme une fonction adaptative à des situations spécifiques* » (Ricco, 1992, p. 67). Ainsi, la théorie des champs conceptuels repose sur « *un principe d'élaboration pragmatique des connaissances* » (Vergnaud, 1991a, p. 167). Selon l'auteur, « *c'est notre relation au réel, et notamment aux situations à maîtriser, qui nous oblige à cette évolution* » (1991b, p. 82-83). Dans l'extrait suivant, Vergnaud précise davantage ce principe :

Parler d'élaboration pragmatique ne préjuge nullement de la nature des problèmes auxquels un concept nouveau apporte une réponse : ces problèmes peuvent être théoriques autant que pratiques. [...] Simplement, si l'on veut prendre correctement la mesure de la fonction adaptative de la connaissance, on doit accorder une place centrale aux formes qu'elle prend dans l'action du sujet. La connaissance rationnelle est opératoire ou n'est pas.

(1991a, p. 135)

Les orientations de la théorie des champs conceptuels révèlent une certaine parenté avec l'épistémologie génétique et l'apprentissage par adaptation retrouvés

dans les travaux de Brousseau. Le modèle théorique de Vergnaud s'associe également à une approche piagétienne, sans toutefois s'y limiter. Comme le fait remarquer Schubauer-Leoni:

Cette conception interactionniste et constructiviste ne peut pourtant pas être reconduite purement et simplement à l'épistémologie génétique de l'école piagétienne : la spécificité accordée aux savoirs en jeu et l'analyse portée sur la nature de cette spécificité constituent l'originalité et le grand intérêt d'une telle approche psychologique.

(1986a, p. 12)

À ce sujet, Vergnaud, lui-même précise que, par « *rapport à une psychologie cognitive centrée sur les structures logiques, comme celle de Piaget, la théorie des champs conceptuels apparaît plutôt comme une psychologie des concepts* », et cela, même si le terme « structure » est employé afin de désigner un champ conceptuel particulier, tel que « *structures additives* » ou « *structures multiplicatives* » (Vergnaud, op.cit., p. 147). Cela dit, il semble pertinent de souligner que la théorie des champs conceptuels n'est point spécifique des mathématiques; « *elle a d'abord été élaborée en vue de rendre compte du processus de conceptualisation progressive des structures additives, des structures multiplicatives, des relations nombre-espace, de l'algèbre* » (ibid., p.135).

Par conséquent, ce modèle théorique demeure fort utile dans le domaine de la didactique des mathématiques. Portugais précise qu'avec « *la théorie des champs conceptuels de Gérard Vergnaud, on aborde le versant cognitiviste de la didactique des mathématiques et l'on s'intéresse plus particulièrement au sous-système élève-savoir du système didactique* » (1995, p. 45). Pour Vergnaud, la « *didactique est dans une large mesure une théorie des situations susceptibles de provoquer ou de favoriser les meilleures évolutions* » (1991b, p. 83). En offrant « *un cadre pour l'apprentissage* » (1991a, p. 135), la théorie des champs conceptuels intéresse ce champ d'études sans être, à elle seule, une théorie didactique. Si le concept de « *processus d'élaboration pragmatique* » est considéré comme étant indispensable pour la didactique et la psychologie,

Vergnaud va jusqu'à le qualifier « d'essentiel » en ce qui concerne l'histoire des sciences (loc. cit.).

5.1.1. La notion de conceptualisation

La théorie des champs conceptuels est « *une théorie psychologique du concept, ou mieux encore, de la conceptualisation du réel* » (ibid., p. 133). À l'origine, la conceptualisation est une notion piagétienne désignant « *le passage de l'action à sa représentation cognitive sur le plan supérieur* » (Portugais, 1995, p. 46). Elle résulte d'une prise de conscience « *à travers la transformation de schèmes d'action en notions et opérations* » (Portugais, 1995, p. 46).

Il y a donc une relation de filiation entre l'action et sa représentation abstraite sous forme de conceptualisation. Selon Piaget, la conceptualisation est motivée par « le caractère inévitable du besoin d'explication causale » (Piaget, 1974a). Mais plus encore, la conceptualisation devient, lorsque constituée, un moyen d'influencer l'action par le caractère prédictif qu'elle développe et permet.

(ibid., p. 46-47)

5.1.2. La notion de représentation

La représentation détient un rôle décisif « *dans les processus de pensée et dans l'organisation des conduites supérieures* » (ibid., p. 47). Selon Vergnaud, ce concept est fondamental à l'analyse de la formation des connaissances opératoires, de même qu'à l'analyse des processus spécifiques liés à la transmission des connaissances (1985, p. 245). Sa fonction principale est de conceptualiser le réel dans le but d'agir efficacement. La représentation concerne « *la formation de l'expérience dans son ensemble, que cette expérience soit sociale ou privée, systématiquement organisée ou ouverte, discursive ou non discursive* » (ibid., p. 246). Ainsi :

L'interaction du sujet avec le réel est essentielle puisque c'est dans cette interaction que le sujet forme et éprouve ses représentations et conceptions, en même temps que celles-ci sont responsables de la manière dont il agit et dont il règle son action.

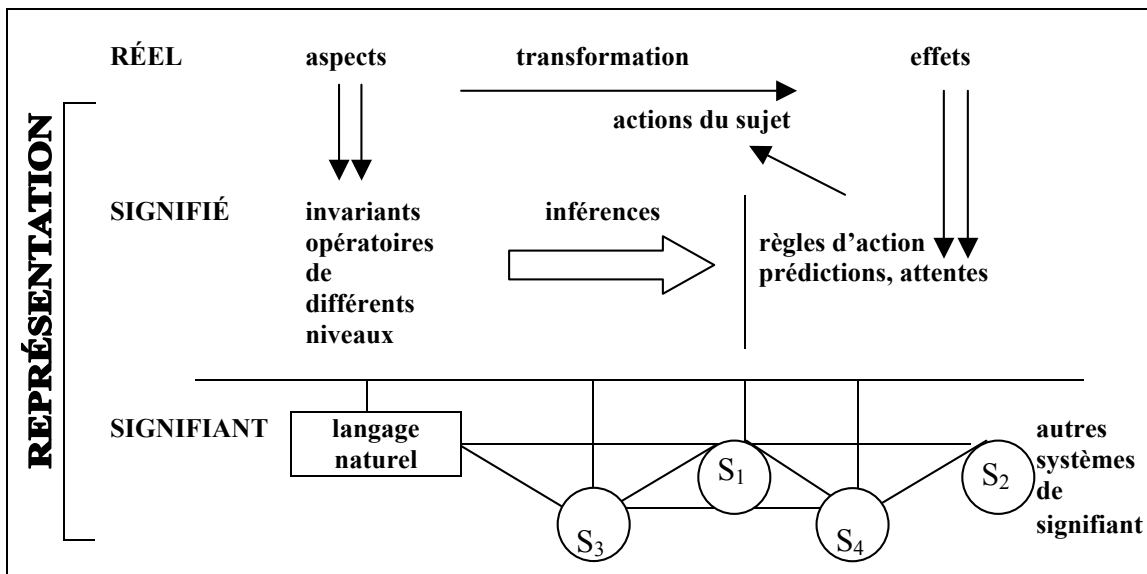
(loc. cit.)

En d'autres mots, le sujet élabore et corrige ses représentations par le biais de ses actions, mais celles-ci sont réglées par ses propres représentations. Toutefois, pour que la représentation soit fonctionnelle, elle doit être impliquée non seulement dans le réglage de l'action, mais aussi dans les attentes de l'individu. Selon Vergnaud l'adaptation au réel « *ne peut pas avoir d'autres critères que celui de la conformité entre les attentes du sujet et les effets réels qui se produisent* »; c'est ce qui permet « *l'action efficace* » (loc. cit.).

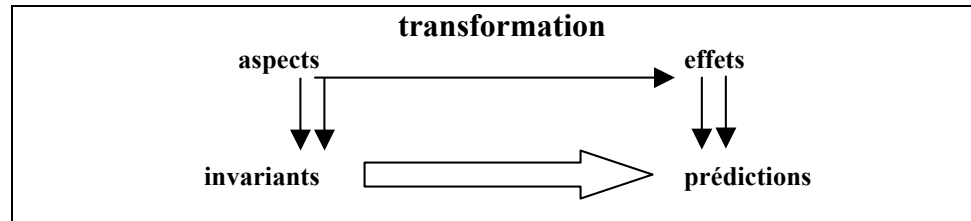
On peut dire que la théorie des champs conceptuels cherche entre autres à élucider le fonctionnement de la représentation. Dans son texte intitulé Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation Vergnaud a publié la figure et les remarques ci-dessous, exposant ainsi le lien existant entre la représentation et le réel (p. 249).

Figure 2

Rapports entre représentation et réel selon Vergnaud (1985)



1. La fonction de représentation vise à établir des homomorphismes entre réel et signifié.



2. La représentation calcule des règles d'actions qui engendrent elles-mêmes des actions. Ces actions ont pour but de transformer le réel, ou de l'interroger (écart effet-prédiction) et conduisent de ce fait à l'évolution adaptative du système d'invariants constitutif de la représentation.

3. Les signifiants peuvent désigner des invariants, accompagner des inférences ou des prédictions, expliciter des règles d'action. Mais tout le travail qui s'accomplit au plan du signifié ne s'accompagne pas nécessairement de manipulations symboliques ; et en outre la correspondance n'est pas univoque entre le plan signifié et celui du signifiant.

4. Les systèmes de signifiants sont en relation avec le signifié et sont en relation entre eux. Le langage naturel joue un rôle privilégié, mais n'est pas un intermédiaire obligé pour la raison entre un signifiant S_i et le signifié. Enfin, il serait aberrant d'imaginer une relation directe entre le réel et le plan du signifiant : les homomorphismes éventuels transitent nécessairement par le signifié.

Vergnaud soutient trois positions concernant la notion de représentation. Ces dernières, publiées en 1985, ont été reprises et synthétisées par Portugais de la façon suivante:

- La représentation n'est pas épiphénomène, elle est au contraire fonctionnelle et indispensable au traitement des situations par le sujet;
- La représentation n'est pas enfermée dans une logique d'utilisation par le sujet de « systèmes de signifiants sociaux langagiers ou non langagiers » car même si elle se réfère à ses signifiants sociaux, elle peut aussi témoigner de l'apparition, en situation, de nouvelles conduites;
- La représentation doit être analysée dans tous ses aspects fonctionnels à savoir à la fois dans ses composantes symboliques et dans ses composantes procédurales.

(1995, p. 47)

Afin de bien saisir le fonctionnement de la représentation, il semble important de distinguer, dès lors, les concepts de signifié et de signifiant. Le signifié concerne les schèmes et « *se manifeste par une variété de composantes : invariants, inférences, règles d'actions et prédictions* ». En d'autres mots, il « *renvoie au sens mathématique du concept* » (loc. cit.). Le signifiant, quant à lui, se rapporte plutôt « *au langage naturel, iconique et graphique, aux symboles écrits, aux tableaux, diagrammes, etc.* » (loc. cit.). Ainsi :

Les signifiants disponibles, sociaux pour la plupart d'entre eux, peuvent évidemment jouer un rôle important dans cette adaptation au réel, mais il faut aussi reconnaître que c'est essentiellement au plan du signifié que se règlent les rapports entre réel et représentation.

(Vergnaud, 1985, p. 250)

5.1.3. La notion de langage

Il est difficile de parler de signifiant sans aborder brièvement la notion de langage. La première fonction de l'activité langagière est celle de la communication. La fonction de représentation ne peut s'exercer utilement sans s'appuyer sur la première. Toutefois, selon Vergnaud, les fonctions de l'activité langagière ne se limitent pas à la communication et à la représentation :

En relation avec ces deux fonctions, on observe une autre fonction du langage : l'aide à la pensée et à l'organisation de l'action. Cette fonction s'appuie elle-même sur la fonction de représentation, mais ce qui est représenté alors c'est à la fois les éléments de la situation pris en compte, l'action et leurs relations.

(1991a, p. 168)

L'activité langagière joue donc un rôle non négligeable dans la représentation et la conceptualisation. Vergnaud souligne que l'homomorphisme entre le réel et la représentation mentale « *ne doit pas être recherché au niveau des symbolismes d'abord* », mais plutôt « *au niveau des invariants opératoires contenus dans les schèmes. C'est là que se situe la base principale de la conceptualisation* » (loc. cit.). Ainsi, le langage et les symboles mathématiques

demeurent directement impliqués dans la conceptualisation et l'action, mais sans «*les schèmes et les situations, ils resteraient vides de sens* » (loc. cit.)²⁸.

5.1.4. La notion de situation

Vergnaud précise que «*la référence pour un psychologue cognitiviste, c'est d'abord le réel, et les situations dans lesquelles se joue la transformation des compétences et des conceptions du sujet* » (1991b, p. 85). Par conséquent, il soutient que les «*concepts prennent leur sens dans une variété de situations et de classes de problèmes dont il faut analyser les caractéristiques, et qu'il faut classer de manière précise* » (1985, p. 248). Ainsi, l'auteur distingue deux catégories de classes de situations :

- *des classes de situations pour lesquelles le sujet dispose dans son répertoire, à un moment donné de son développement et sous certaines circonstances, des compétences nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation;*
- *des classes de situations pour lesquelles le sujet ne dispose pas de toutes les compétences nécessaires, ce qui l'oblige à un temps de réflexion et d'exploration, à des hésitations, à des tentatives avortées, et le conduit éventuellement à la réussite, éventuellement à l'échec.*

(1991a, p. 136)

À première vue, il est possible de mettre en relation la position adoptée par Vergnaud, avec la théorie des situations didactiques de Brousseau. Toutefois, précisons que, dans la théorie des champs conceptuels, le concept de situation se limite au sens habituellement accordé par le psychologue, c'est-à-dire qu'il ne prend pas la signification de «*situation didactique* », mais plutôt celle de tâche ; «*l'idée étant que toute situation complexe peut être analysée comme une combinaison de tâches dont il est important de connaître la nature et la difficulté propres* » (Vergnaud, op.cit., p. 146). Ainsi, la notion de situation soutenue par

²⁸ Le lecteur se souviendra que nous ne prenons pas appui, dans le cadre de la présente recherche, sur l'ensemble de la théorie des champs conceptuels. Certains éléments, choisis spécifiquement en fonction de ce cadre de référence, sont ciblés. Si nous présentons rapidement ici les aspects langagiers de cette théorie, ceux-ci ne sont pas véritablement pris en considération dans cette recherche.

Vergnaud « *se veut plus étroite que ce qu'elle est chez Brousseau* » (Portugais, 1995, p. 48).

Cela dit, si elle s'intéresse habituellement aux situations problèmes ou aux tâches présentées aux élèves, la théorie des champs conceptuels peut également concerner l'analyse des situations de la vie quotidienne. Dans ce type de situations, les données pertinentes se retrouvent immergées dans un ensemble d'informations peu ou pas utiles. Ainsi, les questions pouvant être posées ne sont pas clairement définies. L'auteur précise que le traitement de ces « situations de vie » « *suppose à la fois l'identification des questions et celle des opérations à faire pour y répondre* » (Vergnaud, op.cit., p. 151). Par conséquent, il n'est ni facile, ni aisé de partir de telles situations afin d'établir « *une classification systématique* » (loc. cit.).

Vergnaud retient deux idées principales au sujet du concept de situation : celle d'histoire et celle de variété. D'abord, l'idée d'histoire :

les connaissances des élèves sont façonnées par les situations qu'ils ont rencontrées et maîtrisées progressivement, notamment par les premières situations susceptibles de donner du sens aux concepts et aux procédures qu'on veut leur enseigner.

(ibid., p. 150)

Il semble pertinent de mentionner, ici, qu'il ne s'agit pas de l'histoire des mathématiques, mais bien de l'histoire de l'apprentissage des mathématiques. Même si cette dernière est individuelle, Vergnaud précise qu'il est possible de :

repérer des régularités impressionnantes d'un enfant à l'autre, dans la manière dont ils abordent et traitent une même situation, dans les conceptions primitives qu'ils se forment des objets, de leurs propriétés et de leurs relations, et dans les étapes par lesquels ils passent. Ces étapes ne sont pas totalement ordonnées; elles n'obéissent pas à un calendrier étroit; les régularités portent sur les distributions de procédures et ne sont pas univoquement déterminées.

(ibid., p. 157)

Ensuite, la seconde idée retenue par Vergnaud, celle de variété, est particulièrement importante puisqu'elle précise qu'il « *existe une grande variété de situations dans un champ conceptuel donné, et les variables de situations sont un moyen de générer de manière systématique l'ensemble des classes possibles* » (ibid., p. 150). Or, l'auteur avance qu'un champ conceptuel « *est d'abord défini par son contenu (...) et une manière commode d'en désigner l'étendue est de se référer à l'ensemble des situations qui contribuent à lui donner du sens (...)* » (1985, p. 249). À titre d'exemple, Vergnaud mentionne que le champ conceptuel des structures additives, comprenant « *l'ensemble des situations qui demande une addition, une soustraction ou une combinaison de telles opérations (...)* » (1991a, p. 146). L'importance de cette idée de variété est reflétée dans l'extrait suivant :

Il est fécond et légitime de rechercher les parentés entre les ruptures à l'intérieur d'un ensemble de situations organisées par des idées elles-mêmes parentes, dans lesquelles les procédures, les représentations et les formulations puissent raisonnablement dériver les unes des autres. Un concept ne prend pas sa signification dans une seule classe de situations, et une situation ne s'analyse pas à l'aide d'un seul concept.
(ibid., p. 167)

Cette dernière phrase est essentielle : lorsque qu'il est question de l'apprentissage et l'enseignement, Vergnaud soutient qu'un concept ne peut être simplement réduit à sa définition. « *C'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept acquière du sens pour le sujet* » (Portugais, 1995, p. 48).

En résumé, l'opérationnalité d'un concept doit être éprouvée à travers des situations variées, et le chercheur doit analyser une grande variété de conduites et de schèmes pour comprendre en quoi consiste, du point de vue cognitif, tel ou tel concept. (...) Chacun de ces concepts comporte en effet plusieurs propriétés, dont la pertinence est variable selon les situations à traiter. Certaines peuvent être comprises très tôt, d'autres beaucoup plus tard au cours de l'apprentissage. Une approche psychologique et didactique de la formation des concepts mathématiques, conduit à considérer un concept comme un ensemble d'invariants utilisables dans l'action. La définition pragmatique d'un concept, fait donc appel à l'ensemble des situations qui constituent la

référence de ses différentes propriétés, et à l'ensemble des schèmes mis en œuvre par les sujets dans ces situations.

(Vergnaud, 1991a, p. 145)

Cela dit, mentionnons que le sens pris par un concept ne se trouve pas dans les situations elles-mêmes, ni dans les mots et les symboles mathématiques.

Le sens est une relation du sujet aux situations et aux signifiants. Plus précisément, ce sont les schèmes évoqués chez le sujet individuel par une situation ou par un signifiant qui constituent le sens de cette situation ou de ce signifiant pour cet individu. Les schèmes, c'est-à-dire les conduites et leurs organisations. Le sens de l'addition pour un sujet individuel c'est l'ensemble des schèmes qu'il peut mettre en œuvre pour traiter des situations auxquelles il lui arrive d'être confronté, et qui impliquent l'idée d'addition, c'est aussi l'ensemble des schèmes qu'il peut mettre en œuvre pour opérer sur les symboles, numériques, algébriques, graphiques et langagiers qui représentent l'addition.

(ibid., p. 158)

Toutefois, Vergnaud avance qu'une « *situation donnée ou un symbolisme particulier n'évoque pas chez un individu tous les schèmes disponibles* » (loc. cit.). À titre d'exemple, il mentionne que le sens que prend une situation particulière concernant l'addition n'est ni le sens de l'addition, ni le sens d'un symbole particulier. « *Quand on dit que tel mot a tel sens, on renvoie en fait à un sous-ensemble de schèmes, opérant ainsi une restriction dans l'ensemble de schèmes possibles* » (loc. cit.).

5.1.5. La notion de schème

Décrit par Kant comme une « *totalité dynamique fonctionnelle* », puis par Piaget, en 1972, comme une « *entité fonctionnelle dynamique* », la notion de schème fut reprise et précisée plus tard par Vergnaud. Ce dernier a appelé schème « *l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations données* » (ibid, p. 136).

Le concept de schème est utile pour l'analyse des deux classes de situations distinguées par Vergnaud, même si leur fonctionnement n'est point le même pour

l'un et pour l'autre. Rappelons brièvement que pour la première classe « *le sujet dispose dans son répertoire (...) des compétences nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation* », tandis que pour la seconde, il « *ne dispose pas de toutes les compétences nécessaires* » (loc. cit.) :

Dans le premier cas, on va observer pour une même classe de situation, des conduites largement automatisées, organisées par un schème unique; dans le second cas, on va observer l'amorçage successif de plusieurs schèmes, qui peuvent entrer en compétition et qui, pour aboutir à la solution recherchée, doivent être accommodés, décombinés et recombinaés; ce processus s'accompagne nécessairement de découvertes.
(loc. cit.)

Vergnaud prétend que la fiabilité du schème, chez un individu, est en lien avec « *la connaissance et les caractéristiques du problème à résoudre* » (ibid., p. 137). Il est dit que le fonctionnement cognitif d'un sujet comporte des opérations qui s'automatisent de façon progressive, mais également des décisions conscientes permettant de prendre en compte les valeurs des différentes variables comprises dans les situations.

L'automatisation est évidemment l'une des manifestations les plus visibles du caractère invariant de l'organisation de l'action. Mais une suite de décisions conscientes peut aussi faire l'objet d'une organisation invariante pour une classe de situations données. D'ailleurs, l'automatisation n'empêche pas que le sujet conserve le contrôle des conditions sous lesquelles telle opération est appropriée ou non. (...) En fait, toutes nos conduites comportent une part d'automatisme et une part de décision consciente.

(ibid., p. 138)

Pour Vergnaud les schèmes « *sont souvent efficaces, pas toujours effectifs* » (loc. cit.). Lorsqu'un sujet emploie un schème inefficace dans une situation particulière, « *l'expérience le conduit soit à changer de schème, soit à modifier ce schème* » (loc. cit.).

(...) l'observation des élèves en situation de résolution de problème, l'analyse de leurs hésitations et de leurs erreurs, montre que les

conduites en situation ouverte sont également structurées par des schèmes. Ceux-ci sont empruntés au vaste répertoire des schèmes disponibles, et notamment à ceux qui sont associés aux classes de situations qui paraissent avoir une parenté avec la situation actuellement traitée. Simplement, comme la parenté n'est que partielle et éventuellement illusoire, les schèmes sont souvent esquissés, et les tentatives souvent interrompues avant d'avoir été menées à leur terme; plusieurs schèmes peuvent être évoqués successivement, et même simultanément dans une situation nouvelle pour le sujet (ou considérée par lui comme nouvelle).

(ibid., p. 139-140)

Vergnaud soutient ainsi l'idée que le fonctionnement cognitif d'un individu repose sur « *le répertoire des schèmes disponibles, antérieurement formés* » (ibid., p. 140). Ainsi, chaque « *schème est relatif à une classe de situations dont les caractéristiques sont bien définies* » (loc. cit.).

Toutefois, il peut être appliqué par un sujet individuel à une classe plus étroite que celle à laquelle il pourrait en fait être appliqué efficacement. Se pose alors un problème d'extension du schème à une classe plus large; on peut parler alors de délocalisation, de généralisation, de transfert, de décontextualisation. On ne peut imaginer qu'un tel processus intervienne sans que soient reconnues par le sujet des analogies et parentés (ressemblances sur certains critères, différences sur d'autres) entre la classe de situations sur laquelle le schème était déjà opératoire pour le sujet, et les situations nouvelles à conquérir. La reconnaissance d'invariants est donc la clef de la généralisation du schème.

Mais un schème peut aussi être impliqué par un sujet individuel à une classe trop large; il est alors mis en défaut et le sujet doit en restreindre la portée, et décomposer le schème en éléments distincts susceptibles d'être recomposés de manière différente pour les diverses sous-classes de situations, éventuellement par adjonction d'éléments cognitifs supplémentaires. On reconnaît là des processus de restriction et d'accommodation.

(ibid., p. 141)

Vergnaud place les schèmes au centre du processus d'adaptation des structures cognitives (assimilation et accommodation), tout comme l'avait fait Piaget dans ses travaux des années 1940 et 1950. Ce grand chercheur est reconnu

comme le premier à avoir mis en évidence que « *dans le processus d'adaptation au réel que constitue le développement de nos savoir-faire et de nos savoirs, ce sont en premier lieu les schèmes qui s'accommodent et se généralisent* » (1991b, p 82).

Cette adaptation peut éventuellement se faire sans grande difficulté, par combinaisons, adjonctions et différenciations simples, à partir des premières situations qu'ils permettent de maîtriser, éventuellement aussi par de véritables révolutions, c'est-à-dire des transformations et des recombinaisons radicales.

(loc. cit.)

Puisqu'il s'adapte, le schème est considéré comme une structure souple ou « vivante ». Cette notion eut un écho en didactique puisqu'elle permit de rendre compte de l'erreur sur le plan des organisations cognitives (Portugais, 1995). Vergnaud mentionne que « *si l'histoire des sciences, des techniques et des autres savoirs sociaux montre l'existence de concepts et de règles erronés* », il en est de même lorsqu'il est question des connaissances privées et individuelles que constituent les schèmes (1985, p. 251). Par conséquent, « *on ne sera guère surpris de voir apparaître ça et là des schèmes non pertinents ou partiellement pertinents* » (Portugais, op.cit., p. 50). Selon Vergnaud, il est possible d'observer, chez les individus, « *des faux invariants, des règles erronées ou partielles, des inférences aberrantes et des attentes aveugles* » (1985, p. 251). L'auteur précise qu'il s'agit là du « *prix payé par le sujet dans la construction de son expérience propre et dans l'appropriation des connaissances sociales* » (loc. cit.).

Si l'élaboration du schème demeure sous la « *responsabilité cognitive* » de l'individu, Vergnaud précise qu'il « *serait erroné de penser que son élaboration n'est pas, pour partie, organisée socialement. La mère, le maître, les aînés ou les pairs jouent à l'évidence un rôle dans le modelage des schèmes du sujet individuel* » (loc. cit.). Ainsi, l'influence des facteurs sociaux n'est pas à négliger lorsqu'il est question de l'élaboration des schèmes chez un sujet.

La notion de « schèmes » demeure complexe et, de ce fait, elle « *ne doit pas être enfermée trop étroitement dans le sens premier de sa définition* » (Portugais, op.cit., p. 50).

Un schème est une totalité dynamique organisée (...) : on peut le définir comme une application (au sens mathématique) qui prend ses entrées (informations) et ses sorties (actions, commandes motrices) dans des espaces multidimensionnels. Le nombre de dimensions de chacun de ces espaces est éventuellement très grand, et en outre cette application est dynamiquement organisée et contrôlée. La psychologie cognitive se doit d'identifier des éléments macroscopiques significatifs, permettant des analyses fiables, des différenciations, des filiations.

(Vergnaud, idem, p. 250)

Vergnaud précise que la totalité que constitue le schème est composée « *d'une part de schèmes plus élémentaires (...), d'autre part d'éléments cognitifs distincts dont on peut percevoir les manifestations dans ce que peut faire et dire un sujet en situation* » (loc. cit.). En fait, Vergnaud analyse le concept de schème en quatre catégories d'éléments :

- *des invariants opératoires;*
- *des inférences ou calculs;*
- *des règles d'action;*
- *des prédictions ou attentes.*

(loc. cit.)

Le lecteur remarquera que ces mêmes catégories caractérisent le signifié, notamment dans le schéma illustrant les rapports entre le réel et la représentation. Par conséquent, le concept de schème « *réfère certes à l'organisation des conduites, mais il réfère aussi à la représentation* » (loc. cit.). Vergnaud soutient que, puisqu'elle est analysée à travers les conduites adoptées en situation, la représentation repose essentiellement sur le concept de schème.

Si la fonction ultime de la représentation est la conceptualisation du réel en vue de l'action efficace, alors les invariants opératoires, c'est-à-dire les objets, propriétés relations et processus que la pensée découpe dans

le réel pour organiser l'action, constituent le noyau dur de la représentation, celui sans lequel ni les inférences, ni les règles d'actions, ni les prédictions, ni les signifiants n'ont de sens.

(loc. cit.)

Les invariants opératoires peuvent « résumer des régularités », mais proviennent aussi « d'une construction effectuée par le sujet à partir de ses propres analyses et hypothèses » (Vergnaud, 1985, p. 251). L'auteur soutient toutefois qu'une « organisation invariante ne signifie pas stéréotype » :

Même si les stéréotypes sont des schèmes, ils sont caractérisés, péjorativement, par leur faible flexibilité; les schèmes au contraire sont flexibles et permettent au sujet d'adopter une conduite opératoire dans des circonstances relativement variées, à l'intérieur d'une même classe de situations.

(1991b, p. 81)

Il faut considérer qu'il existe différents types d'invariants opératoires, ce qui appelle, en conséquence, diverses analyses. Ils jouent ainsi un rôle essentiel dans le fonctionnement des schèmes :

Un schème n'est presque jamais mis en œuvre sans les inférences hic et nunc, et sans prise d'information sur le réel, puisque c'est cela qui lui donne son caractère opératoire et adaptatif. On peut désigner par l'expression globale d'invariants opératoires les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte qui permettent au sujet de prélever l'information pertinente et d'en inférer règles d'actions et anticipation.

(ibid., p. 83)

À ce sujet, l'auteur mentionne, « qu'un concept-en-acte n'est pas tout à fait un concept, ni un théorème-en-acte un théorème » (1991a, p. 144).

Dans la science, concepts et théorèmes sont explicites et l'on peut discuter de leur pertinence et de leur vérité. Ce n'est pas nécessairement le cas pour les invariants opératoires. Concepts et théorèmes explicites ne forment que la partie visible de l'iceberg de la conceptualisation : sans la partie cachée formée par les invariants opératoires, cette partie visible ne serait rien.

(1991a, p. 144-145)

Vergnaud soutient que la richesse des schèmes est dévoilée lors de leur analyse. Cette dernière « *apparaît indispensable, non seulement pour rendre compte de l'action opératoire du sujet en situation* », mais elle peut également être utile pour analyser certaines fonctions associées à l'activité langagière (1991b, p. 83).

5.1.6. La notion de concept

Vergnaud avance que pour procéder à l'étude du développement et du fonctionnement d'un concept, que ce soit au court de l'apprentissage ou lors de son utilisation, il est nécessaire de considérer ce concept comme un triplet de trois ensembles : $C = (S, I, \mathcal{S})$.

- *S* : l'ensemble des situations qui donne du sens au concept (la référence).
- *I* : l'ensemble des invariants sur lesquels repose l'opérationnalité des schèmes (le signifié).
- \mathcal{S} : l'ensemble des formes langagières et non langagières qui permettent de représenter symboliquement le concept, ses propriétés, les situations et les procédures de traitement (le signifiant).

(1991a, p. 145)

Dans un premier temps, Vergnaud soutient que les concepts prennent leur signification dans une variété de situations et de problèmes devant être analysés, caractérisés et classés de manière précise (1985, p. 248) D'après l'auteur, cette référence aux situations est indispensable pour diverses raisons :

- *Une raison d'ordre fonctionnaliste, qui concerne le sens des apprentissages et des discours.*

- *Une raison d'ordre structuraliste qui concerne la diversité des tâches cognitives impliquées par des situations différentes (...).*
- *Une raison d'ordre développemental et épistémologique.*

(loc. cit.)

La notion de situation est particulièrement importante ici, mais comme le précise l'auteur « *un concept renvoie à plusieurs situations. Mais réciproquement, une situation renvoie à plusieurs concepts* » :

Et le développement des connaissances d'un enfant se fait à travers un ensemble relativement vaste de situations entre lesquelles il existe des parentés (analogies, contrastes, variations...) et pour l'analyse desquelles, il faut faire appel à plusieurs concepts et à plusieurs symbolisations.

(1985, p. 249)

Dans un deuxième temps, Vergnaud avance que chaque classe de situation, pour qu'elle puisse être traitée, « *appelle des opérations de pensées précises qu'il faut analyser dans le détail* » (ibid., p. 248). À ce sujet, l'auteur ajoute :

Ces opérations de pensée reposent toujours sur la reconnaissance d'invariants, soit qu'il s'agisse d'extraire une propriété, une relation ou un ensemble de relations (c'est-à-dire mobiliser une situation), soit qu'il s'agisse de lui appliquer un théorème vrai, non nécessairement explicite.

(loc. cit.)

Dans un troisième temps, puisqu'il existe différentes représentations symboliques, Vergnaud ajoute que certaines « *explicitations verbales sont évidemment utiles ou indispensables pourvu qu'elles renvoient de manière équivoque aux éléments pertinents de la situation (et ce n'est pas toujours le cas)* » (loc. cit.)

Ainsi, Vergnaud propose qu'un concept renvoie simultanément à trois ensembles, soit « *à plusieurs situations, à plusieurs invariants, à plusieurs symbolisations possibles* » (loc. cit.). Portugais rappelle que, dans le champ de la

didactique, cette « *théorisation de Vergnaud montre que le concept s'articule et se précise d'une manière à la fois objective et complexe* » :

La notion de champ conceptuel se veut l'expression de cette complexité. La théorie des champs conceptuels se penche donc sur les rapports entre sujet et savoir d'un point de vue cognitiviste, fournissant ainsi le cadre théorique nécessaire à la prise en compte de ces rapports.

(op.cit, p. 53)

Au terme de cette dernière section du deuxième chapitre dédié à la présentation de notre recension des écrits, rappelons que la présente thèse vise *une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle du maître débutant qui, dans le contexte de la classe ordinaire, se retrouve dans des situations d'enseignement où il est appelé à repérer et intervenir sur l'erreur arithmétique commise par un élève dans l'exécution d'un algorithme de division.* (cf. supra, p. 24). C'est par la description des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire, dans lesquelles le nouvel enseignant travaille les erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, de même que leur analyse à partir d'un cadre de référence élaboré à partir des travaux de Vergnaud, que nous atteindrons cette visée. Dans le chapitre suivant, dédié au cadre de référence, nous identifions les concepts issus de la théorie des champs conceptuels retenus pour cette recherche et précisons comment ceux-ci s'articulent pour nous amener à comprendre le travail de l'erreur ainsi que l'activité conceptuelle du maître en action.

CHAPITRE TROISIÈME

CADRE DE RÉFÉRENCE

Ayant déjà introduit la problématique de recherche et recensé les écrits, ce troisième chapitre se consacre à la présentation de notre cadre de référence. Défini par Fortin, comme « *l'agencement des concepts et des sous-concepts déterminés au moment de la formulation du problème pour soutenir théoriquement l'analyse ultérieure de l'objet d'étude* » (1996, p. 93), celui-ci représente le lieu d'interprétation de nos questions et nos données de recherche à la lumière de la théorie des champs conceptuels. D'abord, nous expliquons comment certains concepts issus des travaux de Vergnaud sont utiles pour comprendre le travail de l'erreur. Ensuite, nous précisons la notion de *situations du travail de l'erreur* et exposons l'idée de *schème-travail de l'erreur*¹. Ces deux concepts interreliés sont essentiels pour notre étude ciblant l'activité conceptuelle qui sous-tend l'activité de l'enseignant débutant. Au terme de ce chapitre, nous soumettons nos hypothèses de travail.

1. THÉORIE DES CHAMPS CONCEPTUELS ET TRAVAIL DE L'ERREUR

1.1. Appui sur la théorie des champs conceptuels pour comprendre le travail de l'erreur

L'analyse de l'activité du maître dans le contexte de la classe ordinaire relève de nombreuses difficultés d'ordres théorique et méthodologique. Comme le

¹ Précisons dès lors que le *schème-travail de l'erreur* est une idée avancée par Portugais en 1992 (publiée en 1995) et explorée dans le cadre de cette étude. Il n'est donc pas défini au départ. Une caractérisation initiale est donnée dans ce chapitre, mais c'est par nos chapitres d'analyse que nous tenterons d'éclairer son fonctionnement. Le lecteur notera que, puisqu'il concerne les opérations cognitives, nous ne pouvons prétendre définir le *schème-travail de l'erreur*. Nous espérons, en revanche, pouvoir contribuer à sa caractérisation. De plus, rappelons que, dans cette thèse, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division. Nous reprenons l'expression « travail de l'erreur », telle que définie par Portugais (1992; 1995; 1996). De ce fait, l'expression « *schème du travail de l'erreur* », se rapporte uniquement à l'activité du travail de l'erreur dans la division.

souligne Zaragosa, ceci peut s'expliquer par la complexité de la tâche ainsi que par le caractère imprévisible des réactions des élèves et des prises de décision du maître (2006, p. 91). En s'adaptant aux particularités d'une situation d'enseignement, le maître régit son action en fonction d'un important réseau de connaissances qui lui est propre. Ce qui rend l'étude de l'activité enseignante complexe, c'est surtout cette activité conceptuelle, difficilement accessible pour le chercheur. Or, la théorie des champs conceptuels, développée par Vergnaud (1985; 1991a; 1994), paraît pertinente pour accéder à une meilleure compréhension des phénomènes didactiques liés à l'activité du maître et ce, pour deux raisons.

D'un côté, les concepts de cette théorie sont utiles à l'étude du rôle qu'assume l'enseignant en fonction de l'activité cognitive de l'élève. Dans un texte publié en 1994, Vergnaud a lui-même identifié les grandes catégories d'actes dans l'activité du maître². D'un autre côté, cette théorie encadre de façon significative la compréhension des phénomènes didactiques liés à l'activité conceptuelle de l'enseignant. Cette seconde perspective, dans laquelle nous inscrivons la présente recherche, s'éloigne du champ d'application généralement attribué aux travaux de Vergnaud puisqu'elle concerne les sujets adultes. Or, c'est précisément dans cette optique que s'est inscrite la thèse de Zaragosa, soutenant l'existence du schème de l'*interaction verbale didactique* (2000). Ce travail ciblant des maîtres « en exercice » a été réalisé sous la direction de Vergnaud.

Dans les deux prochaines sections, nous spécifions comment les concepts de la théorie des champs conceptuels se prêtent à ces deux niveaux d'analyse en ce qui concerne le travail de l'erreur qu'effectue le maître débutant en classe ordinaire³. Ceci nous permet d'effectuer une présentation détaillée des activités de

² Nous présentons ces catégories d'actes dans la section 1.1.1 du présent chapitre (cf. infra, p. 95).

³ Le lecteur se rappellera que nous ne prenons pas appui, dans le cadre de la présente recherche, sur l'ensemble de la théorie des champs conceptuels. Nous ciblons certains éléments, choisis spécifiquement en fonction de ce cadre de référence. Entre autres, nous sommes consciente du fait que les aspects langagiers de cette théorie ne sont pas entièrement pris en considération. Ceci s'explique par le fait que ces concepts nécessiteraient une autre étude afin de leur rendre justice.

diagnostic et d'intervention sur l'erreur, mais aussi de préciser comment les concepts de Vergnaud sont inhérents à l'atteinte de notre objectif général. Rappelons que cette thèse vise *une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle du maître débutant qui, dans le contexte de la classe ordinaire, se retrouve dans des situations d'enseignement où il est appelé à repérer et intervenir sur l'erreur arithmétique commise par un élève dans l'exécution d'un algorithme de division* (cf. supra, p. 24).

1.1.1. Les rôles assumés par l'enseignant dans le travail de l'erreur

En 1994, Vergnaud distingue deux grandes catégories d'actes dans l'activité de l'enseignant, soit *le choix de la situation proposée à l'élève*⁴ et *l'action sur les composantes du schème de l'élève*. Nous nous appuyons sur ces catégories afin de décrire le travail de l'erreur et spécifions ainsi le rôle qu'assume l'enseignant en fonction de l'activité conceptuelle de l'élève.

Le travail de l'erreur, rappelons-le, s'effectue en situation d'enseignement, auprès d'élèves effectuant une division euclidienne. Il concerne le repérage et l'intervention sur la procédure erronée. Or, le rôle du maître s'entame bien avant que l'élève commette une erreur; il débute en amont de la classe, lorsque l'enseignant *choisit une situation*, c'est-à-dire les calculs algorithmiques (cf. supra, p. 37). L'exécution d'une ou plusieurs divisions en colonne constitue une situation dite « *de réinvestissement* » pour l'élève (Vannier-Benmostapha, 2002). En ce sens, elle lui permet de s'exercer à effectuer cette procédure particulière, un « entraînement » qui est nécessaire à l'automatisation de son *schème-algorithme* (cf. supra, p. 11 et 40)⁵.

Mentionnons d'ailleurs que Zaragosa, dans sa thèse sur les schèmes de l'interaction verbale didactique chez l'enseignant (2000), a particulièrement ciblé les aspects langagiers.

⁴ Ici, le terme « situation » réfère à une activité de résolution de problème; « *on attend toujours du sujet [élève] une production : dessiner une figure ayant certaines propriétés, calculer une certaine grandeur, faire une conjecture, formuler une question pertinente* » (Vergnaud, 1994, p. 182).

⁵ Précisons que les enseignants qui font l'objet d'études de cas dans la présente étude œuvrent dans des classes de 3^e cycle du primaire; leurs élèves n'en sont donc pas à leur première expérience en matière d'exécution d'algorithme de division. Comme nous l'avons précisé lors des deux premiers chapitres (cf. supra, p.11 et 40), l'algorithme de la division euclidienne, en lui-même, constitue un schème. Brun, Conne et l'équipe genevoise ont eu recours à cette notion particulière de *schème-*

Choisir une situation consiste à opter pour un algorithme déjà produit (provenant d'un manuel d'exercices par exemple) ou à construire une tâche en sélectionnant les variables numériques. Rappelons que le choix des nombres a une « incidence déterminante sur les productions écrites des élèves » (Portugais, 2002a, p. 1). Les valeurs ne peuvent être déterminées au hasard si le maître cherche à faire émerger des erreurs particulières (ibid., p. 2). Mentionnons que le choix d'une situation se rapporte aux intentions didactiques dites « préalables »⁶, c'est-à-dire les buts que poursuit le maître avant la mise en place de la séquence didactique, de même que ses anticipations⁷.

Cette première catégorie d'actes amènera l'enseignant à proposer une situation comprenant un ou plusieurs algorithmes, comme $45\,211 \div 47$. L'élève, n'étant pas encore considéré comme un expert en division, doit alors mobiliser les connaissances conceptuelles et procédurales nécessaires à l'exécution de la tâche (Brun et Conne, 1991). Dans l'exemple précédent, elles ciblent surtout le travail multiplicatif, compte tenu du choix du diviseur et du début du dividende. De cette activité mathématique résulte une procédure juste ou une procédure erronée.

Après avoir choisi cette tâche arithmétique, l'enseignant, qui est « à l'interface entre le contenu mathématique et les apprenants, va intervenir sur les formes mêmes d'organisation de l'activité par les élèves » (Zaragoza, 2006, p. 98).

algorithme afin de préciser la part de la connaissance qui entre en jeu dans le caractère organisé des erreurs. Plusieurs connaissances sont essentielles à l'exécution d'une division. Ainsi, les erreurs des élèves sont comprises « comme des tentatives d'adaptations actives de l'élève à la situation » (Brun, Conne, Lemoyne et Portugais, 1994, p.129). Lors de ce processus, l'élève forge lui-même ses règles; ses constructions originales peuvent ou non diverger des règles proposées par l'enseignement. De ce fait, les erreurs ne résultent pas d'une absence de contrôle conceptuel ou sémantique chez l'élève. Plutôt, « c'est le réglage de ce contrôle qui lui reste à trouver, d'où ses erreurs; il négocie [...] différentes contraintes, qui sont chez lui de véritables connaissances, sans aboutir encore à l'équilibre que constitue le schème algorithme » (loc. cit.).

⁶ Les intentions didactiques préalables constituent un concept issu du modèle des intentions didactiques de Portugais (1998b, 1999a). Elles ont lieu *a priori*, c'est-à-dire avant la mise en place d'une séquence didactique et demeurent relativement conscientes et sont plus ou moins explicites. Par conséquent, certaines sont écrites, mais plusieurs restent muettes. De nombreuses intentions préalables continuent à se forger dans les heures et les moments qui précèdent la leçon.

⁷ En ce qui concerne notre dispositif de recherche, nous n'offrons au maître ni formation, ni matériel didactique. Notre visée est d'étudier l'activité du maître dans les conditions les plus naturelles possibles.

Pour cela, il doit se référer à son « *répertoire d'actes de médiation qu'il utilise selon les élèves, la situation et son expérience* » (loc. cit.). De ce fait, si une erreur est identifiée par le maître et que celui-ci décide d'amener l'élève à en prendre conscience, la mise en place d'une stratégie d'intervention est réalisée. Différents aspects de l'activité conceptuelle de l'élève peuvent être concernés par différentes stratégies d'intervention sur l'erreur. Ce travail spécifique de l'erreur se rapporte à ce que Vergnaud appelle une *action sur les composantes du schème de l'élève*. Les exemples suivants illustrent cette idée :

○ Premier exemple

L'enseignant peut intervenir par la mise en œuvre d'une stratégie où il intervient sur la numération de position (Stratégie $F_{j,2}$ de la typologie de Portugais, 1995). Nous pouvons illustrer cette stratégie à l'aide de cet exemple : « *Combien y a-t-il de dizaines dans le nombre 45 211?* ». Cette action lui permet d'agir sur les aspects syntaxiques de l'activité mathématique; elle fait appel au sous-schème⁸ du nombre ainsi qu'au sous-schème de la valeur de position, soit deux composantes du *schème-algorithme* de division. C'est ce que Portugais appelle le contrôle des actes de l'activité de l'élève (cf. supra, p. 56-57).

○ Deuxième exemple

L'enseignant peut intervenir par la mise en œuvre d'une stratégie où il remet en contexte l'opération, en ajoutant un contexte de situation problème à l'algorithme (Stratégie $G_{i,3}$ de la typologie de Portugais, 1995). Illustrons cette stratégie à l'aide d'un exemple: « *Un carreleur pose 45 211 tuiles de céramique dans une salle rectangulaire comprenant 47 rangées. Combien y a-t-il de tuiles par rangées?* ». Cette action lui permet d'agir sur les aspects sémantiques de l'activité mathématique; elle fait appel, entre autres, au sous-schème du partage,

⁸ L'expression « sous-schème » réfère à un schème élémentaire compris dans un schème plus complexe. Par exemple, les tables de multiplication constituent un sous-schème du schème-algorithme de division. L'élève devrait détenir les concepts, règles d'action et connaissances nécessaires à l'exécution de multiplications s'il est pour réussir l'exécution d'une division. Toutefois, d'autres concepts, règles d'action et connaissances sont nécessaires pour exécuter le calcul. Ainsi, c'est dans un sens de sous-routine qu'est utilisée l'expression sous-schème.

une composante essentielle du *schème-algorithme* de division. C'est ce que Portugais appelle le contrôle du sens de l'activité de division (cf. supra, p. 56-57).

L'action de l'enseignant sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève est effectuée pendant l'échange didactique. Elle se rapporte spécifiquement aux intentions didactiques dites « en-acte » du maître⁹. Cela dit, il est possible pour l'enseignant de planifier ou prévoir des interventions (intentions didactiques préalables), mais leur mise en place effective est réalisée en fonction des évènements.

Au terme de cette présentation du travail de l'erreur, en fonction des catégories d'actes définies par Vergnaud, nous tenons à mentionner que c'est surtout *l'action sur les composantes du schème de l'élève* qui est ciblée par la présente étude¹⁰. Sans négliger *le choix de la situation proposée à l'élève*, notre intérêt se situe dans l'activité même du repérage et de l'intervention de l'erreur, c'est-à-dire dans les intentions didactiques en-acte de l'enseignant¹¹. Nous précisons cette idée dans les paragraphes qui suivent en exposant comment les concepts issus de la théorie de Vergnaud constituent une aide précieuse et significative pour comprendre l'activité conceptuelle de l'enseignant.

⁹ Les intentions didactiques « en-acte » apparaissent pendant le déroulement de l'activité. Elles sont nombreuses et beaucoup plus précises que les intentions préalables (d'après Portugais, 1998b).

¹⁰ Nous reconnaissons que cette catégorie d'actes dans l'activité de l'enseignant entraîne le questionnement suivant : l'enseignant peut-il véritablement agir sur la cognition de l'élève? N'ayant pas directement accès aux composantes du schème du sujet, le maître ne peut vraiment connaître les effets de son action (il n'est pas dans sa tête). On pourrait alors ici parler de *tentatives d'action* sur la cognition de l'élève. Cela dit, notre cadre théorique se fonde sur la théorie des champs conceptuels telle qu'elle fut élaborée par Vergnaud et nous ne voulons aucunement modifier ses concepts. Par conséquent, nous conservons cette formulation *d'action sur les composantes du schème de l'élève* sans chercher à la nuancer.

¹¹ Afin d'éviter toute confusion, le lecteur notera qu'à partir de ce point, nous utilisons l'expression « Choisir une tâche arithmétique proposée aux élèves » et non « Choisir une situation proposée aux élèves. Le terme « situation » est uniquement employé en référence à la situation d'enseignement vécue par l'enseignant. Dans les pages suivantes, nous éluciderons ces propos.

1.1.2. Le travail de l'erreur : une activité conceptuelle complexe chez le maître

La théorie des champs conceptuels nous paraît pertinente pour accéder à une meilleure compréhension des phénomènes didactiques liés à l'activité du maître, car « *elle permet de révéler l'implicite des connaissances dans le déroulement de l'activité et donc d'inférer une conceptualisation de l'enseignant en acte* » (Zaragoza, op. cit., p. 91).

La conceptualisation est une notion d'origine piagétienne, placée par Vergnaud au cœur des processus cognitifs; elle désigne « *le passage de l'action à sa représentation cognitive¹² sur le plan supérieur [de la conscience]* » (Portugais, 1995, p. 46). Selon la théorie des champs conceptuels, c'est par le biais de l'interaction avec le réel que le sujet « *forme et éprouve ses représentations et conceptualisations, en même temps que celles-ci sont responsables de la manière dont il règle son action* » (Vergnaud, 1985, p. 246). En d'autres mots, l'activité conceptuelle du sujet est rythmée par les passages de l'action à sa représentation cognitive et de la représentation cognitive à l'action. Par conséquent, ce modèle théorique repose sur « *un principe d'élaboration pragmatique des connaissances* » (id., 1991a, p. 167). Comme le précise Vergnaud :

Parler d'élaboration pragmatique ne préjuge nullement de la nature des problèmes auxquels un concept nouveau apporte une réponse : ces problèmes peuvent être théoriques autant que pratiques. [...] Simplement, si l'on veut prendre correctement la mesure de la fonction adaptative de la connaissance, on doit accorder une place centrale aux formes qu'elle prend dans l'action du sujet. La connaissance rationnelle est opératoire ou n'est pas.

(ibid., p. 135)

¹² La représentation assume un rôle fondamental dans les processus de pensée et dans l'organisation des conduites supérieures. Selon Vergnaud, ce concept est indispensable à l'analyse de la formation des connaissances, mais aussi à l'analyse des processus de transmission des connaissances. Sa fonction principale est de conceptualiser le réel afin d'agir efficacement. De plus, elle « *intéresse la formation de l'expérience dans son ensemble, que cette expérience soit sociale ou privée, systématiquement organisée ou ouverte, discursive ou non discursive* » (Vergnaud, 1985, p. 245-246).

En rendant compte du rôle fondamental que joue l'interaction avec le réel dans les processus cognitifs, cette théorie cognitive s'emploie à décrire les connaissances acquises par l'expérience, c'est-à-dire le répertoire de situations vécues par un sujet ou l'*histoire individuelle*. De ce fait, la théorie des champs conceptuels se prête aux questions relatives à la formation des adultes et, plus précisément, à l'acquisition de connaissances et de compétences professionnelles via la pratique (id., 1994, p. 178). Ainsi, la portée de ce modèle théorique s'élargit, puisque, rappelons-le :

Les idées de filiations et de ruptures [entre les connaissances] concernent également les apprentissages de l'adulte, mais ces derniers s'effectuent sous des contraintes qui sont davantage de l'ordre des habitudes et des biais de pensée acquis que de l'ordre du développement de l'appareil psychique. Chez l'enfant et l'adolescent, les effets de l'apprentissage et du développement cognitif interviennent toujours conjointement.

(id., 1991a, p. 135)

Dans le cadre de cette étude, nous soutenons que le travail de l'erreur, tel qu'il a été présenté précédemment, entraîne une importante activité conceptuelle chez l'enseignant. En d'autres mots, le fait de repérer une erreur dans une procédure et d'agir sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève, par la mise en œuvre de stratégies d'intervention, constitue une activité professionnelle, sous-tendue par des mécanismes cognitifs précis. Expliquons cette idée.

Lorsqu'un algorithme de division est présenté à l'élève (après avoir été choisi par le maître), celui-ci s'engage dans une activité mathématique. Pendant l'exécution du calcul ou une fois celle-ci achevée, l'enseignant se lance, quant à lui, dans une activité de diagnostic. Ceci lui permet de constater si la procédure est juste ou erronée. Le repérage de signes d'erreurs s'effectue soit par l'observation de la production de l'élève, soit par un questionnement didactique; il peut alors être demandé à l'élève de verbaliser la procédure, de l'expliquer ou de proposer une autre façon de faire (Portugais 1995, p. 132).

Nous considérons que l'activité de diagnostic constitue en soi une activité conceptuelle de la part du maître. Pour analyser la procédure de l'élève, l'enseignant mobilise ses connaissances numériques et numérales contenues dans son propre *schème-algorithme* (et ses sous-schémes). De même, il se réfère à ses connaissances concernant les erreurs (par exemple, l'erreur d'inversion dans la soustraction, du placement du dividende, etc.). L'enseignant débutant s'appuie sur ce répertoire à chaque fois qu'il vérifie l'exécution d'un algorithme de division. Cette forme de va-et-vient entre l'action de diagnostiquer une erreur et la mobilisation sur le plan supérieur de connaissances spécifiques à cette activité constitue un acte de conceptualisation du réel chez le sujet en début de carrière.

Lorsque la procédure de l'élève est erronée, l'activité de diagnostic laisse place à l'activité du travail de l'erreur, une autre activité professionnelle sustentée par des mécanismes conceptuels précis. Ces deux activités enseignantes sont liées entre elles. Comme le précise Portugais, « *l'activité diagnostique obéit à une nécessité didactique puisqu'elle est un travail préparatoire à l'intervention. [...] Le travail diagnostique est donc l'antécédent obligé du traitement de l'erreur (il faut identifier avant de pouvoir traiter, comme en médecine)* » (ibid., p. 133). Toutefois, si la procédure est juste, l'activité conceptuelle du travail de l'erreur n'est pas engagée et le maître passe à autre chose (vérification d'une autre procédure, gestion de classe, etc.). Ainsi, le travail de l'erreur, tel qu'il est entendu dans la recherche actuelle, ne peut se réaliser sans la présence d'une erreur arithmétique¹³.

Nous considérons que la procédure erronée constitue un problème à résoudre pour le maître. L'enseignant, qui reconnaît une erreur et met en œuvre des stratégies permettant à l'élève d'en prendre conscience, se retrouve au cœur même d'une situation particulière. En nous appuyant sur la théorie de Vergnaud, nous proposons le concept de « *situation du travail de l'erreur* » afin d'identifier

¹³ De ce fait, précisons que les autres types d'erreur qui ne sont pas de nature arithmétique, comme les erreurs relevant de la transcription des nombres, ne seront pas à l'étude dans le cadre de ce travail de recherche.

ce phénomène. Il s'agit d'une situation d'enseignement spécifique dans laquelle le maître repère une erreur arithmétique et décide d'intervenir¹⁴. En d'autres mots, l'erreur d'un élève représente une situation problématique qui entraîne l'enseignant dans un travail réflexif sur les choix, décisions et actions qu'il effectue en fonction de la procédure erronée. Chaque *situation du travail de l'erreur* est distincte; par ses particularités, elle présente des contraintes et des possibles à l'activité du maître.

Lorsqu'il intervient sur l'erreur, le maître ne fait pas qu'appliquer un moyen d'intervention quelconque; il vise à exercer, dans cette situation d'enseignement particulière, un contrôle sur l'activité mathématique de l'élève (que celui-ci soit lié à l'aspect numéral ou numérique). Rappelons que la mise en place d'une stratégie constitue une action sur la cognition d'autrui, et plus précisément une *action sur les composantes du schème-algorithme de l'élève*. Soulignons que l'expression « *stratégie de travail de l'erreur* » a d'ailleurs été choisie par Portugais afin de marquer le « *caractère didactique hautement finalisé* » des interventions que réalise l'enseignant (op. cit., p. 165).

Nous soutenons ainsi que le travail de l'erreur constitue une importante activité conceptuelle de la part du maître. Pour intervenir sur la procédure de l'élève, l'enseignant se réfère, encore une fois, à son propre répertoire de connaissances disponibles, antérieurement formées. Il mobilise les connaissances contenues dans son *schème-algorithme* (et ses sous-schémes), mais il se réfère aussi aux connaissances concernant les erreurs (comme les erreurs de tables, la segmentation, etc.) et les stratégies d'intervention sur les procédures erronées (comme faire refaire la procédure, demander d'effectuer la preuve, etc.). Ainsi, nous postulons que cette activité conceptuelle est extrêmement complexe; pour travailler l'erreur de l'élève, l'enseignant doit coordonner, entre elles, les différentes connaissances provenant de son répertoire, tout en prenant compte des éléments de la situation d'enseignement. En relevant les informations pertinentes

¹⁴ Spécifions que si le maître décide d'ignorer l'erreur, pour toute raison, ou s'il ne peut intervenir à cause des contraintes particulières (fin de la période, par exemple), le travail de l'erreur cesse.

de la situation et en mobilisant les connaissances appropriées, l'enseignant débutant coordonne les actions qui lui permettront de traiter le problème. Ainsi, nous postulons qu'il existe un *schème-travail de l'erreur* chez l'enseignant débutant, soit une organisation de la conduite pour une classe de situations particulières, les *situations du travail de l'erreur*. En d'autres termes, le fait de repérer une erreur et d'agir sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève l'ayant produite (par la mise en oeuvre d'une stratégie d'intervention) entraîne, sur le plan supérieur, la mobilisation d'un schème spécifique propre au maître.

Vergnaud dit que « *la pensée est un geste* » (1994, p. 179). Agir sur la cognition d'autrui constitue également un geste; cette action est même fréquente chez le maître en classe ordinaire. Comme toute interaction avec le réel, l'action sur le *schème-algorithme* entraîne un processus de conceptualisation chez l'individu enseignant. Ce processus est rythmé par les passages de l'action sur la cognition de l'élève à sa propre représentation cognitive et de sa propre représentation cognitive à l'action sur la cognition de l'élève. À ces mécanismes, déjà complexes, s'ajoute le fait que l'enseignant n'a jamais complètement accès aux résultats de son action sur le *schème-algorithme* de l'élève (il n'a point la capacité d'entrer « dans sa tête »). Il peut seulement inférer certains effets de son travail à partir de la conduite des actes de langage¹⁵ et des réactions non verbales de l'élève. Nous croyons que cette dynamique entre deux activités conceptuelles rend l'analyse du travail de l'enseignant particulièrement riche et intéressant à décrire au moyen de ce modèle théorique.

Le lecteur comprendra que nous ne nous appuyons pas sur la théorie des champs conceptuels pour définir le rôle de l'enseignant; celui-ci est bien connu. Notre référence aux concepts de Vergnaud est effectuée afin de documenter le travail de l'erreur qu'effectue l'enseignant débutant en classe ordinaire et surtout d'étudier les processus cognitifs en jeu dans cette activité spécifique. Par l'analyse des actions posées dans la classe ordinaire, nous cherchons à révéler l'implicite de

¹⁵ L'expression « actes de langage » est tirée des travaux de Zaragosa (2006).

ses connaissances et ainsi témoigner, du moins en partie, de ces mécanismes conceptuels chez l'enseignant en début de carrière. Dans la prochaine partie de ce troisième chapitre, nous détaillons comment nous atteindrons cette visée, en articulant les idées proposées dans les pages précédentes au sujet des notions de situation et de schème.

2. ÉTUDE DES SITUATIONS D'ENSEIGNEMENT SPÉCIFIQUES AU TRAVAIL DE L'ERREUR ET SCHÈME-TRAVAIL DE L'ERREUR

Selon Vergnaud, le « *schème est relatif à une classe de situations dont les caractéristiques sont bien définies* » (1991a, p. 140). Puisque sa définition renvoie systématiquement à la notion fondamentale de situation, nous devons, d'abord et avant tout, situer cette dernière dans le cadre de notre recherche. Nous verrons alors que l'analyse des situations d'enseignement spécifiques au travail de l'erreur est une démarche essentielle permettant de mettre en relief les mécanismes cognitifs qui sous-tendent l'activité du maître et ainsi soutenir l'idée d'un *schème-travail de l'erreur*.

2.1. Situation du travail de l'erreur en classe ordinaire

Rappelons que, dans la théorie des champs conceptuels, le concept de situation se limite au sens habituellement accordé par le psychologue, c'est-à-dire qu'il ne prend pas la signification de *situation didactique*, mais plutôt celle de tâche. « *L'idée étant que toute situation complexe peut être analysée comme une combinaison de tâches dont il est important de connaître la nature et la difficulté propres* » (ibid., p. 146). Ainsi, la notion de situation soutenue dans le cadre de cette recherche, celle de Vergnaud, « *se veut plus étroite que ce qu'elle est chez Brousseau* » (Portugais, 1995, p. 48).

En nous appuyant sur la théorie des champs conceptuels, nous proposons le concept de « *situation du travail de l'erreur* » afin d'identifier ce phénomène. Nous soutenons que l'enseignant qui reconnaît une erreur et met en œuvre des stratégies permettant à l'élève d'en prendre conscience se retrouve au cœur même

d'une situation problématique; il effectue des raisonnements et coordonne son action dans le but de trouver une solution. C'est alors que prend place un échange didactique entre un enseignant ayant identifié une erreur et l'élève ayant produit la procédure erronée.

La *situation du travail de l'erreur* implique donc deux conditions essentielles. Premièrement, la procédure doit présenter, au minimum, une erreur. En fait, elle s'entame avec le diagnostic de l'erreur (celle-ci doit être repérée par l'enseignant). Deuxièmement, l'enseignant doit décider d'intervenir par la mise en œuvre de stratégies d'intervention sur l'erreur. Il doit ainsi chercher à amener l'élève à prendre conscience de l'erreur, par le biais d'interactions didactiques¹⁶. Que cette visée soit atteinte ou non, n'est pas l'objet de cette recherche; ce qui nous intéresse, ce sont les choix, décisions et actions mis en œuvre par l'enseignant pour travailler l'erreur.

Ainsi, la *situation du travail de l'erreur* a lieu en classe et fait partie du contexte quotidien de la pratique professionnelle de l'enseignant. Précisons que celui-ci est responsable des tâches qu'il présente à l'élève, de même que son activité de diagnostic et son travail de l'erreur. En d'autres mots, il est autonome et doit assumer pleinement ses rôles dans le cadre du travail de l'erreur (que ce soit sur le plan des choix de tâches arithmétiques présentées à l'élève ou des actions posées sur la cognition de celui-ci). De ce fait, ce type de situation s'oppose aux tâches présentées dans un dispositif expérimental précis où les contraintes sont soigneusement contrôlées¹⁷.

2.1.1. Le « réel » de l'enseignant : les situations du travail de l'erreur

Chez le sujet, les situations sont vécues une par une et, avec le temps, celles-ci s'accumulent progressivement. Vergnaud utilise le terme « d'histoire »

¹⁶ Les interactions didactiques comprennent les actes de langage, les gestes et indices non verbaux effectués entre l'enseignant et l'apprenant au sein du système didactique.

¹⁷ Nous verrons, lors du quatrième chapitre, que nous nous appuyons sur un dispositif d'observation en classe ordinaire où il nous sera possible d'identifier les *situations du travail de l'erreur* dans le déroulement de l'activité du maître en séance d'enseignement (cf, infra, p. 172).

afin d'illustrer ce phénomène (1991a). Ce qui caractérise le maître en première année de carrière, c'est le nombre limité de *situations du travail de l'erreur* éprouvées. Cet ensemble de situations, même s'il est restreint, correspond à ce que Vergnaud nomme le « *réel* » chez cet individu. Contrairement à Piaget, Vergnaud ne perçoit pas le réel comme « *un ensemble d'objets munis de propriétés et entretenant des relations avec d'autres objets, inscrits dans des systèmes contenant des objets de différents niveaux et en transformation* » (1994, p. 180). En d'autres mots, il n'effectue point une lecture du réel en termes de l'interaction sujet-objet. Ce didacticien le définit plutôt comme :

un ensemble de situations dans lesquelles le sujet est engagé de manière active et affective. Le réel est alors vécu sur le mode dramatique, avec les deux caractéristiques que sont l'action et l'émotion. Le concept de situation n'est pas nouveau, mais [...] je m'en tiendrai au sens très général que je viens d'évoquer, celui de la référence.

Ce n'est pas la même chose que de lire le réel en termes de situations et en termes d'objets. Bien qu'il ait développé le concept de schème, Piaget ne parlait que de l'interaction sujet-objet, pas de l'interaction sujet-situation. C'était une faiblesse théorique.

(loc. cit.)

Ainsi, c'est en référence à la situation et non plus à l'objet, comme le précise Vergnaud qu'il faut penser le fonctionnement cognitif. Par l'interaction du sujet avec le réel, soit l'ensemble de situations vécues, celui-ci forme et éprouve ses représentations et conceptions. Ces dernières sont, en même temps, responsables de la manière dont il règle son action en situation.

Ce point est fondamental pour la présente recherche : *le réel pour le maître novice, est constitué des situations d'enseignement dans lesquelles il agit sur les composantes du schème algorithme de l'élève, c'est-à-dire lorsqu'il traite l'erreur arithmétique*. L'interaction du sujet avec ce réel entraîne la formation et la construction de ses représentations et conceptions; celles-ci sont également responsables de la façon dont il règle sa conduite en *situation du travail de l'erreur*. En ce sens, l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur est

rythmée par les passages de l'action en situation à sa représentation cognitive et de sa représentation cognitive à l'action en situation. Par conséquent, *si nous voulons accéder aux mécanismes cognitifs qui sous-tendent le travail de l'erreur, nous devons procéder à l'analyse des situations du travail de l'erreur.*

Puisque ce type de situation est immergé dans le contexte de la classe ordinaire où se retrouve un ensemble d'informations peu ou pas utiles, il n'est ni facile, ni aisé d'effectuer son analyse. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous en avons identifié les paramètres; la *situation du travail de l'erreur* se compose de deux sous-tâches précises, l'activité de diagnostic de l'erreur et la mise en œuvre de stratégies d'intervention. Ainsi, elle s'entame avec l'identification d'une procédure erronée et se termine, idéalement, avec une procédure juste. Si l'analyse de situation provenant du quotidien est réalisable, Vergnaud précise toutefois que son traitement « *suppose à la fois l'identification des questions et celle des opérations à faire pour y répondre* » (1991a, p. 151). Ainsi, nous continuons à établir des liens entre ce que nous cherchons à observer dans les *situations du travail de l'erreur* et les questions de recherche définies au premier chapitre dans les pages qui suivent.

2.1.2. Le repérage réalisé en situation du travail de l'erreur

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'activité de diagnostic est effectuée par le biais de l'observation de la procédure ou du questionnement didactique (cf. supra, p. 100). Elle constitue l'antécédent obligé du travail de l'erreur et, de ce fait, de la *situation du travail de l'erreur*. Précisons que différentes activités sont possibles pour procéder à la reconnaissance effective de l'erreur.

L'enseignant peut repérer le lieu de celle-ci, c'est-à-dire « *identifier dans le déroulement de la procédure ou dans le résultat, ce qui apparaît comme étant erroné* » (ibid., p. 136). Il peut également reconnaître le point d'origine de l'erreur. Dans ce type de traitement, le maître novice focalise un élément spécifique du déroulement de la procédure et interprète cela comme étant l'origine de l'erreur.

À titre d'exemple, le nouvel enseignant a la possibilité d'indiquer l'absence de traitement du dividende partiel comme étant la cause d'une erreur particulière¹⁸. Par ailleurs, le maître peut reconnaître une configuration d'erreur en prenant en compte « *le fonctionnement algorithmique utilisé par l'élève pour déceler le type d'erreur* » (ibid., p. 137). La typologie de Brun ayant été étudiée en formation initiale, il est possible que l'enseignant débutant se réfère à ses connaissances antérieures sur les types d'erreur afin de réaliser son activité de diagnostic, ou même son recueil de notes (matériel didactique provenant du milieu universitaire). Il se peut alors que celui-ci emploie les termes exacts de cet outil didactique (en affirmant, par exemple, que telle erreur se rapporte au type 1.1a, la segmentation), mais la description de l'erreur peut également être effectuée en ses propres termes.

Bref, il existe différentes « façons » de repérer l'erreur. Toutefois, précisons que l'activité de diagnostic, si elle est inhérente à l'étude du travail de l'erreur, ne constitue pas l'objet d'étude principal de cette recherche. Nous cherchons seulement à répondre à la question « *Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître?* » (cf. supra, p. 21). Ici, il est simplement question d'une reconnaissance de l'erreur; nous ne demandons pas explicitement à l'enseignant de se prononcer sur la cause, ni d'expliquer comment il procède pour la trouver. Toutefois, nous serons attentive aux réponses spontanées offertes par les maîtres novices lors de nos études de cas.

2.1.3. Le travail de l'erreur réalisé en situation du travail de l'erreur

Au cœur de la *situation du travail de l'erreur* se trouve la mise en œuvre de la stratégie d'intervention afin de travailler la procédure erronée¹⁹. L'étude de

¹⁸ Spécifions que, compte tenu de la nature didactique de la présente recherche, nous demeurons prudente en ce qui concerne les attributions causales psychologiques comme l'oubli, le manque de concentration, etc.

¹⁹ Nous devons préciser qu'une stratégie du travail de l'erreur constitue un ensemble d'actes coordonnés ou de moyens divers mis en place en fonction de l'erreur arithmétique repérée. De ce fait, il est essentiel de considérer les actions du maître dans leur ensemble ; un comportement isolé n'est point un indicateur spécifique d'une stratégie particulière. Une conduite peut prendre différents sens selon la situation, les intentions du maître ou l'approche adoptée. C'est d'ailleurs

la *situation du travail de l'erreur* nous permet d'identifier les actions entreprises par le nouveau maître, une fois l'erreur constatée. Nous croyons que l'enseignant débutant n'ignore pas l'erreur et cherche à mettre en œuvre des moyens pour s'assurer que l'élève en prenne conscience. Quelles sont alors les stratégies choisies par le nouvel enseignant? Comment sont-elles déployées? Ainsi, nous tentons de répondre à la question « *Quelles sont les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées?* » (cf. supra, p. 21).

Selon nous, l'activité d'intervention sur l'erreur ne constitue pas une tâche statique, « bêtement » réalisée sans prise en considération des éléments qui composent la situation. Elle résulte, comme nous l'avons dit précédemment d'un raisonnement conceptuel particulier; en se référant à son propre réseau de connaissances, l'enseignant choisit de mettre en place le moyen qu'il juge le mieux approprié pour traiter le problème (la procédure erronée). Par conséquent, nous ne qualifierons pas les conduites adoptées en terme de « bonnes » ou de « mauvaises »; elles ne sont que plus ou moins efficaces, dans une situation d'enseignement donnée.

D'ailleurs, les activités de diagnostic et d'intervention sont tissées entre elles par des liens d'interdépendance. Comme le souligne Portugais, le travail de l'erreur résulte d'un raisonnement ayant pour double finalité de comprendre l'erreur et de mettre en place des interventions didactiques sur celle-ci (cf. supra, p. 13). Les actions mises en place subséquentement engendrent le succès de la *situation du travail de l'erreur* ou l'échec de cette dernière. Il est donc possible que la mise en oeuvre d'une stratégie spécifique ne permette pas à l'élève de détecter son erreur et ce, peu importe la raison. Comment l'enseignant intervient-il alors? Quelles sont les autres stratégies déployées par l'enseignant débutant après l'échec d'une première intervention? Par conséquent, nous posons la question « *Comment le maître novice travaille-t-il l'erreur arithmétique dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire?* » (cf. supra, p. 21).

avec l'intention d'éviter d'identifier un comportement à une stratégie que nous ciblons l'étude des situations du travail de l'erreur.

Grâce à l'analyse des *situations du travail de l'erreur*, nous documentons, dans leur ensemble, les choix, décisions et actions du maître novice. À partir de l'étude de cette organisation de la conduite, nous voulons éclairer les mécanismes cognitifs qui sous-tendent le travail de l'erreur. Ainsi, nous ne cherchons pas à établir une classification systématique des *situations du travail de l'erreur*. Nous visons seulement une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle du maître novice en instance de repérage et d'intervention sur l'erreur. Nous verrons, dans la section suivante, que ce travail analytique permet de repérer les indices nécessaires permettant de soutenir cette idée de *schème-travail de l'erreur*.

2.1.4. L'organisation de la conduite en situation du travail de l'erreur et le processus d'adaptation de l'enseignant débutant (assimilation / accommodation)

Chaque *situation du travail de l'erreur* est distincte; par ses particularités, elle présente des contraintes et des possibles à l'activité du maître. En plaçant la procédure erronée au centre de la *situation du travail de l'erreur*, nous soutenons que l'enseignant organise sa conduite dans le but de « traiter ce problème ». De ce fait, l'analyse de la coordination des activités de diagnostic et d'intervention du nouveau maître (c'est-à-dire les conduites observables) permet de repérer des indices témoignant de l'activité située sur le plan des structures cognitives. Plus précisément, elle rend possible la mise en relief du processus d'adaptation à la situation d'enseignement et, du fait même, du fonctionnement d'un *schème-travail de l'erreur*.

Vergnaud place la notion de schème au centre du processus d'adaptation des structures cognitives. Cela dit, Piaget est toutefois reconnu comme le premier à avoir mis en évidence que « *dans le processus d'adaptation au réel que constitue le développement de nos savoir-faire et de nos savoirs, ce sont en premier lieu les schèmes qui s'accommodent et se généralisent* » (Vergnaud, 1991b, p. 82). En nous appuyant sur cette idée, nous considérons que c'est dans le processus d'adaptation aux situations de travail de l'erreur que se situe le *schème-travail de*

l'erreur chez de l'enseignant débutant. Ainsi, en témoignant des mécanismes conceptuels de l'assimilation et de l'accommodation, à partir de l'analyse de conduites observables, nous postulons qu'il est possible de révéler l'existence d'un schème spécifique à cette activité. Nous expliquons longuement cette idée dans les pages qui suivent.

La théorie des champs conceptuels distingue deux catégories de classes de situations dont l'une « *pour lesquelles le sujet dispose dans son répertoire, à un moment donné de son développement et sous certaines circonstances, des compétences nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation* » (id., 1991a, p. 136). À titre d'exemple, lorsque le maître novice se trouve dans une situation d'enseignement où se retrouve l'erreur X, il peut décider de déployer la stratégie d'intervention Y. En prenant appui sur les informations contenues dans la situation et sur ses propres connaissances au sujet du travail de l'erreur, l'enseignant effectue des choix et coordonne ses actions dans le but de traiter l'erreur. Cet acte, s'il peut ou non amener l'élève à prendre conscience de son erreur, nous indique que le sujet possède, dans son répertoire, des connaissances antérieures spécifiques à l'erreur X et à la stratégie Y. Cette conduite typique de l'assimilation révèle qu'il y a mobilisation, sur le plan supérieur, de différents éléments cognitifs composant le *schème-travail de l'erreur*.

Par ailleurs, si l'analyse de l'organisation de la conduite du nouveau maître permet de constater que celui-ci déploie instantanément la stratégie Y à chaque fois qu'il repère l'erreur X, nous pouvons également témoigner de ce mécanisme d'assimilation. Cette action indique qu'il existe des relations de filiation particulières entre ses connaissances concernant l'erreur X et ses connaissances en lien avec la forme d'intervention Y. Dans ce cas précis, nous pouvons supporter l'idée d'un *schème d'action du travail de l'erreur*, c'est-à-dire un sous-schème déjà élaboré faisant partie intégrante du *schème-travail de l'erreur*. Il est certain que les automatisations caractérisent davantage ces situations particulières. À ce sujet, Vergnaud précise que :

L'automatisation est évidemment l'une des manifestations les plus visibles du caractère invariant de l'organisation de l'action. Mais une suite de décisions conscientes peut aussi faire l'objet d'une organisation invariante pour une classe de situations données. D'ailleurs, l'automatisation n'empêche pas que le sujet conserve le contrôle des conditions sous lesquelles telle opération est appropriée ou non. [...] En fait, toutes nos conduites comportent une part d'automatisme et une part de décision consciente.

(ibid., p. 138)

Cette conception du *schème d'action de travail de l'erreur* concorde avec l'hypothèse de travail formulée par Portugais à la suite de l'analyse des conduites de futurs enseignants dans son dispositif expérimental de 1992 (cf. supra, p. 66).

Rappelons donc que la présente recherche cible le maître débutant œuvrant dans la classe ordinaire et, comme le souligne Zaragoza, ce contexte est imprévisible (2006, p. 91). Nous considérons ainsi l'éventualité que la mise en œuvre d'une stratégie d'intervention ne permette point à l'élève de prendre conscience de son erreur et ce, pour de diverses raisons²⁰. Ainsi, la mobilisation d'un schème d'action ou même d'une partie du *schème-travail de l'erreur* ne peut garantir le succès de la situation d'enseignement. Selon Vergnaud, les schèmes « *sont souvent efficaces, pas toujours effectifs* » (1991a, p. 138). Lorsqu'un sujet emploie un schème inefficace dans une situation particulière, « *l'expérience le conduit soit à changer de schème, soit à modifier ce schème* » (loc. cit.). Cette réflexion nous conduit au questionnement suivant : Qu'effectue le maître si la stratégie d'intervention Y ne permet pas à l'élève de prendre conscience de son erreur X? Comment réagit-il si son action sur la relation qu'entretient l'élève au savoir mathématique en question échoue dans cette situation particulière?

D'un côté, il est possible que la conduite du maître soit marquée par la fluidité d'une nouvelle action, c'est-à-dire le déploiement d'une autre forme d'intervention, la stratégie Z. Nous considérons que le maître novice s'ajuste ici à

²⁰ Parce que la présente étude cible le travail de l'erreur qu'effectue le nouvel enseignant, nous ne chercherons pas à identifier les raisons, chez l'élève, pouvant justifier l'échec de l'intervention. Nous nous intéressons plutôt à l'organisation de la conduite du maître à la suite de cet échec.

la situation. Cette conduite constitue un autre indice du processus d'adaptation; il détient les connaissances antérieures nécessaires pour agir, malgré l'échec d'une première intervention. Parmi tous les éléments cognitifs composant le *schème-travail de l'erreur*, l'un d'entre eux est sélectionné en fonction de l'erreur X et de l'échec de la stratégie Y. Ceci permettra ou non à l'élève de prendre conscience de son erreur.

D'un autre côté, il est possible que sa conduite soit marquée par « *un temps de réflexion et d'exploration, des hésitations, des tentatives avortées* » (ibid., p. 136), de même que par la présence de formes dégénérées du travail de l'erreur (cf. supra, p. 65). Ceci indique plutôt que « *le sujet ne dispose pas de toutes les compétences nécessaires* » (loc. cit.) et témoigne, selon nous, d'un léger déséquilibre sur le plan conceptuel. Le maître novice se retrouve alors dans la seconde catégorie de classe de situation décrite par Vergnaud, démontrant que l'individu enseignant doit « s'accommoder ». Il peut alors modifier, décomposer, recombinaison, ou amalgamer ses connaissances antérieures (ou partiellement construites) pour arriver à traiter le problème²¹. Il s'agit d'un processus qui, selon Vergnaud, « *s'accompagne nécessairement de découvertes* » (loc. cit.). Cette « *ré-équilibration* » ou « *réorganisation* » nous conduit à la proposition d'un *schème-travail de l'erreur* « *en construction* » chez l'enseignant novice. Il possède, dans son répertoire, des connaissances spécifiques au travail de l'erreur, mais les relations de filiation et de rupture qui résident entre elles sont partiellement élaborées. Ceci témoigne du fait que l'apprentissage du travail de l'erreur est en cours de réalisation chez l'enseignant.

²¹ Ces connaissances particulières peuvent ou non être de nature didactique. Dans la présente recherche, nous tentons de repérer et d'analyser « *les filiations et les ruptures entre les connaissances sous l'angle de leur contenu conceptuel* » (Vergnaud, 1991a, p. 135) en ce qui concerne le travail de l'erreur chez les enseignants débutants. Nous nous ancrons dans le cadre de la didactique des mathématiques et, de ce fait, approchons l'étude de l'activité cognitive sous cet angle. Nous sommes consciente que la didactique ne constitue qu'une sphère du travail du maître novice ; celui-ci détient donc plusieurs autres connaissances se rapportant aux divers domaines de l'éducation. Si ce réseau spécifique au travail de l'erreur semble être clairement délimité dans le cadre de cette recherche, il est vraisemblable que l'activité cognitive de l'enseignant brise « *ces fragiles distinctions et unifie ces modes de contrôle en une pensée complexe* » (Brousseau, 1998). Par conséquent, il est possible de retrouver dans le travail de l'erreur de l'enseignant, des conduites sous-tendues par ces connaissances non-didactiques.

2.1.4.1. Quelques formes d'organisation de la conduite déjà identifiées à titre de phénomènes didactiques

Trois phénomènes didactiques concernant la mise en œuvre de stratégies d'intervention, soit la multiplicité, la mobilité et la cooccurrence, ont été relevés par Portugais en 1992, puis en 1995, auprès d'une population de futurs enseignants (cf. supra, p. 66). Il s'agit de formes d'organisation de la conduite que nous cherchons à analyser dans le cadre de la présente étude puisqu'elles permettent également de témoigner des mécanismes conceptuels qui sous-tendent le travail de l'erreur. De ce fait, le lecteur notera que ces trois phénomènes sont repris au sixième chapitre et réétudiés à la lumière du présent cadre de référence (cf. infra, p. 231).

○ La multiplicité des stratégies d'intervention

La multiplicité, rappelons-le, est le fait que de nombreuses stratégies sont utilisées lors d'une séquence où le maître est appelé à intervenir sur une ou plusieurs procédures erronées (Portugais, 1995). Deux aspects du travail de l'erreur peuvent être éclairés à partir de ce phénomène. D'un côté, le nouvel enseignant peut intervenir en utilisant des stratégies différentes sur des erreurs distinctes dans une même situation. (Réitérons qu'en 1991, Brun a identifié que l'erreur est fréquemment accompagnée d'une ou plusieurs autres erreurs dans un même algorithme). Ce phénomène montre le processus d'adaptation du maître aux deux éléments clés de la situation d'enseignement. D'un autre côté, le maître novice peut mettre en œuvre plus d'une stratégie en fonction d'une seule erreur. Ceci prête à deux interprétations.

D'abord, soulignons que la multiplicité témoigne, selon Portugais, « *de la recherche active de solution à ce problème didactique* » (op. cit., p. 225). Puisque l'enseignant est débutant, nous considérons que la multiplicité des stratégies indique qu'il « *tente de mettre en œuvre une importante variété d'éléments de solution à ce problème* » (loc. cit.), et ainsi permettre à l'élève de prendre conscience de son erreur. Puisque plusieurs moyens d'intervention sont mis en

place dans cette situation d'enseignement particulière, les conduites ne relèvent pas de l'automatisation. Alors, nous pouvons inférer que le maître ne détient pas toutes les connaissances nécessaires au traitement de la situation. Ainsi, il mobilise différents éléments d'un schème qui demeure « en construction ». Ceci le mène éventuellement à la réussite ou à l'échec.

Toutefois, nous demeurons prudente dans l'interprétation de la multiplicité, car cela peut être également lié à la *situation du travail de l'erreur* dans laquelle se retrouve le maître. Comme nous l'avons indiqué précédemment, il est possible que la mise en place d'une première stratégie ne permette pas à l'élève de détecter son erreur et ce, peu importe la raison (cf. supra, p. 111). Dans ce cas, ce phénomène indique plutôt la capacité d'adaptation du maître à la situation d'enseignement. *In situ*, l'enseignant fait des inférences et, constatant qu'une stratégie d'intervention n'est pas efficace, il calcule de nouvelles règles d'action et émet de nouvelles intentions didactiques. Au moyen de ce raisonnement, le maître en vient à mettre en œuvre une nouvelle stratégie d'intervention.

○ La mobilité des stratégies d'intervention

La mobilité est le fait que d'une séance à l'autre, les stratégies changent. Portugais remarque que certaines sont maintenues, d'autres sont remplacées. Certaines disparaissent avant de réapparaître parfois à la séance suivante (1995). Selon l'auteur, ce phénomène indique que l'enseignant se donne un terrain exploratoire. « *Cette mobilité n'est donc pas un signe de démarche erratique, mais elle désigne plutôt qu'un travail réflexif sous-jacent est en cours* » (op. cit., p. 226). En d'autres termes, cela montre que le maître novice explore et réfléchit aux stratégies; il apprend à les mettre en œuvre. Dans le cadre de cette recherche, ce phénomène est interprété en fonction du *schème-travail de l'erreur*, comprenant des connaissances spécifiques liées à différentes formes d'intervention sur l'erreur.

Par contre, si une stratégie est déployée, délaissée et reprise par la suite, lors d'une même *situation du travail de l'erreur*, ce phénomène peut également

témoigner d'un manque de contrôle de la part de l'enseignant lors de son action sur la cognition de l'élève. Cette difficulté, sur le plan du réglage des aspects syntaxiques et sémantiques, peut être plus ou moins importante selon la situation. L'organisation de la conduite du maître novice révèle la présence, sur le plan supérieur, de connaissances au sujet des stratégies d'intervention. Toutefois, puisque ce sujet réussit difficilement la mise en œuvre effective du travail d'intervention sur l'erreur, cette organisation de la conduite est typique de l'accommodation; il ne possède pas tous les éléments cognitifs nécessaires au traitement relativement rapide de la situation d'enseignement. En d'autres termes, nous pouvons dire qu'il apprend à traiter l'erreur arithmétique.

○ La cooccurrence de stratégies centrées sur le contrôle des actes et du sens

Rappelons que la cooccurrence renvoie au fait que des stratégies orientées sur le contrôle des actions surviennent dans le voisinage de stratégies ciblant le contrôle du sens, à l'intérieur d'une même séance. Selon Portugais, cela « *ne signifie pas qu'il y a incohérence dans la démarche du [sujet] mais plutôt qu'il y a absence ou incomplétude de coordination des différentes stratégies* » (ibid., p. 227). Différentes interprétations sont alors posées. Entre autres, l'auteur mentionne les *habitus pédagogiques* qui persistent concernant la mise en place de stratégies relevant de l'approche orientée sur le contrôle des actes et le fait que l'enseignant « *peut considérer que le travail sur le sens nécessite parfois de passer également par un travail sur les actes* » (loc. cit.).

Dans le cadre de la présente étude, il est possible que la mise en œuvre d'une stratégie d'une orientation spécifique ne permette pas à l'élève de détecter son erreur; le changement de forme s'explique alors par le fait que le maître s'adapte aux particularités de cette *situation du travail de l'erreur*. Encore ici, l'enseignant peut constater *in situ* qu'une stratégie d'intervention n'est pas efficace et il s'organisera alors en déployant une autre forme d'intervention sur la procédure erronée.

Toutefois, comme pour la mobilité, la cooccurrence de stratégies peut également démontrer une certaine défaillance chez l'enseignant, sur le plan du contrôle de l'activité mathématique de l'élève (numéral ou numérique). Cette difficulté, sur le plan du réglage des aspects syntaxiques et sémantiques, est typique de l'accommodation; le nouveau maître ne possède pas tous les éléments cognitifs nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation d'enseignement. Ici encore, nous pouvons penser qu'il apprend à mettre en œuvre des stratégies d'intervention sur l'erreur.

Au terme de cette présentation, nous retenons que les trois différentes formes d'organisation de la conduite déjà identifiées par Portugais sont sujettes à différentes interprétations. La multiplicité, la mobilité et la cooccurrence de stratégies prennent un sens selon la situation du travail de l'erreur dans laquelle elles se retrouvent. Pour obtenir des indices sur les mécanismes cognitifs qui soutiennent l'activité du maître, nous nous devons d'analyser ces phénomènes didactiques dans leur contexte.

2.1.4.2. Une adaptation à l'erreur et aux éléments de la situation ancrée dans le contexte de la classe ordinaire

Tout au long du présent chapitre, nous avons insisté sur l'idée que l'erreur arithmétique représente un véritable problème à résoudre pour l'enseignant. Nous postulons que l'enseignant débutant, en classe ordinaire, adapte et organise sa conduite en fonction de cet élément clé. Si nous insistons sur le fait que la procédure erronée détient, en soi, un rôle déterminant dans le travail de l'erreur, nous reconnaissons que les situations d'enseignement demeurent plongées dans le contexte imprévisible qu'est la classe ordinaire. Nous savons que l'enseignement des mathématiques est une activité complexe due en partie aux nombreuses responsabilités que doit assumer un maître dans la classe ordinaire.

Nous considérons ainsi que le maître placé en *situation du travail de l'erreur* risque d'organiser sa conduite en fonction de la procédure erronée de

l'élève, de même que certaines variables (internes ou externes à la situation). En ce sens, si ces particularités sont considérées à titre d'informations pertinentes, elles peuvent être prises en compte, dans les inférences et raisonnements que réalise le sujet *in situ*. Sachant que c'est par le biais de l'interaction avec le réel que le sujet « *forme et éprouve ses représentations et conceptualisations, en même temps que celles-ci sont responsables de la manière dont il règle son action* » (Vergnaud, 1985, p. 246), certains éléments peuvent marquer le travail de l'erreur. Ainsi, dans les pages qui suivent, nous offrons quelques exemples d'éléments, autres que l'erreur, pouvant nécessiter une adaptation dans l'organisation des conduites du maître novice.

○ L'élève ciblé par le travail de l'erreur

Comme le soulignent DeBlois et Squalli, un bon nombre d'intervenants scolaires ont tendance à se centrer d'abord sur l'élève, et ensuite sur la difficulté ou l'erreur rencontrée (1997; 2002). En effectuant le travail de l'erreur, l'enseignant novice agit sur la cognition d'un élève particulier. Par conséquent, le sous-système « élève » risque de constituer une variable d'importance en ce qui concerne l'activité d'intervention sur la procédure erronée.

Cela dit, précisons que nous ne disposons pas dans la présente recherche des moyens nécessaires afin de vérifier tous les aspects liés à l'élève pouvant marquer le travail de l'erreur du maître. Lors de l'analyse des situations d'enseignement observées, nous sommes surtout attentive aux réactions de l'élève en fonction des interventions du maître (la stratégie mise en place lui permet-elle de prendre conscience de son erreur? Comment l'enseignant adapte-t-il son activité, le cas échéant?). De même, lors des entretiens, nous sommes à l'écoute des représentations que possède le nouveau maître de l'élève ciblé par l'intervention, principalement en ce qui concerne les habiletés mathématiques (ou la relation qui existe entre l'élève et le savoir mathématique). Ceci nous permet d'établir des liens entre les stratégies mises en place et les représentations cognitives des élèves. Le lecteur notera toutefois que la qualité de la relation

existant entre le maître et l'élève ne sera pas à l'étude, car elle appartient à une sphère autre que celle de la didactique des mathématiques et nous en sommes parfaitement consciente²².

○ Le projet social d'enseignement

Si l'enseignant novice se retrouve au sein du système didactique, il ne faut pas omettre que ce dernier est ancré dans un système d'enseignement, « *étant donné que le projet d'enseigner est un projet de nature sociale* » (Portugais, 1995, p. 29). L'un des rôles du maître est de présenter à ses élèves des mathématiques d'école correspondant aux attentes du système d'enseignement (cf. supra, p. 29). L'influence de ce dernier n'est pas à négliger, puisque :

Les mathématiques que le professeur va faire avec ses élèves vont être en bonne partie médiées par des décisions prises en amont de sa classe : manuels, programmes, tendances pédagogiques, approches préconisées à son époque et dans son milieu, etc. Le professeur prend des décisions et mène ses interventions à la fois en relation avec ce que font ses élèves particuliers (qu'il connaît personnellement), mais aussi en relation avec les contraintes de l'école, du programme, du manuel, de l'examen de fin d'année, etc.

(id., 2000a, p. 2)

Nous considérons que les pratiques de l'école et particulièrement celles de l'enseignant doivent être envisagées « *comme des pratiques qui s'inscrivent dans des pratiques sociales conditionnées par une époque et un lieu déterminés* » (loc. cit.). Portugais identifie sous le nom d'*Intentio* « *l'intention didactique du système d'enseignement à l'endroit des objets de savoir et du sens de ces objets de savoir* » (1996, p. 10). De ce fait, nous reconnaissons que le projet social d'enseignement risque de jouer un rôle dans le traitement des erreurs que réalisent les enseignants débutants dans le contexte de la classe ordinaire.

En décrivant les situations d'enseignement, il nous est possible de repérer des pratiques sociales préconisées par le système d'enseignement, influençant les

²² En ce sens, nous ne prétendons pas que cela n'a point d'effet, mais plutôt que cet aspect n'est pas à l'étude dans le cadre de cette thèse.

choix, les décisions et les actions relatives au travail de l'erreur. Il s'agit ici d'éléments externes à la triade maître / élève / savoir mathématique qui sont pris en considération dans le raisonnement qu'effectue le sujet pour intervenir sur l'erreur. Nous savons que ces pratiques peuvent être encouragées par la direction, les intervenants scolaires (orthopédagogue, psychologue, conseiller pédagogique, etc.) ou les collègues enseignants²³. Toutefois, elles peuvent provenir du contexte scolaire comme tel, de matériaux didactiques privilégiés par l'établissement ou du Programme de formation de l'école québécoise. Par exemple, certaines recommandations ministérielles, si elles sont prises en considération par l'enseignant novice, risquent de marquer le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire. Plus précisément, la mise en place de stratégies risque d'être influencée par des pratiques préconisées par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport et encouragées dans l'environnement de travail²⁴.

○ Les savoirs didactiques travaillés en formation initiale

Nous savons que le nouveau maître occupe une position unique au sein du système didactique et qu'il est libre des contraintes du projet universitaire. Toutefois, compte tenu de son expérience limitée, il est possible que celui-ci se réfère aux savoirs didactiques travaillés en formation initiale pour organiser son

²³ Il est dit qu'un individu apprend non seulement à partir de ses propres expériences, vécues en situation, mais également à partir de l'apprentissage d'un pair, dont il partage une part d'expérience (Mercier, 1999). Vergnaud a d'ailleurs relevé ce fait, en ce qui concerne toutefois les élèves, indiquant que la « *mère, le maître, les aînés ou les pairs jouent à l'évidence un rôle dans le modelage des schèmes du sujet individuel* » (1985, p. 251). De ce fait, nous considérons que certaines pratiques sociales, parce qu'elles sont encouragées par des collègues de travail, peuvent être prises en considération par le novice en situation d'enseignement.

²⁴ Expliquons cette idée à l'aide de deux exemples :

Exemple 1 : Dans le Programme de formation de l'école québécoise, la compétence 1 en mathématique est de *Résoudre une situation-problème mathématique*. De plus, la compétence transversale 2 est *Résoudre des problèmes*. Ceci correspond à la conception interactionniste soutenue par le domaine de la didactique des mathématiques (construction des connaissances par la confrontation à une situation problème). Ces recommandations ministérielles peuvent influencer le travail de l'erreur, si l'enseignant se sent encouragé à employer la stratégie d'intervention orientée sur le contrôle du sens *Remise en contexte de l'opération*, i.e. ajout d'un contexte de « *problème* » à la tâche algorithmique ($G_i 3$, stratégie appartenant à l'approche didactique de la typologie de Portugais).

Exemple 2 : Le matériel scolaire peut encourager fortement le recours à la manipulation comme moyen d'intervention. Par conséquent, l'enseignant sera peut-être enclin à favoriser la stratégie orientée sur le contrôle des actes *Faire manipuler des objets* ($F_j 3$, stratégie appartenant à l'approche par remédiation de la typologie de Portugais).

enseignement de la division et orchestrer son travail de l'erreur. Rappelons que pour les enseignants de nos études de cas, la typologie des erreurs (Brun et Conne) et la typologie des 26 stratégies (Portugais) constituent deux outils présentés à titre de savoirs didactiques et étudiés en milieu universitaire (cf. supra, p. 34). Cela dit, réitérons que nous ne voulons pas évaluer le niveau de connaissance des maîtres en relation avec ces typologies. Nous demeurons seulement attentive, lors de l'analyse des conduites observables des enseignants débutants, aux traces et aux indices pouvant être rattachés à l'ancien système de formation.

Nous devons insister sur le fait que nous ne cherchons pas à dresser une liste exhaustive des éléments (internes ou externes à *situation du travail de l'erreur*) qui pourraient jouer un rôle dans le travail de l'erreur réalisé. Nous soutenons plutôt que l'erreur demeure l'élément clé négocié par le nouveau maître. Toutefois, puisque la situation d'enseignement est plongée dans le contexte de la classe ordinaire, nous envisageons la présence possible de variables pouvant être prises en considération lors des raisonnements et inférences que réalise l'enseignant novice *in situ*. Cette facette de l'étude des situations d'enseignement est effectuée dans le but de mieux comprendre le travail de l'erreur réalisé dans le contexte de la classe ordinaire, mais surtout de montrer les mécanismes cognitifs qui sous-tendent cette activité particulière. Elle nous permet de témoigner de la complexité du processus d'adaptation du maître, en plus d'obtenir des informations complémentaires, difficilement accessibles par la mise en place d'une ingénierie didactique où les variables environnementales sont strictement contrôlées.

2.1.5. L'organisation de la conduite en situation du travail de l'erreur et le schème du travail de l'erreur

En somme, l'analyse des situations de travail de l'erreur, puisqu'elle permet de documenter l'organisation de la conduite du maître novice, est essentielle, dans le cadre de la présente étude. C'est par cette démarche qu'il nous est possible de montrer les mécanismes cognitifs qui sous-tendent l'activité de

l'enseignant débutant, c'est-à-dire les mécanismes d'assimilation ou d'accommodation qui se mettent en place en fonction de l'interaction du sujet avec le réel, le réel étant composé de ces situations de travail de l'erreur et leurs particularités respectives.

En nous situant dans le prolongement des approches de Piaget avec l'enfant (1947) et de Vergnaud avec l'élève (1985, 1991a), nous plaçons les schèmes de l'enseignant au centre du processus d'adaptation des structures cognitives²⁵. Ainsi, c'est en prenant appui sur notre troisième question spécifique, « *Comment le maître novice travaille-t-il l'erreur arithmétique dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire?* » qu'il nous est possible de répondre à notre quatrième question « *Quels indices, observables dans la conduite du nouvel enseignant en situation de travail de l'erreur, témoignent des connaissances et des mécanismes cognitifs du nouvel enseignant* » (cf. supra, p. 21).

2.2. Schème-travail de l'erreur chez le maître novice

Décrite d'abord par Kant comme une « *totalité dynamique fonctionnelle* », puis par Piaget comme une « *entité fonctionnelle dynamique* », la notion de schème a été reprise et précisée plusieurs années plus tard par Vergnaud. Ce chercheur a appelé schème « *l'organisation invariante de la conduite pour une classe de situations données* » (1991a, p. 136). Ainsi, l'appréhension du concept de schème renvoie à l'analyse de plusieurs situations. Nous verrons, dans le chapitre prochain, que c'est à partir d'un dispositif de recherche combinant l'observation des *situations du travail de l'erreur* et des entretiens réalisés avant et après les séances d'enseignement qu'il nous est possible de soutenir l'idée d'un *schème-travail de l'erreur* (cf. infra, p. 144).

²⁵ C'est également dans le processus d'adaptation au réel que Zaragosa place le schème de l'interaction verbale didactique de l'enseignant (2006).

Il est soutenu que le schème n'est « *presque jamais mis en œuvre sans les inférences hic et nunc, et sans prise d'information sur le réel, puisque c'est cela qui lui donne son caractère opératoire et adaptatif* » (id., 1991b, p. 83). Comme nous l'avons précisé, la théorie des champs conceptuels suggère que « *les connaissances sont liées aux caractéristiques de la situation, celle-ci devient la référence* » (Zaragoza, 2006, p. 96)²⁶. Bref, ce processus d'adaptation :

peut éventuellement se faire sans grande difficulté, par combinaisons, adjonctions et différenciations simples, à partir des premières situations qu'ils permettent de maîtriser, éventuellement aussi par de véritables révolutions, c'est-à-dire des transformations et des recombinaisons radicales.

(loc. cit.)

Parce qu'il s'élabore via ce processus d'adaptation aux situations vécues, le *schème-travail de l'erreur* constitue une structure souple et vivante. Dans le cadre de cette recherche, il nous est impossible de témoigner de l'évolution à long terme du *schème-travail de l'erreur*. Toutefois, par l'analyse de l'organisation de la conduite des maîtres en *situation du travail de l'erreur*, nous pouvons montrer son caractère stable, mais également sa capacité d'adaptation et son fonctionnement dynamique. Ainsi, il correspond à la définition offerte par Vergnaud spécifiant qu'un schème :

est une totalité dynamique organisée (...) : on peut le définir comme une application (au sens mathématique) qui prend ses entrées (informations) et ses sorties (actions, commandes motrices) dans des espaces multidimensionnels. Le nombre de dimensions de chacun de ces espaces est éventuellement très grand, et en outre cette application est dynamiquement organisée et contrôlée. La psychologie cognitive se doit d'identifier des éléments macroscopiques significatifs, permettant des analyses fiables, des différenciations, des filiations.

(1985, p. 250)

La totalité que constitue le schème est composée « *d'une part de schèmes plus élémentaires* » (op. cit.). Rappelons que c'est ce qu'avaient précisé Brun et

²⁶ Contrairement à la lecture du réel qu'offre Piaget, en termes d'interactions sujet-objet.

Conne en proposant le concept *schème algorithme*, en citant, par exemple les sous-schémes du nombre, du partage, etc. (1991). Il en est de même pour le *schème-travail de l'erreur*. Il comprend, entre autres, des sous-schémes spécifiques, comme les *schèmes d'action du travail de l'erreur*, présentés précédemment (cf. supra, p. 111). Toutefois, ce qui caractérise particulièrement le *schème-travail de l'erreur*, est qu'il se situe en extension du *schème-algorithme*. Ce dernier, dans son entité, constitue une part élémentaire qui, par l'adjonction d'éléments cognitifs supplémentaires, devient une *totalité dynamique organisée* propre à l'enseignant. De ce fait, nous n'y retrouvons pas seulement l'ensemble des connaissances procédurales et conceptuelles nécessaires pour exécuter une division en colonne, mais, entre autres, des connaissances concernant les erreurs arithmétiques (comme les erreurs de tables de multiplication, par exemple) et de stratégies d'intervention (telles que retravailler la numérotation de position, la valeur des retenues et des emprunts). Il s'agit là « *d'éléments cognitifs distincts dont on peut percevoir les manifestations dans ce que peut faire et dire un sujet en situation* » (Vergnaud, op. cit.).

La théorie des champs conceptuels indique qu'il n'y a pas que les connaissances qui sont contenues dans le schème. Celui-ci se compose de quatre catégories d'éléments : des invariants opératoires, des règles d'action, des buts, intentions et anticipations, des possibilités d'inférence en situation. Nous les définissons rapidement et précisons, par la suite, comment celles-ci marquent la nature spécifique du *schème-travail de l'erreur* chez le maître novice.

2.2.1. Les composantes du schème-travail de l'erreur

Les invariants opératoires représentent le noyau dur du schème; ils « *pilotent la reconnaissance par le sujet des éléments pertinents de la situation, et la prise d'information sur la situation à traiter* » (1991a, p. 159). Ils regroupent deux grandes catégories : les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte. Vergnaud désigne par ces deux expressions « *les connaissances contenues dans les schèmes* » (ibid., p. 139). Précisons que les concepts-en-acte représentent « *les*

catégories qui permettent de prélever l'information pertinente en situation », tandis que les théorèmes-en-acte constituent « *les propositions tenues pour vraies par le sujet et qui lui permettent de traiter cette information* » (id., 1994, p. 181). Nous reconnaissons que pertinence et vérité constituent deux notions distinctes. De ce fait, un concept n'est considéré ni vrai ni faux; il n'est que pertinent ou non pertinent pour catégoriser l'information utile. Vergnaud soutient que les invariants opératoires proviennent d'une construction effectuée en situation. Ils constituent « *les éléments cognitifs qui permettent à l'action du sujet d'être opératoire* » (id., 1991a, p. 136). En d'autres mots, les concepts-en-acte et théorèmes-en-acte se situent au cœur du processus de conceptualisation chez le sujet :

L'expression « en acte » revêt un caractère extrêmement opérationnel, elle indique que les actes de médiation pourront être différents pour les enseignants pour un même type de situation, l'expérience du sujet au fur et à mesure des rencontres avec des situations nouvelles lui permet de se construire des catégories disponibles « qui permettent aux schèmes de trouver, dans les situations rencontrées les conditions de leur fonctionnement ».

(Zaragosa, 2006, p. 97)

Ce sont les invariants opératoires qui génèrent des règles d'action, soit une seconde catégorie d'élément du schème. Vergnaud soutient que celles-ci sont contextualisées en fonction des variables d'une situation d'enseignement. Les règles d'action de type « *si... alors...* » « *permettent de générer la suite des actions du sujet* » (1991a, p. 159). Elles sont observables mais difficilement explicites par le sujet. Les règles d'action constituent des indices, parmi d'autres, nous permettant de témoigner de la présence du *schème-travail de l'erreur* chez l'enseignant novice. Nous gardons donc à l'esprit que :

pour une situation reconnue, on peut avoir plusieurs sortes d'actions en réponse au problème (...), c'est l'organisation de ces actions qui est invariable et non les actions elles-mêmes. Les règles d'action, sans connaissance des invariants opératoires ne suffisent pas pour comprendre la conduite du maître car celui-ci fait toujours en situation des calculs inférentiels.

(Zaragosa, op. cit.)

Les inférences, soulignées dans l'extrait précédent, constituent une troisième composante du schème. Elles « *permettent l'ajustement de l'activité aux variables de la situation que le sujet retient en sélectionnant les buts et les règles les mieux adaptées* » (ibid., p. 98). Celles-ci demeurent difficilement observables dans l'action, tout comme les buts et anticipations. Ces derniers, constituant la quatrième composante, « *permettent de comprendre la fonctionnalité du schème, ils font partie de l'organisation de l'action* » (loc. cit.); ils se situent dans le cadre des intentions didactiques dites « en-acte » de l'enseignant (cf. supra, p. 98). Vergnaud indique que pour « *générer des buts, des règles et des actions en situation, il faut des propositions tenues pour vraies* » (1994, p. 181). Ces trois autres composantes du schème sont donc subordonnées à la première catégorie d'éléments.

En présentant ces quatre catégories d'éléments, l'auteur de la théorie des champs conceptuels a proposé un degré supplémentaire d'analyse du schème (id., 1985). Ce sont ces composantes du schème qui permettent « *de générer une classe de conduites différentes en fonction des caractéristiques particulières de chacune des situations de la classe à laquelle elle s'adresse* » (id., 1991a, p. 159). Leur considération, lors de l'analyse de situations spécifiques, est inhérente afin d'accéder à une meilleure compréhension des mécanismes conceptuels du maître débutant. En nous appuyant sur le travail de l'erreur qu'effectue le nouvel enseignant en classe ordinaire, il nous est possible d'illustrer les composantes du schème décrites par Vergnaud.

En *situation du travail de l'erreur*, le maître novice repère les informations pertinentes qui lui permettront de traiter le problème. Il identifie le lieu et le type d'erreur apparaissant dans la production algorithmique de l'élève. Rappelons que d'autres éléments (internes ou externes à la situation de travail de l'erreur) peuvent aussi être pris en compte par l'enseignant débutant. Ceci s'effectue nécessairement en s'appuyant sur ses propres connaissances au sujet de l'opération de division et des erreurs algorithmiques (invariants opératoires). À partir de l'ensemble de ces

éléments, soit les informations contenues dans la situation et les connaissances contenues dans le schème, le maître novice effectue des inférences (raisonnements) qui entraînent le calcul de règle d'action (du type, si tel élément se retrouve dans la situation de travail de l'erreur, j'interviens avec telle approche), l'émission d'intentions didactiques en-acte (je déploie cette stratégie particulière) et l'anticipation des effets de ces actions sur la procédure erronée (ce qui permettra à l'élève de prendre conscience de son erreur). Ce travail conceptuel lui permet de mettre en œuvre une stratégie d'intervention et de s'adapter au déroulement de la situation de travail de l'erreur. Cela dit, Vergnaud précise que :

(...) ni l'intentionnalité du sujet, ni les règles d'action ne peuvent à elles seules constituer un modèle acceptable du concept de schème. Sans conceptualisation implicite du réel, il n'y a ni intention ni règles. C'est pourquoi les invariants opératoires sont nécessaires à la théorie.

(1994, p. 181)

En ce sens, les connaissances numérales et numériques concernant l'algorithme, de même que celles concernant les erreurs ou les stratégies d'intervention constituent le noyau dur du *schème-travail de l'erreur*. Elles coordonnent et règlent la reconnaissance par l'enseignant débutant des éléments pertinents de la situation et la prise d'information sur la situation à traiter. L'analyse de l'organisation des conduites du maître, en situation de travail de l'erreur, nous permet ainsi de dégager une partie des invariants opératoires, soit les concepts et théorèmes explicites, observables dans l'action. Comme le mentionne Zaragosa : « *Les questions relatives aux théories implicites qui sous-tendent l'activité de l'enseignant (...) trouvent des réponses dans l'observation de classes ordinaires. Les enseignants ont des connaissances en acte qui sont de véritables compétences* » (2006, p. 94).

Précisons aussi que nous incluons, dans notre dispositif de recherche, des entretiens avant et après les séances d'observation afin d'obtenir une perspective

globale de l'activité du maître²⁷. Ces repères, à propos du travail réflexif réalisé avant, pendant et après la séance, nous permettent de mieux comprendre les buts, les anticipations et les intentions didactiques de l'enseignant, et d'identifier certaines règles d'action. Bref, en témoignant de différentes composantes, il est possible d'obtenir une vue d'ensemble du *schème-travail de l'erreur*.

Puisqu'il possède une capacité adaptative, le schème « *ne doit pas être enfermé trop étroitement dans le sens premier de sa définition* » (Portugais, 1995, p. 50). Rappelons que cette notion a entraîné des conséquences majeures pour la didactique puisqu'elle a permis de rendre compte de l'erreur sur le plan des organisations cognitives. Vergnaud mentionne que « *si l'histoire des sciences, des techniques et des autres savoirs sociaux montre l'existence de concepts et de règles erronées* », il en est de même lorsqu'il est question des connaissances privées et individuelles que constituent les schèmes (1985, p. 251).

Ainsi, nous ne serons guère surprise de voir apparaître, par l'analyse des conduites observables du maître novice, des éléments cognitifs non pertinents ou partiellement pertinents. Selon Vergnaud, il est possible d'observer chez les individus « *des faux invariants, des règles erronées ou partielles, des inférences aberrantes et des attentes aveugles* » (loc. cit.). Il précise qu'il s'agit là du « *prix payé par le sujet dans la construction de son expérience propre et dans l'appropriation des connaissances sociales* » (loc. cit.).

Par conséquent, nous tenons à documenter la mise en œuvre de stratégies d'intervention qui ne sont ni adaptées à la situation, ni efficaces. Nous voulons également décrire les cas où sont déployées des stratégies dégénérées. Rappelons qu'il s'agit d'une forme de déroute de l'emploi des stratégies d'intervention sur l'erreur, présentant de sérieuses incohérences avec la fonction qui devrait présider

²⁷ Le lecteur notera que nous précisons cette particularité de notre dispositif de recherche au quatrième chapitre lorsque nous établissons les fondements théoriques de notre travail de recherche (cf. infra, p. 144).

leur mise en œuvre²⁸. En d'autres mots, ce sont des actions réalisées avec l'intention d'intervenir efficacement, mais qui comportent des contradictions insoutenables, inadaptées ou presque absurdes²⁹.

Portugais soutient que les formes dégénérées indiquent que le maître est en train d'apprendre à mettre en œuvre des stratégies d'intervention, surtout en ce qui concerne les stratégies orientées sur le contrôle du sens (G). À cela, il ajoute que les formes dégénérées :

témoignent de la construction des connaissances qui est en cours (le [sujet] apprend à gérer l'erreur). Ceci montre que les coordinations dans la mise en œuvre des stratégies G sont parfois encore incomplètes. Les stratégies dégénérées semblent donc alimenter le travail cognitif du [sujet] pour lui permettre de réguler son action et de la faire évoluer vers des formes plus cohérentes. Les stratégies dégénérées participent donc de la majoration de l'action.

(id., 1995, p. 224)

Bref, précisons, encore une fois, que nous ne cherchons pas à qualifier les conduites de l'enseignant à titre de « bonnes » ou « mauvaises »; nous voulons uniquement procéder à la description raisonnée de celles-ci. La documentation des *situations du travail de l'erreur* où nous retrouvons des stratégies dégénérées, de même que des tentatives avortées, des échecs ou même des absurdités, est particulièrement importante dans le cadre de cette étude puisque nous considérons que ce phénomène est inhérent à la compréhension des mécanismes conceptuels chez l'enseignant. L'organisation de la conduite du maître témoigne alors de la complexité et de la difficulté de la mise en œuvre du travail de l'erreur, mais également de la présence, sur le plan supérieur, d'un *schème-travail de l'erreur* « en construction ». Il est essentiel pour nous de documenter, dans les situations d'enseignement, les traces du processus d'assimilation et d'accommodation qui sous-tendent l'activité professionnelle d'un maître novice. Ceci est vrai, même si

²⁸ Rappelons que la liste des stratégies dégénérées, publiée dans *Didactique des mathématiques et formation des enseignants* (1995), est présentée à l'annexe IV.

²⁹ Afin d'illustrer ces concepts, citons l'exemple de l'enseignant qui demande à l'élève d'estimer la taille numérique du résultat, une fois l'algorithme exécuté.

nous ne pouvons pas démontrer, dans cette recherche, le développement de ce schème particulier chez le maître novice³⁰.

2.3. Portrait du schème-travail de l'erreur de l'enseignant débutant

Au terme de ce chapitre destiné à la présentation des *situations du travail de l'erreur* et du schème spécifique qui s'y rapportent, nous insistons sur le fait que nous ne pourrons, dans le cadre de la présente recherche, témoigner d'une évolution sur le plan des processus cognitifs du maître. Nous verrons, dans le prochain chapitre consacré à la méthodologie, que notre dispositif expérimental se déroule dans une période de temps relativement restreinte. Nous cherchons plutôt à soutenir l'idée d'un *schème-travail de l'erreur* (et ses composantes) en précisant sa nature et son fonctionnement. Nous voulons montrer son caractère dynamique, s'adaptant aux particularités des *situations du travail de l'erreur*, de même que son caractère invariant, organisateur pour la conduite du maître novice. Nous visons, en quelque sorte, à dresser le portrait de ce schème spécifique à partir de l'analyse des situations vécues en classe ordinaire. Nous gardons toutefois à l'esprit qu'une faible partie de celui-ci peut être explicité par le sujet, comme le souligne Vergnaud :

Dans la science, concepts et théorèmes sont explicites et l'on peut discuter de leur pertinence et de leur vérité. Ce n'est pas nécessairement le cas pour les invariants opératoires. Concepts et théorèmes explicites ne forment que la partie visible de l'iceberg de la conceptualisation : sans la partie cachée formée par les invariants opératoires, cette partie visible ne serait rien.

(1991a, p. 144-145)

Nous sommes consciente que la documentation des situations d'enseignement réalisée dans la présente recherche nous permet d'accéder à une partie restreinte du *schème-travail de l'erreur* que possède le maître. Malgré cela, nous considérons notre démarche nécessaire afin d'accéder à une meilleure

³⁰ Une recherche à plus long terme aurait été nécessaire afin de démontrer une évolution du *schème-travail de l'erreur* chez les maîtres.

compréhension des mécanismes cognitifs à l'œuvre chez un enseignant en début de carrière, dans le contexte de la classe ordinaire. Puisqu'il s'agit d'une approche relativement nouvelle pour le cadre de la didactique des mathématiques et de la théorie des champs conceptuels, nous ne pouvons qu'insister sur le caractère descriptif de notre démarche.

3. HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

Nous retenons, dans le cadre de la présente étude, cinq hypothèses de travail générées à partir de notre cadre de référence. Elles s'appuient sur des concepts précis de la théorie des champs conceptuels et s'appliquent à des situations d'enseignement particulières.

H-1 *En situation du travail de l'erreur, l'enseignant débutant organise sa conduite dans le but de traiter la procédure erronée. Il coordonne ses choix, ses décisions et ses actions afin d'amener l'élève à prendre conscience de l'erreur commise dans l'exécution de l'algorithme de division.*

Nous savons que l'activité de diagnostic de l'erreur est liée à l'activité d'intervention sur celle-ci. Nous supposons ici que cette relation d'association s'explique par ce but du maître novice de traiter la procédure erronée. Dans ce contexte, il cherche seulement à amener l'élève à prendre conscience de son erreur, ce qui se différencie de certains résultats de recherche obtenus par Portugais en 1995 auprès des étudiants en formation initiale (cf. infra, p. 16).

H-2 *Lorsque le nouvel enseignant est appelé, en classe ordinaire, à reconnaître et intervenir sur une erreur, il fait face à un problème à résoudre. Dans ces situations d'enseignement particulières, la procédure erronée n'est pas nécessairement la seule variable qui est prise en compte par le maître novice.*

Nous savons que l'enseignant débutant se réfère à son propre répertoire de connaissances afin de repérer l'erreur et d'intervenir subséquemment sur celle-ci. Puisque ces situations prennent place dans le contexte de la classe ordinaire, nous supposons que ce sujet est appelé à négocier la procédure de l'élève, de même que certains autres éléments pouvant marquer la réalisation du travail de l'erreur. Sachant que le nouveau maître ne fait pas qu'appliquer arbitrairement un moyen d'intervention sur une erreur, nous pensons qu'il reconnaît également toutes les informations pertinentes de la situation dans laquelle il se retrouve avant d'intervenir. À partir de son répertoire de connaissances spécifiques, mais également de la prise d'information sur la *situation du travail de l'erreur*, l'enseignant débutant fait des inférences (raisonnements), calcule des règles d'action et émet des intentions didactiques. Cette activité conceptuelle lui permet d'agir sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève par la mise en oeuvre d'une stratégie d'intervention qu'il juge, à ce moment-là, appropriée. Cette action peut ou non amener l'élève à prendre conscience de son erreur.

H-3 En classe ordinaire, le maître débutant régule son travail de l'erreur en fonction du déroulement de la situation dans laquelle il se retrouve. L'activité de conceptualisation, réalisée sur le plan supérieur, lui permet d'effectuer ses ajustements.

Nous savons que le contexte de la classe ordinaire détient un caractère imprévisible. Nous supposons donc que si l'enseignant veut amener l'élève à prendre conscience de la procédure erronée, il cherchera à ajuster son travail de l'erreur *in situ*. Nous pensons que c'est l'activité de conceptualisation qui lui permet de réguler la mise en oeuvre des stratégies d'intervention. En ce sens, nous croyons que l'activité conceptuelle du novice en *situation du travail de l'erreur* est rythmée par les passages de la représentation cognitive à l'action et de l'action à la représentation cognitive. Selon le déroulement de la situation, il peut alors décider de maintenir un moyen d'intervention ou préférer un changement d'approche.

H-4 Pour l'enseignant qui œuvre dans le contexte de la classe ordinaire :

- **La mise en place de stratégies d'intervention faisant preuve d'un contrôle de l'activité conceptuelle de l'élève (qu'il soit numéral ou numérique), les conduites automatisées et les réajustements rapides sont des indices permettant d'identifier des éléments cognitifs déjà construits. Ces éléments de sa conduite indiquent que le novice possède les connaissances et les éléments cognitifs nécessaires au traitement des *situations du travail de l'erreur*. Ils témoignent du processus d'assimilation.**
- **Toutefois, les formes dégénérées du travail de l'erreur démontrant un manque de contrôle de l'activité conceptuelle de l'élève (qu'il soit numéral ou numérique), les incohérences du discours et les hésitations indiqueront plutôt qu'il y a tentative d'accommodation à la situation. Ces types de conduites nous permettent d'inférer des connaissances qui sont accommodées, conjuguées, décombinées, recombinaées ou même amalgamées. Elles témoignent du fait que le novice ne possède pas tous les éléments cognitifs nécessaires au traitement relativement immédiat des *situations du travail de l'erreur*.**

Grâce à la théorie des champs conceptuels, nous savons que l'analyse de l'organisation de la conduite du sujet permet de mettre en relief le processus d'adaptation. *C'est ainsi que l'implicite de ses connaissances d'un sujet peut être révélé.* En prenant appui sur les concepts proposés par Vergnaud, mais également quelques résultats de recherche de Portugais (1995), nous supposons que différents types de conduites adoptées par l'enseignant débutant témoignent parfois du processus d'assimilation, parfois du processus d'accommodation. Par conséquent, c'est grâce à l'analyse de la coordination de ses choix, décisions et actions dans le cadre de *situations du travail de l'erreur* particulières qu'il est possible d'obtenir des indices sur les mécanismes cognitifs spécifiques qui sous-tendent le travail de l'erreur.

H-5 L'organisation invariante de la conduite pour les *situations du travail de l'erreur* est appelée le *schème-travail de l'erreur*. Chez l'enseignant débutant, il est possible de caractériser ce *schème-travail de l'erreur* en témoignant du processus d'adaptation, de mécanismes cognitifs et de certaines connaissances spécifiques au travail de l'erreur.

L'analyse de l'organisation de la conduite du maître en *situation du travail de l'erreur* doit mettre en évidence le caractère dynamique et adaptatif de cette structure conceptuelle. Toutefois, ce sont les choix, décisions et actions témoignant du processus d'accommodation à la situation d'enseignement, comme les incohérences du discours ou les formes dégénérées du travail de l'erreur, qui permettent surtout d'en montrer les particularités. Nous pensons que ces conduites ne constituent pas des manquements; elles révèlent plutôt le caractère incomplet de ce schème chez le novice. Puisque l'enseignant en est à sa première année de carrière, nous postulons que ce schème demeure « en construction »; il n'a pas nécessairement atteint un état d'équilibre. Ainsi placé dans le contexte de la classe ordinaire, le nouveau maître s'adapte et fait ses propres expériences en matière d'intervention sur les procédures erronées³¹.

³¹ Nous ouvrons ici une courte parenthèse afin de justifier, encore une fois, le choix d'une population de novices pour une étude ciblant l'activité conceptuelle du maître qui repère et intervient sur l'erreur de division (cf. supra, p. 33). Comme l'élève qui en est à ses premières exécutions d'une division longue, le nouvel enseignant n'est pas un expert. Les conduites qu'il adopte en travaillant l'erreur témoignent parfois du processus d'assimilation, parfois du processus d'accommodation. Rappelons que Vergnaud place la notion de schème au centre du processus d'adaptation des structures cognitives. Il stipule que c'est en témoignant des mécanismes conceptuels de l'assimilation et de l'accommodation, à partir de l'analyse de conduites observables, qu'il est possible de repérer et caractériser un schème spécifique à une activité (cf. infra, p. 86 et 110). Or, selon la logique de la théorie des champs conceptuels, nous comprenons que les conduites d'un expert, telles que celles d'un maître avec plusieurs années d'expérience, témoigneraient surtout du processus d'assimilation. Pour caractériser le schème-travail de l'erreur, nous devons donc opter pour l'analyse de la coordination des choix, décisions et actions de sujets novices. Nous croyons que ce choix nous permettra d'obtenir de plus amples indices sur les mécanismes cognitifs spécifiques qui sous-tendent le travail de l'erreur.

3.1. À propos des cinq hypothèses de travail

À la suite de cette présentation des cinq hypothèses de travail, nous tenons à préciser leur rôle dans le cadre de la présente thèse. Spécifions que nous avons choisi de formuler des hypothèses dites « de travail » principalement pour des raisons heuristiques, c'est-à-dire pour nous aider à trouver, dans l'élaboration de nos études de cas, des repères significatifs et des événements caractéristiques du travail de l'enseignant débutant au sujet des erreurs de ses élèves. Il ne s'agit donc pas ici de valider ces cinq hypothèses, comme on le ferait dans le cadre d'une recherche statistique sur un grand échantillon. En ce sens, c'est pour effectuer un certain travail de mise en relation des gestes et décisions du maître qu'il est nécessaire de considérer ces d'hypothèses « de travail ». Il s'agit ici de structurer, au moyen des outils théoriques présentés dans notre cadre de référence, le travail d'analyse mené dans les études de cas qui seront présentées dans les chapitres suivants. Le lecteur comprendra donc que notre prétention n'est pas de tester une hypothèse classique, mais plutôt de fonctionner de manière heuristique, comme on le fait en contexte d'étude exploratoire et descriptive.

Ceci complète ce que le présent cadre de référence établit comme approche pour l'interprétation de ces phénomènes d'enseignement.

CHAPITRE QUATRIÈME

CADRE MÉTHODOLOGIQUE

Ayant préalablement établi la problématique, recensé les écrits et proposé un cadre de référence, le présent chapitre se consacre à la méthodologie. D'abord, nous exposons brièvement les méthodes privilégiées dans la présente étude. Nous présentons ensuite notre dispositif de recherche et précisons les choix relatifs à la collecte des données. Nous décrivons, par après, les techniques retenues pour effectuer le traitement et l'analyse des données. Le lecteur notera que nous accordons, tout au long de ce quatrième chapitre, une attention particulière aux différentes précautions méthodologiques et déontologiques entreprises pour cette étude.

1. MÉTHODES PRIVILÉGIÉES

Cette première partie du quatrième chapitre est consacrée à la présentation de nos choix méthodologiques concernant le type de recherche et l'échantillonnage.

1.1. Type de recherche

Comme nous l'avons déjà mentionné lors des chapitres précédents, la présente recherche s'inscrit dans les types d'études dites descriptives. Rappelons que c'est par la documentation du travail de l'erreur¹ réalisé en situation d'enseignement que nous tentons d'accéder à l'activité conceptuelle du maître novice œuvrant en classe ordinaire. En cherchant à étoffer les connaissances scientifiques déjà établies grâce aux travaux de Portugais, Vergnaud et Zaragosa, nous souhaitons accéder à une meilleure compréhension des différentes facettes du travail de l'enseignant. Comme le souligne Fortin :

¹ Rappelons que dans le cadre de cette étude, l'expression « *schème du travail de l'erreur* », se rapporte uniquement à l'activité du travail de l'erreur dans la division.

Dans les études descriptives, les concepts à étudier sont mieux connus que dans les études exploratoires. Toutefois, l'état des connaissances étant encore limité à ce niveau de recherche, les études descriptives visent à obtenir plus d'information soit sur les caractéristiques d'une population, soit sur les phénomènes pour lesquels il existe peu de travaux de recherche.

(1996, p. 161)

De ce fait, nous avons opté pour une méthodologie descriptive particulière ayant fait ses preuves pour différentes recherches ciblant le travail de l'erreur (Portugais, 1992; 1995; 1999c, ainsi que Portugais et Brun, 1998). Il s'agit de l'étude de cas, une méthode que nous présentons à l'instant.

1.1.1. L'étude de cas

L'étude de cas est une méthode, à la fois qualitative et descriptive, caractérisée par « *la souplesse avec laquelle il est possible d'accumuler des données* » (Fortin, op. cit., p. 165). Elle est définie comme étant une « *enquête empirique qui étudie un phénomène contemporain dans son contexte réel; quand les frontières entre le phénomène et le contexte ne sont pas clairement évidentes; et dans lesquelles des sources multiples d'évidence sont employées* » (Yin, 1984, tel que cité dans Benavent, 2005, p. 2).

L'étude de cas correspond aux besoins uniques de la présente recherche ciblant le nouveau maître en *situation du travail de l'erreur* puisqu'elle examine l'ensemble des variables afin de fournir un portrait général de situations ou d'évènements particuliers. Il est dit que :

Ce type d'arrangement complet est atteint par un processus connu sous le nom de description épaisse, qui implique une description détaillée de l'entité étant évaluée, les circonstances dans lesquelles il est employé, les caractéristiques des personnes impliquées dans lui, et la nature de la communauté dans laquelle elle est située.

(loc. cit.)

Efficace, entre autres, pour analyser « *les effets d'un changement chez un individu* », l'étude de cas peut aussi servir à « *vérifier une théorie* » (Fortin, op. cit., p. 164). Cette méthode n'est pas seulement utile aux recherches de type exploratoire; elle est avantageuse pour le chercheur qui emploie un modèle déjà existant afin de construire la vision descriptive de l'objet d'étude (Benavant, 2005). Comme nous nous appuyons largement sur la théorie des champs conceptuels afin de procéder à l'analyse des phénomènes didactiques relevant du travail de l'erreur chez les maîtres débutants, nous adhérons à ce type d'étude de cas spécifique, dite « *sur base d'une théorie précédente* » (ibid., p. 3).

Par ailleurs, soulignons que cette méthode offre la possibilité d'effectuer une étude approfondie d'un ou très peu d'objets de recherche. Le lecteur notera dans la section prochaine que notre échantillon est composé de trois nouveaux enseignants. L'emploi de l'étude de cas est adapté à cette réalité puisqu'elle vise l'obtention d'une « *connaissance vaste et détaillée* » des sujets concernés (ibid., p. 2)². L'information recueillie permet de mettre l'accent sur le contexte particulier, ce qui peut donner aux résultats de recherche « *un visage plus humain* » (ibid., p. 3).

En cherchant à établir une description détaillée des connaissances et des pratiques de travail de l'erreur de ce petit groupe de sujets, nous ne cherchons pas à généraliser nos résultats de recherche à d'autres populations ou situations. Fortin mentionne que cette méthode occasionne parfois des données pouvant être « *difficilement comparables* » (1996, p. 167). Rappelons que nous avons spécifié, lors du premier chapitre, que les résultats de cette recherche demeurent internes à la didactique des mathématiques. Nous cherchons à comprendre les choix, décisions et actions de ces trois maîtres novices en *situation du travail de l'erreur* et n'avons aucune ambition de généralisation. Par conséquent, les inconvénients reliés à ce type de recherche demeurent minimes si l'on considère la pertinence d'employer cette méthode pour explorer des phénomènes didactiques peu documentés dans les écrits scientifiques. Nous gardons toutefois à l'esprit que :

² Les critères de sélection pour cet échantillon seront explicités davantage dans la section 1.2 du présent chapitre (cf. infra, p. 140).

(...) si nous étudions avec attention toute unité d'un certain univers, nous serons dans des conditions de connaître quelques aspects généraux de celui-ci, au moins, nous aurons une perspective qui orientera une recherche postérieure.

(Benavant, op. cit., p. 2)

Bref, pour les diverses raisons précédemment énoncées, nous considérons que l'étude de cas constitue un choix méthodologique adapté aux besoins et limites de la présente recherche.

1.2. Échantillonnage

Le type d'échantillon choisi pour ce projet est un échantillon non probabiliste; il s'agit de l'échantillon volontaire (*voluntary sample*). Les membres de celui-ci font partie de la population des enseignants en première année de carrière. Ils répondent également aux critères de sélection suivants :

- L'enseignant en est à sa première année d'enseignement et doit avoir été formé aux typologies du travail de l'erreur, c'est-à-dire la typologie des erreurs (Brun et Conne) ainsi que la typologie des 26 stratégies d'intervention sur l'erreur (Portugais), lors de sa formation initiale³.
- Le nouvel enseignant doit détenir un contrat d'une durée assez longue (idéalement un minimum de quelques mois)⁴ en classe régulière.
- Il doit enseigner à des élèves de troisième cycle du primaire, soit la 5^e ou 6^e année⁵.
- La direction de l'établissement d'enseignement doit approuver le projet.

³ Rappelons que les justifications émises pour le choix de cette population se trouvent à la section 1.2 du second chapitre (cf. supra, p. 33) de même que dans une note de bas de page à la suite de la présentation de nos hypothèses (cf. supra, p. 134).

⁴ Ce critère de sélection se justifie par deux raisons. Premièrement, nous devons avoir assez de temps pour que prennent place toutes les séances d'observation. Deuxièmement, nous souhaitons qu'une relation soit déjà établie entre l'enseignant et ses élèves avant l'expérimentation. Ainsi, il est possible d'observer le travail de l'erreur que réalise l'enseignant débutant en classe ordinaire dans les conditions les plus « naturelles » possible.

⁵ Ce critère de sélection s'explique simplement par le fait que les élèves du troisième cycle ont déjà travaillé la division en colonne ; il ne s'agit pas d'un nouvel apprentissage.

Après avoir obtenu le consentement des participants et de la direction de l'école, nous avons offert les précisions suivantes au nouvel enseignant :

- Il participe à une recherche de l'Université de Montréal, en didactique des mathématiques, qui porte sur la division.
- Le dispositif de recherche comprend trois séances d'observation réalisées en classe ordinaire ainsi que des entretiens réalisés avant et après ces séances. De plus, une entrevue première et une entrevue finale entame et clôt le dispositif.
- Le sujet est responsable des tâches qu'il présente à l'élève pendant les séances (choix des algorithmes, présentation des activités, organisation des élèves, etc).
- Les interactions entre enseignants et élèves sont ciblées par cette recherche.
- Le chercheur souhaite avoir accès au contexte de classe le plus « naturel » possible. Ainsi, il agit à titre d'observateur seulement : il n'y a aucune interaction entre lui et l'enseignant ou lui et les élèves (malgré sa présence et celle de son équipement).

Puisque ces enseignants se sont portés volontaires, il semble possible d'assumer que les participants ont un intérêt envers les mathématiques et la recherche universitaire. Le fait que les volontaires ont généralement des caractéristiques psychologiques particulières (volonté de plaire, désir de connaître, besoin de régler des problèmes, etc.) est évoqué, d'ailleurs, comme argument au détriment de cette technique d'échantillonnage (Fortin, 1996). Nous sommes d'avis que le choix de l'échantillon volontaire est justifiable dans le cadre de notre étude, compte tenu de la nature de notre travail et de la difficulté à trouver des sujets appartenant à une population restreinte. Ces difficultés ont été notamment liées aux critères de sélection mentionnés précédemment, aux problèmes de leur disponibilité personnelle et au défi que représente la participation d'un sujet à un projet de recherche lors de sa première année de carrière.

1.2.1. L'échantillon

Pour constituer notre échantillon, un courriel a d'abord été envoyé à une trentaine d'anciens étudiants. Afin d'assurer une certaine continuité, ceux-ci ont obtenu leur brevet d'enseignement lors de la même année, graduant du programme de la formation à l'enseignement primaire de l'Université de Montréal. De plus, ces individus ont suivi, lors du même trimestre, la formation spécifique dédiée au travail à l'intérieur du cadre d'un cours régulier de la didactique de l'arithmétique⁶. La plupart des anciens étudiants contactés avaient mentionné leur intérêt à participer à un projet de recherche lors du baccalauréat.

Parmi les réponses positives reçues, nous avons choisi trois sujets au hasard. Par le biais d'un appel téléphonique, nous avons alors obtenu un consentement oral. Dans cet échantillon, nous retrouvons ainsi trois nouveaux enseignants qui ont travaillé les typologies de Brun, Conne et Portugais lorsqu'ils faisaient partie du milieu universitaire, dont :

- Une première enseignante de cinquième année, âgée de 24 ans, que nous avons renommée « Gina » dans le cadre de cette recherche. Elle œuvre dans une école publique de Deux-Montagnes, appartenant à la commission scolaire des Mille-Îles. Il s'agit d'une institution située en banlieue, accueillant une clientèle socioéconomiquement diversifiée, variant de moyenne à défavorisée. Son contrat, qui d'abord était indéterminé, s'est étendu du début de janvier jusqu'à la fin de juin, soit une durée de 6 mois.
- Une deuxième enseignante de cinquième année, également âgée de 24 ans, que nous avons renommée « Anna » dans le cadre de ce travail. Elle œuvre dans une école publique de Laval, appartenant à la commission scolaire de Laval. Il s'agit d'un milieu urbain, accueillant une clientèle socioéconomiquement défavorisée. Son contrat est d'une durée de 9 mois, soit du début d'octobre à la fin juin.

⁶ Mentionnons qu'aucune condition se rapportant à l'ancien système de formation n'a été altérée ; le segment portant sur le travail de l'erreur est le même pour tous les formés suivant cette formation, que ceux-ci participent ou non à la présente recherche.

- Un troisième enseignant de sixième année, âgé de 27 ans, que nous avons renommé « Simon » dans le cadre de ce travail. Il œuvre dans une école publique de Val-David, appartenant à la commission scolaire des Laurentides. Il s'agit d'un milieu rural, accueillant une clientèle socioéconomiquement défavorisée. Son contrat est d'une durée de huit mois, soit du début de novembre jusqu'à la fin de juin.

S'il nous est possible, à partir des résultats de recherche, d'établir certains liens de convergence ou de divergence entre ces trois sujets, rappelons que ce petit échantillon ne pourra point générer des résultats représentatifs de l'ensemble de la population. L'étude de cas nous permet de décrire le travail de l'erreur qu'effectuent Gina, Anna et Simon en situation d'enseignement. Une analyse fine de leurs conduites est nécessaire à l'inférence du *schème-travail de l'erreur*. Notre travail analytique ne mène pas à une description de la population entière, mais vise plutôt l'exposition de mécanismes cognitifs qui sous-tendent l'activité professionnelle de ces trois sujets.

Ceci met fin à la première partie de ce quatrième chapitre. Dans la partie suivante, nous présentons les nombreux choix méthodologiques effectués en fonction de notre cueillette des données.

2. MÉTHODOLOGIE DE COLLECTE DES DONNÉES

Cette seconde partie du quatrième chapitre est consacrée à la présentation des différents aspects se rattachant au procédé de la cueillette des données réalisée en 2003. Tout d'abord, nous exposons les fondements théoriques et méthodologiques de notre dispositif de recherche. Nous présentons ensuite les instruments de collecte des données conçus spécifiquement pour la présente étude. Puis nous décrivons quelques précautions méthodologiques entreprises lors de notre cueillette des données. Nous terminons cette seconde partie en exposant brièvement le volume du corpus des données.

2.1. Fondements théoriques et méthodologiques du dispositif de recherche

Dans le cadre de cette étude, nous avons conçu un dispositif de recherche nous permettant de cibler le travail de l'erreur qu'effectue l'enseignant débutant en classe ordinaire. Puisque nous ciblons les pratiques réalisées dans ce contexte particulier, il s'agit d'un dispositif méthodologique de collecte de données⁷. Nous procédons à sa description dans cette section.

Dans cette recherche descriptive, nous ne souhaitons pas *agir* sur le système didactique, mais cherchons plutôt à *comprendre* les différents phénomènes se rattachant à l'activité du maître qui reconnaît et intervient sur une erreur. D'un côté, nous cherchons à documenter le travail de l'erreur : Quelles sont les tâches algorithmiques choisies et présentées à l'élève? Si l'élève produit un calcul erroné, l'enseignant le repère-t-il? Quelles sont les stratégies déployées pour lui permettre de prendre conscience de son erreur? Quels moyens met-il en oeuvre afin d'agir sur la cognition de cet élève? D'un autre côté, nous ciblons l'activité conceptuelle de ce maître placé en *situation du travail de l'erreur* : Comment organise-t-il ses conduites pour amener l'élève à constater son erreur? Possède-t-il, dans son répertoire préalablement construit, les connaissances nécessaires à la résolution de ce problème? Dans l'affirmative, qu'est-ce qui, dans la coordination de ses actions, nous permet d'en témoigner? Quelle conduite adopte-t-il, le cas échéant?

Pour trouver réponse à ce questionnement, de même qu'à nos questions de recherche (cf. supra, p. 21), nous proposons un dispositif de collecte de données où sont combinés des séances d'observation et des entretiens. Les méthodes de l'observation et de l'entrevue possèdent des propriétés générales qui les caractérisent et les distinguent. Leur complémentarité constitue l'élément clé de notre dispositif de recherche puisque, comme le souligne Vermersch :

⁷ Précisons qu'il ne s'agit pas d'un dispositif expérimental s'appuyant sur le cadre d'une ingénierie didactique, comme l'avait fait Portugais auprès d'une population de futurs enseignants (1992; 1995). Un dispositif expérimental réfère plutôt à une organisation d'expérience intentionnelle dans laquelle sont placés des sujets dans des conditions particulières. Ceci est prévu pour des fins de recherche seulement.

Le problème de base quand on s'intéresse à la cognition c'est que c'est un objet d'étude inobservable. Il ne peut qu'être inféré, à partir d'éléments observables, comme le sont les actions du sujet, les traces ou les produits de ses actions, les verbalisations qui s'y rapportent, ainsi que les autres indicateurs non verbaux comme les mimiques, la gestualité, les directions du regard. Chacun de ces types d'observables n'est qu'un reflet partiel, plus ou moins déformé des raisonnements, des représentations, des connaissances mises en œuvre par le sujet.

(1991, p. 63)

Nous exposons, dès lors, une brève description de ces deux méthodes.

2.1.1. La méthode de l'observation

L'observation permet de sélectionner, enregistrer et coder l'ensemble des conduites du maître novice, se rapportant au travail de l'erreur.

« Par « sélectionner », on veut dire que les observateurs choisissent ou orientent leurs observations de recherche de façon délibérée » (Fortin, op. cit., p. 240).

Cette méthode nous permet d'entrer dans le contexte de la classe ordinaire, le milieu dans lequel œuvre l'enseignant novice.

Afin d'accéder à la réalisation d'un travail de l'erreur qui soit le plus « normal » ou « naturel » possible, nous avons opté pour une stratégie ouverte de type passive. Il est soutenu que « dans le modèle de la passivité, le chercheur recueille des données de nature surtout descriptive en observant la vie quotidienne du groupe, de l'organisation, de la personne qu'il veut étudier. Son intervention reste minimale » (Poupart, Deslauriers, Groulx, Laperrière, Mayer, Pires, 1997, p. 219). Par conséquent, la technique de l'observation demeure non participative; lors des séances, aucune interaction n'a lieu, ni avec l'enseignant, ni avec les élèves de la classe.

Le choix de l'observation s'explique par le fait que nous pouvons difficilement obtenir des données sur la façon dont les enseignants débutants reconnaissent et interviennent sur les erreurs de division des élèves, en classe ordinaire, en employant une autre technique. Nous reconnaissons son principal

inconvéniént qui est la présence d'un observateur et de son matériel (une caméra, les grilles d'observation, etc.) dans le milieu de travail du sujet. Cette présence pourrait interagir, quoique minimalement, sur les données recueillies. Nous avons donc pris quelques précautions méthodologiques à ce sujet (cf. infra, p. 180). Nous justifions ce choix, non seulement par la nature des données nécessaires à la présente recherche de type descriptive, mais également par sa complémentarité avec une seconde méthode que nous présentons à l'instant.

2.1.2. La méthode de l'entrevue

L'entrevue est considérée comme un mode particulier de communication verbale s'établissant entre le chercheur et les maîtres de notre échantillon. Il s'agit d'une démarche planifiée de collecte d'informations. Cette technique permet d'avoir accès à des données difficilement observables, venant compléter et enrichir les résultats de recherche. Toutefois, elle permet d'obtenir de plus amples informations concernant des faits observés. Le lecteur verra plus loin dans ce chapitre comment les données obtenues à l'aide de l'entretien augmentent la validité des informations recueillies par le biais de l'observation (cf. infra, p. 178).

Dans le cadre de cette étude, l'emploi de cette méthode se justifie d'abord par sa complémentarité avec celle de l'observation. Il est soutenu que la conjonction de ces deux techniques permet de joindre les forces de chaque approche tout en atténuant leurs limites. En combinant différentes perceptions, il est alors possible d'obtenir une meilleure vue d'ensemble de l'objet de recherche. Dans les pages qui suivent, nous expliquons comment la combinaison des méthodes de l'observation et de l'entretien, dans notre dispositif de recherche, constitue une démarche méthodologique essentielle à l'étude de l'activité conceptuelle du maître novice placé en *situation du travail de l'erreur*.

2.1.3. Présentation du dispositif de recherche

Ayant présenté les deux méthodes servant à recueillir des données, nous insistons sur le fait que notre dispositif de recherche se fonde, d'abord et avant

tout, sur l'observation de séances effectuées en classe ordinaire. Celles-ci ont lieu pendant les heures régulières d'école (avant-midi ou après-midi, selon les disponibilités de l'enseignant) et peuvent impliquer le groupe d'élèves en entier ou s'effectuer auprès d'un petit groupe d'élèves. Leur durée varie de 50 à 75 minutes, selon la nature de la tâche qui est présentée aux élèves. Mentionnons qu'elles sont enregistrées sur bande vidéo afin de permettre la transcription sous forme de protocole⁸. Notre dispositif compte trois séances d'observation, séparées par un laps de temps variant de quelques jours à une semaine.

Un entretien, effectué avec l'enseignant débutant, précède et succède chaque séance d'observation prévue. Ils sont menés en respectant un délai relativement court, d'environ 30 minutes en moyenne. Ces entrevues sont également enregistrées, sur bande audio toutefois, afin de permettre la transcription sous forme de protocole⁹. Mentionnons rapidement qu'elles ont lieu lorsque le maître novice n'a pas la charge de ses élèves, que ce soit avant ou après les heures de classe ou lors d'une période libre.

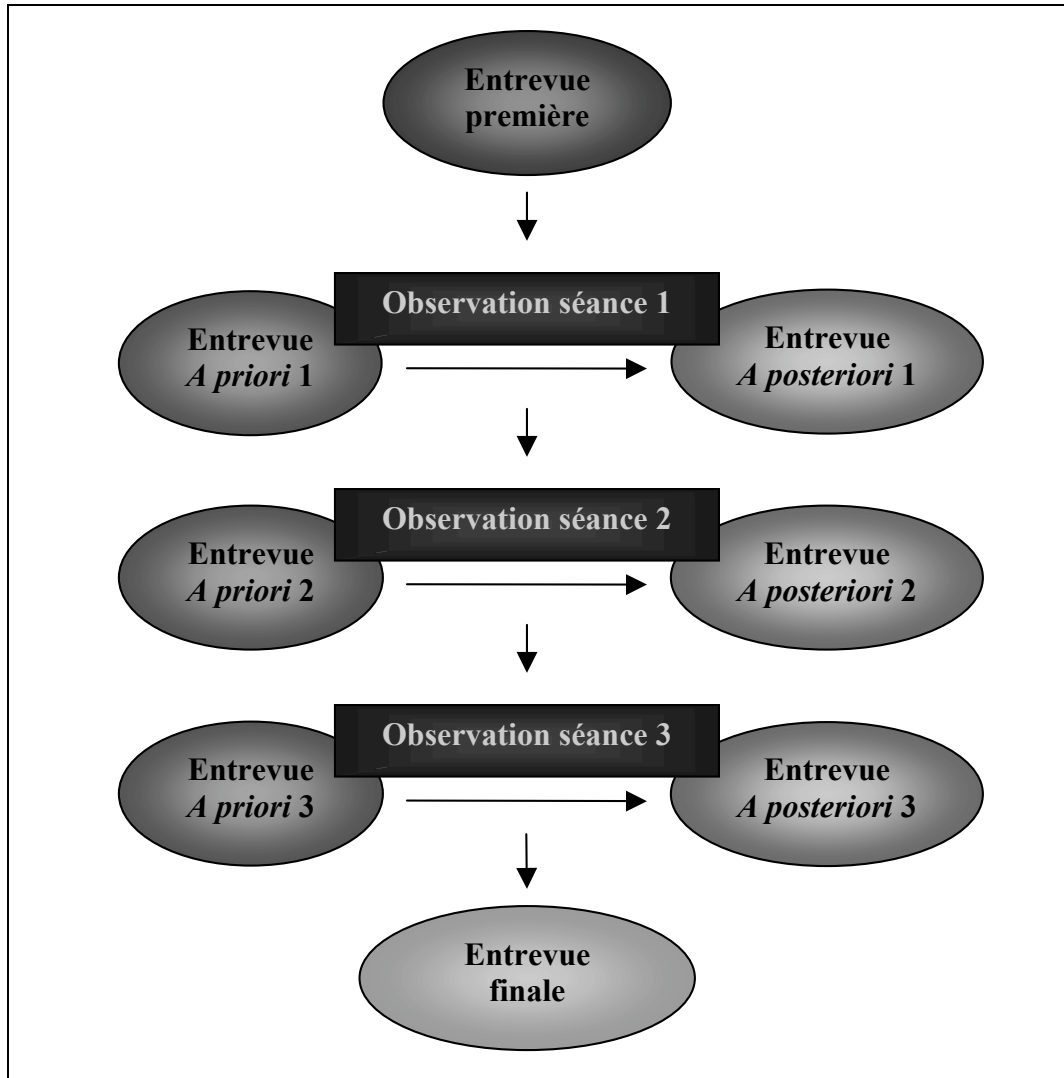
Deux autres entrevues encadrent cette série de boucles où s'alternent entretiens et observations. Elles permettent d'entamer et de conclure le procédé de cueillette des données¹⁰, dont la durée totale varie entre trois et cinq semaines, selon les disponibilités du maître. La figure 3, illustre notre dispositif méthodologique de cueillette des données. Le lecteur notera que les instruments permettant la collecte de données y sont nommés. Toutefois, leur présentation est décrite ultérieurement, à la section 2.2 du présent chapitre (cf. *infra*, p. 152).

⁸ Nous expliquerons ce procédé ultérieurement dans ce chapitre dans la section consacrée au traitement des données (cf. *infra*, p. 170).

⁹ Encore une fois, nous expliquerons ce procédé ultérieurement dans ce chapitre (cf. *infra*, p. 170).

¹⁰ Elles sont également enregistrées sur bande audio afin de permettre la transcription sous forme de protocole.

Figure 3
Dispositif méthodologique de cueillette des données en milieu de
pratique professionnelle de l'enseignant débutant



Selon Tavignot (1994), un cadre méthodologique s'inscrit toujours dans une démarche scientifique comprenant un cadre théorique qui permet de poser des questions et d'élaborer des hypothèses. Par conséquent, dans les paragraphes qui suivent, nous présentons brièvement les fondements théoriques de ce dispositif de recherche. Ceci a pour but d'offrir au lecteur une perspective générale de celui-ci, tout en démontrant comment il s'ancre dans une recherche visant à mieux

comprendre l'activité conceptuelle de l'enseignant novice placé en *situation du travail de l'erreur*.

2.1.3.1. Les séances d'enseignement observées

Par l'observation de séances d'enseignement, il nous est possible de recueillir des données sur les pratiques du maître novice concernant spécifiquement le savoir mathématique à l'étude, c'est-à-dire les opérations élémentaires et leurs algorithmes respectifs. Rappelons que le contenu mathématique présenté lors des périodes de classe demeure sous la responsabilité du nouvel enseignant; nous n'offrons au maître ni formation, ni matériel didactique (cf. supra, p. 105 et 141). Seules les précisions suivantes ont été émises : ces séances doivent se rapporter à l'opération arithmétique élémentaire de la division et les élèves doivent avoir l'occasion de participer activement. Spécifions que ce choix méthodologique est motivé par la visée d'étudier l'activité du maître dans les conditions les plus courantes.

Les séances d'observation contiennent une diversité d'informations, n'ayant pas nécessairement la même pertinence en rapport avec notre objet d'étude. Ceci s'explique par le fait que notre dispositif de recherche n'est pas régi par les règles plus strictes d'une ingénierie didactique, par exemple, où les variables sont rigoureusement contrôlées. Toutefois, l'observation de séances ordinaires nous permet de recueillir des données réelles, relatives à l'activité de diagnostic et du travail de l'erreur qu'effectue le novice. Précisons que ce sont ces données, constituant les situations d'enseignement spécifiques au travail de l'erreur, qui sont traitées et analysées dans le cadre de cette recherche. C'est ainsi qu'il nous est possible de décrire les choix, décisions et actions du nouvel enseignant, et par le fait même, repérer des règles d'action, des buts et des intentions didactiques dites « *en-acte* ». Bref, nous considérons que les séances d'observation se situent au centre de ce dispositif de recherche puisque l'analyse

des données obtenues par cette technique nous permet de documenter de véritables *situations du travail de l'erreur*, vécues par des enseignants débutants¹¹.

Cela dit, mentionnons que l'observation de plusieurs séances et, par conséquent, d'un plus grand nombre de *situations du travail de l'erreur* est nécessaire afin de repérer certaines organisations ou régularités dans les conduites du nouvel enseignant. De même, elle nous permet de constater l'importance ou, au contraire, le caractère moins prégnant de certains phénomènes didactiques.

2.1.3.2. Les entretiens encadrant les séances observées

Chaque séance observée est encadrée par deux entrevues ayant naturellement pour objet le travail de l'erreur. Les entretiens précédant les séances d'observation ont pour but de mieux connaître les intentions didactiques dites préalables de l'enseignant débutant. Les entretiens à la suite des séances sont mis en place afin d'amener le novice à verbaliser sa conduite en *situation du travail de l'erreur*. Ceux-ci sont d'ailleurs construits en fonction de la technique de l'entretien d'explicitation de Vermersch, une méthode que nous décrivons lors de la présentation de cet outil (cf. infra, p. 158). Cette technique nous permet d'inciter le novice à décrire les interventions réalisées après coup, sans sombrer dans le discours justificatif. En revenant sur les choix, les décisions et les actions des maîtres novices, il est possible de valider les règles d'action, buts et intentions didactiques observées en séance d'enseignement. Ces entretiens donnent également l'occasion de décrire les interventions qu'ils projettent mettre en œuvre sur des erreurs d'élèves, lors de séances prochaines.

C'est par le biais de ce va-et-vient entre les séances d'observation et les entretiens qu'il nous est possible de témoigner du travail réflexif effectué par le maître avant, pendant et après les situations d'enseignement spécifiques au travail de l'erreur. Lors de l'entrevue *a priori*, nous demandons au maître novice d'envisager certaines erreurs ainsi que les interventions qu'il anticipe

¹¹ Nous expliquons comment les données sont traitées afin d'atteindre cette visée particulière plus loin dans le présent chapitre (cf. infra, p. 171).

poser. Ensuite, nous observons les erreurs repérées et le travail d'intervention réellement effectué. Lors de l'entrevue *a posteriori*, nous incitons l'enseignant débutant à décrire les actions réalisées après coup. Il nous est alors possible de mettre en relief les intentions didactiques du maître novice dites préalables et en-acte, mais surtout de documenter comment il organise sa conduite dans le contexte de la classe ordinaire, en *situation du travail de l'erreur*. Cette démarche méthodologique nous permet d'étudier et de mettre en évidence certains passages de l'action à sa représentation cognitive et de la représentation cognitive à l'action. Nous obtenons des indices concernant l'activité de conceptualisation réalisée par le nouvel enseignant en *situation du travail de l'erreur*.

2.1.3.3. Les entrevues entamant et concluant le dispositif de recherche

Les entrevues première et finale encadrent notre dispositif de collecte de données. Elles nous permettent surtout d'obtenir des informations utiles venant compléter les données observées. Comme pour tous les entretiens de notre dispositif, celles-ci nous permettent de valider, par triangulation, nos interprétations de données issues de l'observation¹². Ces entrevues offrent également la possibilité de faire des rapprochements ou des différenciations entre les trois membres de notre échantillon. Ceci s'explique par le fait que les situations d'enseignement vécues en classe ordinaire sont uniques contrairement aux entrevues qui respectent un cadre qui ne varie point.

Bref, en nous appuyant sur notre méthodologie et notre cadre de référence, il nous est possible de recueillir des données sur les pratiques de l'enseignant débutant en classe ordinaire et d'analyser plus particulièrement leurs conduites en *situation du travail de l'erreur*. D'un côté, nous pouvons constater l'organisation et la régularité des actions chez le maître novice. En démontrant la constance et le caractère invariant de certaines actions, nous sommes en mesure d'inférer la présence de connaissances antérieures relatives au travail de l'erreur. Or, il est

¹² Nous revenons plus loin sur ce concept de triangulation dans le présent chapitre (cf. infra, p. 178).

également possible que ce travail analytique révèle certaines conduites désorganisées et des moments de ré-équilibre. Ces phénomènes témoignent plutôt du fait que l'enseignant débutant s'accommode à cette *situation du travail de l'erreur*; il ne possède pas tous les éléments cognitifs nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation. Tout compte fait, l'analyse des données issues de ce dispositif de recherche où s'alternent stratégiquement les séances d'observation et les entretiens, nous permet de placer le *schème-travail de l'erreur* au centre du processus d'adaptation des structures cognitives¹³.

Au terme de cette présentation de notre dispositif de collecte des données, nous tenons à souligner que celui-ci a été élaboré en fonction de nos trois objectifs spécifiques (cf. supra, p. 25). Rappelons que les paragraphes précédents voulaient offrir au lecteur une perspective générale de ce dispositif de recherche et de préciser comment celui-ci s'ancre dans cette étude visant à mieux comprendre l'activité conceptuelle de l'enseignant novice placé en *situation du travail de l'erreur*. Il va sans dire que les prochaines sections contribueront à la spécification des fondements théoriques de ce dispositif de recherche particulier.

2.2. Instruments de collecte de données

Dans les pages qui suivent, nous effectuons d'abord la présentation des cinq instruments conçus spécifiquement pour la présente étude. Ceux-ci sont exposés en respectant un ordre diachronique. Afin de les situer dans le cadre de notre dispositif de recherche, le lecteur peut toujours se référer à la figure 3, illustrant la structure de celui-ci (cf. supra, p. 148). Ensuite, nous présentons les limites de ces instruments de collecte de données.

2.2.1. L'entrevue première

L'entrevue première initie la démarche de cueillette de données relatives aux séances d'enseignement. Elle permet à l'enseignant novice de commenter le fonctionnement de sa classe avant la mise en place du dispositif d'observation.

¹³ Nous rappelons que l'évolution à plus long terme du schème se rattachant au travail de l'erreur n'est pas à l'étude.

Ainsi, nous obtenons ce que pense le maître de son propre enseignement des mathématiques et, plus précisément, de la division. Cet outil amène l'instituteur à discuter des élèves, du contexte de sa classe, des tâches présentées et de l'apprentissage de ce savoir mathématique.

Cette entrevue semi-structurée comprend des questions semi-ouvertes préparées avant l'échange. Toutefois, la formulation de nouvelles questions, tout au long de cette première rencontre, est laissée libre au meneur de l'entrevue. Ces dernières semblent particulièrement utiles lorsque les propos de l'interviewé nécessitent des éclaircissements. En moyenne, l'entrevue première a une durée approximative de 30 minutes. Elle comprend les questions suivantes :

- Q-1** J'aimerais que vous me décriviez où sont rendus les élèves en ce qui concerne la division.
- Q-2** Qu'avez-vous fait en classe depuis les derniers mois? Pouvez-vous me donner un exemple de tâche?
- Q-3** Quelles ont été les difficultés éprouvées par les élèves récemment?
- Q-4** Dites-moi comment vous préparez une période de mathématiques. Quelles sont vos ressources? Anticipez-vous les difficultés pouvant se présenter aux élèves? Comment? Est-ce que, par conséquent, vous prévoyez des interventions à l'avance?
- Q-5** Y a-t-il quelque chose de particulier que je devrais savoir au sujet de la division et de vos élèves?

En somme, cet instrument permet surtout d'obtenir des informations situant le savoir mathématique en question dans le contexte particulier de la pratique de nos trois enseignants débutants. Le lecteur remarquera que les deuxième, troisième et quatrième questions ciblent plus spécifiquement le travail de l'erreur réalisé dans le cadre de la classe ordinaire. Elles se rapportent tantôt au choix des tâches, tantôt à l'action sur la cognition de l'élève. Nous tenons à préciser que cet entretien occasionne des déclarations qui, lors de l'analyse, sont croisées avec les

données obtenues par l'observation de la pratique, soit ce qui se passe réellement en situation d'enseignement.

Mentionnons que la validation de ce guide d'entrevue a été effectuée, dans un premier temps, par un spécialiste dans le domaine de la gestion des erreurs. Après une première consultation, l'instrument a été enrichi par l'ajout d'une quatrième question et la séquence de questions a été modifiée dans son entier. L'instrument a été validé par cet expert, à la suite d'une seconde consultation. Ensuite, un prétest a été administré à un sujet similaire aux membres de l'échantillon, soit une enseignante dans sa première année de pratique ayant suivi le segment ciblant le travail de l'erreur et ce, lors du même trimestre de sa formation initiale. Cet examen préliminaire a permis de mettre en évidence quelques petits problèmes dans la formulation des questions; de légères modifications ont été apportées subséquentement. Il a également confirmé l'utilité de l'enregistrement de cette entrevue sur bande audio, compte tenu du nombre important d'informations obtenues.

2.2.2. L'entrevue a priori

L'entrevue *a priori* précède chaque séance d'observation. Sa forme demeure inchangée tout au long du dispositif, même si les réponses de l'interviewé divergent selon les circonstances. Elle est plus structurée, laissant au meneur de l'entrevue un degré de liberté moindre que l'entrevue première et comprend également des questions semi-ouvertes.

Cet instrument permet au maître novice de commenter la séance d'observation à venir. Il reflète surtout sa préparation de la période de classe, mais cible plus particulièrement le travail de l'erreur. Suite aux réponses obtenues lors de cet entretien, il est possible de discerner les buts et anticipations de l'enseignant débutant, c'est-à-dire ses intentions didactiques préalables.

La durée de l'entrevue *a priori* est relativement courte, n'excédant pas une dizaine de minutes. Elle comprend les questions suivantes :

- Q-1** Qu'allons-nous faire aujourd'hui?
- Q-2** Y a-t-il un moment prévu pour la correction?
- Q-3** Combien de temps cela va-t-il durer environ?
- Q-4** Avez-vous anticipé les difficultés que pourraient rencontrer les élèves? Quelles sont-elles?
- Q-5** Avez-vous préparé des interventions à l'avance? Lesquelles?
- Q-6** Y a-t-il autre chose que je devrais savoir?

L'entrevue *a priori* s'apparente à l'entrevue première, mais elle est plus spécifique, car elle porte uniquement sur la séance d'observation qui va suivre. Les trois premières questions se rapportent au choix de la tâche arithmétique présentée aux élèves et les visées au sujet de son déroulement. La quatrième question nous permet d'obtenir des informations sur les erreurs projetées ou planifiées en fonction des tâches choisies ou, le cas échéant, l'absence de ce type d'anticipation. La cinquième question cible plus particulièrement les intentions préalables du maître au sujet du travail d'intervention sur l'erreur. En d'autres mots, elle concerne les moyens que l'enseignant compte employer afin d'agir sur la cognition de l'élève. Notons que la première question et la dernière permettent d'obtenir des données complémentaires au sujet de la séance d'observation.

Nous considérons que les données obtenues par le biais de cet entretien constituent une partie des informations nécessaires pour décrire l'activité conceptuelle du maître débutant placé en situation d'intervention. Puisqu'il recueille des données concernant le travail réflexif effectué *avant la situation du travail de l'erreur*, cet instrument est essentiel à notre démarche visant à mieux comprendre l'activité conceptuelle de l'enseignant débutant et, plus précisément, l'inférence d'un *schème-travail de l'erreur*. Mentionnons que la validation de cet

outil a été effectuée par le même expert et que cet instrument a alors été enrichi par l'ajout de la deuxième question.

2.2.3. La grille d'observation

Comme nous l'avons déjà mentionné au début du présent chapitre, les séances d'observation se situent au cœur de notre dispositif méthodologique. Rappelons que cette technique nous permet de décrire les choix, décisions et actions de l'enseignant débutant placé en *situation du travail de l'erreur*. La documentation de l'activité du maître *pendant* sa réalisation est essentielle à l'atteinte de tous nos objectifs spécifiques (cf. supra, p. 25) : elle permet, entre autres, la description de l'action sur la cognition de l'élève à la suite du repérage d'une erreur, par la mise en œuvre de stratégies d'intervention (intentions didactiques en-acte) et la reconnaissance d'une organisation de la conduite du novice. Nous obtenons ainsi la majeure partie des informations indispensables à la description de l'activité conceptuelle réalisée par le nouvel enseignant en ce qui concerne le travail de l'erreur¹⁴.

Pour recueillir des données lors des séances d'observation, nous employons une grille¹⁵. Avant d'être employé dans le cadre de ce dispositif, cet instrument de cueillette des données a été validé par le même spécialiste dans le domaine de l'analyse de la gestion des erreurs. Cet instrument comporte six colonnes. Les deux premières colonnes identifient le moment où se présente le comportement observé : la première permet d'inscrire le temps vidéo et la seconde, l'heure réelle. Les troisième et quatrième colonnes représentent les deux comportements désignés, c'est-à-dire repérer l'erreur et intervenir sur l'erreur (R et I). Ceci est particulièrement important puisque l'enseignant novice qui repère et intervient sur une erreur arithmétique se retrouve dans une *situation du travail de l'erreur*. La cinquième colonne permet au chercheur de noter une courte

¹⁴ Rappelons que les séances d'observation ne permettent pas, à elles seules, de documenter les passages de l'action à la représentation abstraite et de la représentation abstraite à l'action ; elles doivent être combinées à des entretiens.

¹⁵ Une copie de la grille d'observation se trouve à l'annexe VI.

description du comportement observé lorsque le nouveau maître se retrouve en situation d'intervention. La sixième colonne est réservée à la rédaction de questions en relation avec le comportement observé, en vue de l'entrevue *a posteriori*. La grille d'observation inclut aussi un endroit pour inscrire une courte description de l'activité globale et sa durée prévue par l'enseignant¹⁶. De plus, d'autres cases sont réservées pour la description de ce qui a été effectivement réalisé par le maître, la durée exacte de l'activité et le nombre d'élèves présents.

L'élaboration de cet instrument de cueillette de données a été effectuée dans le but de faciliter l'entrevue faisant suite à la séance d'observation. Sa construction a été pensée en fonction du traitement des données, afin de simplifier le découpage des enregistrements et d'optimiser l'efficacité des résultats de recherche. La colonne « temps vidéo » facilite le travail du découpage des données en protocole et nous permet de repérer rapidement les *situations du travail de l'erreur*¹⁷. Ainsi, cet outil est employé pendant la séance d'observation, mais il est également utile après, lors du visionnement des enregistrements sur bande vidéo.

2.2.4. L'entrevue a posteriori

Située après l'observation, l'entrevue *a posteriori* est plus délicate, car elle n'est pas préparée à l'avance. Elle dépend des comportements observés lors de la séance d'observation et des notes prises par l'observateur. Par conséquent, chaque entrevue *a posteriori* est distincte et unique; le meneur détient ainsi un plus grand degré de liberté, par opposition aux autres guides d'entrevues liées à ce dispositif de recherche particulier. Toutefois, les questions établies guident le sujet vers un objectif précis, soit la verbalisation de son action en *situation du travail de l'erreur*. Celui-ci n'est donc pas libre de raconter tout ce qui lui vient à l'esprit; le meneur de l'entrevue doit respecter certaines contraintes qu'impose la technique de l'entretien d'explicitation de Vermersch.

¹⁶ Ces informations auront été recueillies lors de l'entrevue *a priori* (cf. supra, p. 154).

¹⁷ Cette démarche est amplement explicitée plus loin dans le présent chapitre (cf. infra, p. 171).

2.2.4.1. *L'entretien d'explicitation de Vermersch*

Vermersch a mis au point une technique d'aide à la verbalisation ou, plus précisément, une technique de « *verbalisation consécutive assistée* » (1990, p. 228). « *On entend par « verbalisation » la production d'énoncé(s) en langue naturelle. Ces énoncés ne sont pas spontanés : ils sont provoqués à des fins de recherche* » (Caverni, 1988, p. 255). Le meneur de l'entrevue a la responsabilité d'accompagner le sujet dans sa verbalisation précise du déroulement de sa conduite, c'est-à-dire la suite de ses actions matérielles ou mentales.

Ainsi, le questionnement détient un objectif de guidage, car il doit rester dans le domaine de l'observable, en même temps qu'un objectif de recueil de données. Pour réaliser un tel entretien, Vermersch précise que trois conditions doivent être respectées : l'entretien se déroule en référence à une tâche ou une situation effective, la tâche doit être spécifiée et l'interviewé doit être en évocation de son action¹⁸.

L'entretien d'explicitation cherche (...) à obtenir des verbalisations dont il sera possible à des degrés divers d'établir la valeur de vérité. Cette validation sera possible parce qu'il existe une tâche de référence, une tâche que le sujet a effectivement réalisée, qui lui a pris un certain temps, qui l'a conduit à effectuer des actions mentales et/ou matérielles dans un certain ordre.

(1991, p. 65)

Dans la présente étude, il s'agit d'amener le novice à être en évocation de son action, ou plutôt de son intervention, sur une erreur de division particulière. L'hypothèse à la base des travaux de Vermersch stipule que l'action est « *l'expression la plus directive de la cognition réellement mise en œuvre par le sujet* »; elle offre un témoignage non conscient de l'activité intellectuelle (id., 1990, p. 228). En s'appuyant sur les travaux de Piaget (1947), il mentionne que :

¹⁸ « *Être en évocation c'est faire exister mentalement une situation qui n'est pas présente* » (Vermersch, 1991, p 66).

soit que ces connaissances sont devenues implicites (ou tacites) parce qu'automatisées; soit qu'elles ne sont pas encore conscientisées parce que n'ayant pas encore fait l'objet d'une élaboration cognitive les organisant au niveau d'une conceptualisation.

(1990, p. 231)

Soulignons que le cadre de ces entretiens n'est point évaluatif, mais un lieu d'*explicitations*. Vermersch considère les verbalisations consécutives comme « *un essai de conservation du lien privilégié existant entre l'action et la cognition* » (ibid., p. 229). En adoptant ce point de vue, nous pouvons affirmer que « *l'exploitation de ces entretiens est pour nous le lieu de vérifier si, immédiatement après sa réalisation de séquence didactique, [le sujet] a conscience « à chaud » des choix didactiques qu'il a effectués* » (Portugais, 1995, p. 120).

Nous recherchons plus particulièrement, dans ces entretiens, des traces pouvant confirmer l'existence de liens entre les intentions didactiques préalables (« *j'ai prévu faire ceci aujourd'hui* »), la réalisation effective (« *il s'est passé ceci à ce sujet* ») et les anticipations pour la séance à venir (« *la prochaine fois, je ferais plutôt...* »). Le sujet est traité comme l'observateur de ses propres actions; il verbalise des faits, il décrit. En restant dans le domaine de l'observable, l'intervieweur se voit obligé d'exclure les questions qui portent sur les processus intellectuels et les questions qui astreindraient l'interviewé à s'autojustifier (exemple : utilisation trop fréquente du terme « pourquoi »). Ceci est essentiel, car, selon Vermersch, « *une part importante des mises en œuvre par le sujet dans son action sont non conscientes* » (1991, p. 66). Mentionnons toutefois que nous n'avons pas ignoré les justifications verbales qui venaient « naturellement » chez le sujet interviewé (« *j'ai fait ça, parce que...* »). De telles justifications pourraient fournir des informations utiles permettant d'inférer, en partie, le schème spécifique au travail de l'erreur chez nos trois enseignants novices.

D'ailleurs, mentionnons que les affirmations et interprétations des sujets peuvent être prises en compte lorsqu'elles viennent compléter ou enrichir les

données obtenues par l'observation. Vermersch précise que même si ces déclarations s'associent plutôt au domaine de la représentation, elles peuvent « être prises pour les inférences qu'elles sont, et l'appréciation de leur validité reposera – pour le chercheur – sur une confrontation avec les faits » (id., 1990, p. 232). Ainsi, nous pouvons tenir compte de ces énoncés, malgré le fait que leur présence ne détient qu'une valeur de validité limitée.

Au terme de ce bref survol des travaux de Vermersch, nous tenons à préciser que cette technique d'aide à la verbalisation est essentielle dans le cadre du présent projet. Elle nous aide à rendre compte du travail de conceptualisation réalisé par les nouveaux maîtres placés en situation d'intervention sur l'erreur.

Aucun observateur, qu'il soit psychologue ou non, ne peut observer des processus cognitifs, tout simplement parce qu'il ne s'agit pas d'une réalité observable, mais d'un concept abstrait. Ce qu'il observe ce sont des actions, des traces, des verbalisations à partir desquelles il peut – en fonction d'une théorie – formuler des inférences sur l'existence, la nature, les propriétés du processus cognitif. Il ne s'agit pas d'une perception, mais d'une conceptualisation.

(id., 1991, p. 67)

En nous appuyant sur la théorie des champs conceptuels et sur un dispositif de recherche combinant des séances d'observation et des entretiens d'explicitation, il nous est possible de décrire comment l'enseignant débutant organise son travail de l'erreur et, du fait même, mobilise des connaissances spécifiques à cette activité enseignante¹⁹. L'entrevue *a posteriori* est donc conçue et mise en place dans ce but précis.

¹⁹ Grâce à ce travail analytique, il nous sera possible, par la suite, de témoigner des mécanismes conceptuels qui sous-tendent l'activité du maître novice (assimilation / accommodation) et ainsi d'inférer le schème-travail de l'erreur.

2.2.4.2. L'entrevue a posteriori : un instrument construit en fonction de la séance d'observation

L'instrument utilisé pour l'entrevue *a posteriori* constitue une grille vide, construite à l'avance, sur laquelle l'observateur / intervieweur inscrit les questions qu'il compte poser à l'enseignant. Ces dernières sont composées, dans un court laps de temps, entre la séance d'observation et l'entrevue *a posteriori*. L'entrevue *a posteriori* a toujours lieu la même journée que la séance d'observation, car il s'agit d'une entrevue d'explicitation consécutive à l'action. Elle est effectuée dans un délai, le plus rapide possible, soit habituellement 15 à 30 minutes après la séance d'observation. Rappelons au lecteur que le dispositif de recherche est ancré dans le milieu pratique de l'enseignement primaire et doit conséquemment s'adapter aux contraintes de cet environnement. Par conséquent, ce délai peut varier de 15 à 75 minutes.

Afin de l'aider à structurer correctement ses questions, l'intervieweur détient une brève liste de demandes, telles que construites par Vermersch (1991). Voici quelques exemples de ces questions²⁰ :

Par quoi avez-vous commencé?

Comment saviez-vous par quoi commencer?

Et ensuite qu'avez-vous fait?

À quoi avez-vous reconnu que c'était terminé?

Comment saviez-vous qu'il n'y avait plus rien à faire?

De quoi est-ce que vous vous rappelez quand vous ne vous rappelez pas?

De toute évidence, aucune validation de l'instrument ne peut être effectuée et sa durée est variable.

L'entrevue *a posteriori* revêt une importance majeure dans le cadre de ce projet portant sur le travail de l'erreur chez les nouveaux maîtres; elle permet au sujet d'évoquer « à chaud » les actions posées lors de la séance d'enseignement

²⁰ Le lecteur trouvera, à l'annexe VII, une liste de toutes les questions posées à nos sujets lors de l'entrevue *a posteriori*.

observée. En effectuant un retour sur l'action, cet entretien permet au chercheur de valider ses interprétations des choix, décisions et actions observées précédemment. Cet outil est nécessaire afin de retrouver, dans le discours d'explicitation de l'enseignant débutant, des traces ou repères qui, lorsque combinés aux données obtenues par les séances d'observation, indiquent la présence d'un schème, construit ou en évolution, concernant le travail de l'erreur.

Il est également possible que le chercheur remarque des discordances entre ses observations et les déclarations du nouveau maître concernant son travail de l'erreur. Pour cette raison, nous tenons compte de l'ensemble des informations recueillies par le biais de ce va-et-vient entre les séances d'observation et les entretiens, afin d'obtenir des résultats qui offrent des informations sur le travail de conceptualisation effectué par le nouvel enseignant. Ce procédé d'analyse, présenté plus loin dans le présent chapitre (cf. *infra*, p. 178), s'effectue par croisement et rapprochement entre les données recueillies aux différentes étapes.

2.2.5. L'entrevue finale

L'entrevue finale met fin à la série d'entrevues, mais également au processus de collecte de données chez le sujet. Lors de cette entrevue, les sujets sont informés de l'objet spécifique de recherche : le travail des erreurs par les nouveaux enseignants. Nous tenons toutefois à spécifier que les membres de notre échantillon n'ont pas été dupés dans ce processus. Simplement, afin d'éviter des effets de contrat de recherche²¹ et une adaptation excessive des actions des sujets au thème spécifique de recherche, nous n'avons pas donné tous les détails sur l'objet d'étude. Ce choix se justifie par le souci de préserver la validité, l'intégrité et la pertinence des données recueillies.

La durée de cette rencontre est d'environ 45 minutes à une heure. Cette entrevue finale est semi-structurée et comprend onze questions semi-ouvertes

²¹ Nous reviendrons sur cette notion de contrat de recherche, introduite d'abord par Schubauer-Léoni en 1986b, ultérieurement dans ce chapitre (cf. *infra*, p. 179).

préparées avant la rencontre. Nous les présentons à l'instant et commentons ces dernières dans les paragraphes suivant leur présentation.

- Q-1** Dites-moi, qu'est-ce que c'est pour vous une erreur?
- Q-2** Je vais vous présenter des fiches. Sur chacune d'entre elles se trouve une stratégie d'intervention sur l'erreur. Ces stratégies proviennent, comme vous l'avez probablement deviné, de la typologie des 26 stratégies de l'erreur, un outil que vous avez travaillé dans un de vos cours de didactique de l'arithmétique lors de votre formation initiale. J'aimerais simplement que vous lisiez et ensuite commentiez chaque stratégie.
- Q-3** À présent, pouvez-vous m'identifier les stratégies que vous utilisez déjà?
Quelles sont les stratégies que vous aimeriez essayer avec vos élèves? Pour quelle (s) raison (s)?
Quelle (s) stratégie (s) mettriez-vous de côté? Pour quelles raisons (s)?
- Q-4** Si vous aviez une activité concernant la division à faire avec vos élèves demain, quelle (s) stratégie (s) privilégieriez-vous?
- Q-5** Retour sur un cas vécu lors des séances d'observation, suivi des questions : Comment êtes-vous intervenu (e)? Est-ce que vous vous en souvenez? Si la situation se reproduisait, comment interviendriez-vous? Quelle (s) stratégie (s) pourriez-vous essayer?
- Q-6** Vous m'avez dit que vous aviez consulté vos notes provenant d'un cours de didactique de l'arithmétique de votre formation initiale. De quelles notes s'agit-il? Croyez-vous que vous auriez consulté ces documents si je n'étais pas venue faire ce projet dans votre classe?
ou
J'aimerais savoir si, depuis ma première visite, vous avez consulté vos notes provenant d'un cours de didactique de l'arithmétique de

vosre formation initiale. Si oui, lesquelles? Croyez-vous que vous auriez consulté ces documents si je n'étais pas venue faire ce projet dans votre classe?

- Q-7** J'ai repris un algorithme de division qui a été fait par un élève dans une des classes que j'ai visitées. Pouvez-vous, dans un premier temps, commenter la procédure? Que diriez-vous si cet élève vous demandait « Est-ce que c'est bon? »
- Q-8** J'aimerais savoir si c'était la première fois que vous enseigniez la division cette année? Y a-t-il des gens qui ont influencé votre façon de traiter de la division en classe? Des gens qui vous ont donné des conseils sur la façon d'intervenir sur les erreurs de calcul dans l'algorithme de division? Y a-t-il un matériel qui vous a particulièrement influencé lorsque vous avez traité de la division avec vos élèves?
- Q-9** Croyez-vous que votre perspective a changé depuis que je vous ai montré les fiches de stratégies? Dans l'affirmative, comment a-t-elle changé?
- Q-10** J'aimerais que vous me fassiez part de vos impressions du cours de didactique de l'arithmétique dans lequel vous avez étudié le travail de l'erreur... Que pensiez-vous de la typologie des erreurs lorsqu'elle vous a été présentée, il y a déjà quelques années? Quelles sont, à présent, vos impressions de cette typologie?
- Q-11** Enfin, pour ma gouverne personnelle, j'aimerais que vous me fassiez part de vos impressions sur votre expérience dans ce projet de recherche.

Afin d'éviter des mésinterprétations dans la formulation des questions présentées précédemment, nous tenons à ajouter les quelques justifications suivantes.

Les deux premières questions ont pour but d'amener l'enseignant débutant à verbaliser ses propres représentations au sujet de l'erreur arithmétique et de différentes stratégies d'intervention. La provenance des stratégies est ici mentionnée puisque cet outil didactique, élaboré par Portugais (1992, 1995), fut travaillé à titre de savoir didactique par les sujets de cette étude, lorsque ceux-ci étaient en formation initiale à l'Université de Montréal. La troisième question amène l'enseignant à réfléchir sur les stratégies d'intervention qu'il emploie en classe ordinaire, celles qu'il rejette et celles qu'il considère essayer. La quatrième question l'amène à projeter une stratégie d'intervention qu'il pourrait employer dans une *situation du travail de l'erreur* future. Les informations recueillies par ces quatre questions sont difficilement accessibles en employant uniquement la technique de l'observation; elles permettent de corroborer les interprétations déjà établies à partir de l'observation, de constater des divergences entre les représentations de l'enseignant et ses conduites véritables ou d'obtenir de nouvelles informations

La cinquième question amène l'enseignant à se questionner sur une *situation du travail de l'erreur* déjà vécue, les stratégies utilisées, les stratégies qu'il anticiperait utiliser dans le futur. Ceci a pour but de vérifier si un travail réflexif s'est produit à partir de cette situation particulière depuis la séance d'observation et de mieux connaître les buts, intentions et anticipations de l'enseignant débutant.

La sixième question nous permet de savoir si l'enseignant se réfère ou non aux savoirs didactiques étudiés en formation initiale, c'est-à-dire aux outils travaillés dans ses cours de didactique de l'arithmétique. Ceci nous permet de voir si cela constitue un élément venant marquer le travail de l'erreur, mais aussi de vérifier si la présence de l'observateur, dans la classe ordinaire, a eu un effet dit de *contrat de recherche*. Celui-ci est expliqué plus loin dans le présent chapitre (cf. infra, p. 179).

La septième question a pour but de présenter, à nos trois sujets, une *situation du travail de l'erreur* créée pour les besoins de ce dispositif particulier. Il s'agit d'une procédure algorithmique comprenant une forme d'erreur mixte, soit deux erreurs issues de la typologie de Brun et Conne. Puisque la situation n'est pas rattachée au contexte de la classe ordinaire, cette question permet surtout d'observer l'activité de diagnostic de l'erreur. Une fois l'erreur repérée, l'enseignant suggère une stratégie d'intervention, sans pouvoir la mettre en œuvre puisqu'il n'y a pas d'élève auprès duquel il peut agir. L'analyse des données recueillies par cette septième question nous permet de valider d'autres données obtenues ultérieurement, mais nous amène aussi à faire de brefs liens de rapprochement entre les sujets.

Les huitième, neuvième et dixième questions se rapportent particulièrement à l'identification d'éléments (internes ou externes à la situation) pouvant marquer la réalisation du travail de l'erreur chez le nouvel enseignant. L'ensemble des informations recueillies à l'aide de ces questions est concilié aux données provenant des séances d'observation et des autres entretiens, afin de repérer la présence possible de variables (autres que l'erreur) pouvant être prises en compte dans l'activité d'intervention sur l'erreur. Par ailleurs, la dernière question permet d'obtenir des informations complémentaires concernant l'expérience personnelle du nouvel enseignant.

Au terme de cette présentation, nous tenons à mentionner que nous sommes consciente du fait que cette dernière entrevue se rapporte occasionnellement aux représentations que possèdent les membres de notre échantillon au sujet du travail de l'erreur. Certaines d'entre elles pourront, lors de l'analyse, être croisées avec les données obtenues par l'observation de la pratique. Nous considérons que les autres déclarations permettent de compléter et d'enrichir nos résultats de recherche. Si cet outil de collecte de données semble se distinguer, précisons que chacun de nos instruments a une visée distincte. C'est

d'ailleurs leur complémentarité qui constitue la force de notre dispositif de recherche. Comme le souligne Tremblay :

[...] l'utilisation simultanée ou successive de plusieurs instruments dans une même étude est non seulement utile, mais nécessaire. Les instruments, possédant des propriétés structurales particulières, fournissent des lectures de la réalité selon certains angles. Puisqu'il est extrêmement difficile d'évaluer avec précision la portion de réalité perçue et reflétée par un instrument donné, l'utilisation de plusieurs instruments sera nécessaire.

(1968, p. 111-112)

2.2.6. Les limites associées aux instruments de cueillette des données

Mentionnons que les inconvénients des méthodes de cueillette des informations, comme l'observation et l'entrevue, ont été rapidement mentionnés lors de leur présentation plus tôt dans le présent chapitre (cf. supra, p. 145 et 146). Par conséquent, nous ciblons particulièrement les limites des instruments de collecte des données conçus spécifiquement pour le présent projet.

La principale limite de nos instruments de cueillette des données risque plutôt d'être liée aux aspects cognitifs de cette recherche. Malgré les démarches entreprises, il reste que nous ne sommes pas « dans la tête » du nouvel enseignant. L'inférence d'un *schème-travail de l'erreur*, par la description des mécanismes cognitifs qui sous-tendent cette activité professionnelle, demeure une tâche délicate du point de vue de la méthodologie. Par conséquent, nous avons pris de multiples précautions, comme les triangulations et les tests de fiabilité ou de stabilité, afin d'éviter les attributions excessives, les inférences mal fondées et les interprétations gratuites ou trop courtes²². Nous attestons que notre traitement et notre analyse des données sont effectués sous le contrôle d'une méthode rigoureuse et d'un cadre de référence explicite. Rappelons d'ailleurs que nous nous appuyons précisément sur la théorie des champs conceptuels puisqu'elle permet de révéler l'implicite des connaissances dans l'organisation des conduites

²² Nous expliquons ces précautions plus loin dans le présent chapitre. (cf. infra, p. 178)

et ainsi de mettre en relief le travail de conceptualisation réalisé *in situ* par l'enseignant (cf. supra, p. 99).

Enfin, soulignons brièvement que la présence de problèmes techniques concernant l'enregistrement des séances sur bande vidéo ou des entrevues sur bande audio est une éventualité à considérer. Nous recueillons des données dans un milieu où participent activement des enfants. Des problèmes techniques d'enregistrement reliés aux instruments audio-visuels ou causés par ceux-ci représentent une limite inévitablement envisageable.

2.3. Précautions déontologiques

Dans cette section, nous présentons certaines précautions méthodologiques et déontologiques se rapportant à nos méthodes de cueillette des données.

2.3.1. Précautions déontologiques concernant l'observation

L'emploi de la technique de l'observation dans les écoles primaires du Québec doit nécessairement se faire dans le respect de certaines normes déontologiques (confidentialité, utilisation à des fins de recherche et non d'évaluation, aucune diffusion de ce document autorisée en dehors du champ d'utilisation prévu, etc.). Une lettre a été envoyée à la direction de l'école afin d'obtenir l'accord de la direction de l'établissement d'enseignement et de rendre le procédé officiel (ann. VIII). Un refus de la part de l'administration de l'établissement où travaillerait un sujet potentiel aurait mis fin au processus. Si la demande était acceptée, une lettre destinée aux parents des élèves était envoyée, via l'enseignant; l'observation de nouveaux enseignants dans le cadre de leur pratique quotidienne incluait nécessairement la présence d'élèves âgés de moins de 18 ans (ann. IX). Tout élève n'ayant pas obtenu l'autorisation parentale ne pouvait pas participer au projet. Du travail personnel, un local et une supervision adéquate devaient avoir été préalablement mis en place par l'enseignant. Le refus de la majorité des parents aurait mis fin au processus.

2.3.2. Précautions déontologiques concernant l'entretien

L'emploi de la technique de l'entrevue auprès d'enseignants dans les écoles primaires du Québec doit obligatoirement se faire dans le respect des mêmes normes déontologiques associées à la technique de l'observation (confidentialité, utilisation à des fins de recherche et non d'évaluation, aucune diffusion de ce document autorisée en dehors du champ d'utilisation prévu, etc.).

Nous avons obtenu un consentement verbal des participants. Celui-ci était justifiable, puisque les renseignements avaient été stipulés à deux reprises pour les enseignants et ceux-ci en avaient discuté avec la direction de leur école ainsi qu'avec leurs élèves et les parents de ces derniers. Il nous faut mentionner que l'objet réel de recherche n'était révélé entièrement et en détail au sujet qu'à la fin du processus, lors de la dernière entrevue²³. La crainte d'introduire un biais avait motivé ce choix. Les sujets savaient qu'ils participaient à une recherche en didactique des mathématiques, portant sur la division. Ils avaient été informés que les interactions entre enseignants et élèves étaient principalement ciblées lors de l'observation. Ils savaient également que l'objet de recherche leur serait révélé lors de la toute dernière rencontre. Nous avons agi de la sorte croyant que la révélation de tous les détails de la grille d'analyse aurait risqué de compromettre la validité des informations recueillies. De plus, notre but était de diriger l'attention davantage du côté des élèves, de façon à ce que l'enseignant ne se sente pas visé par notre présence. Nos actions ont été motivées par notre désir d'observer l'enseignant débutant agir, le plus naturellement possible, dans le cadre de sa pratique professionnelle quotidienne.

2.4. Le volume du corpus des données

L'ensemble des données obtenues lors de ce projet de recherche représente un volume important de matériel, puisque les neuf séances d'enseignement enregistrées totalisent approximativement douze heures de bande vidéo, tandis que

²³ Rappelons au lecteur que nous avons traité de cette question préalablement, lorsque nous avons présenté l'entrevue finale (cf. supra, p. 162).

les enregistrements des différents entretiens comptent également près de douze heures de bande audio.

Ceci met fin à cette seconde partie de ce quatrième chapitre, consacrée à la méthodologie de collecte des données.

3. MÉTHODOLOGIE DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES DONNÉES

Cette partie du quatrième chapitre est consacrée à la présentation des différents aspects se rattachant au procédé du traitement et de l'analyse des données. Nous présentons, en premier lieu, l'analyse des protocoles et explicitons, en second lieu, l'analyse des entretiens. Il s'agit de deux techniques d'analyse préconisées dans le domaine de la didactique des mathématiques. Par la suite, nous exposons nos méthodes de réduction des données. Nous terminons cette troisième partie du quatrième chapitre en exposant diverses précautions méthodologiques prises en fonction du traitement et de l'analyse des données.

Nous tenons à mentionner que, dans le cadre de cette étude descriptive, nous structurons notre analyse en respectant l'ordre précis qui suit :

1. Analyse des protocoles d'observation
2. Analyse des entretiens

Après avoir analysé chaque sujet, il nous sera possible de mettre en relief les concordances et discordances entre ces membres de notre échantillon. Nous expliquons notre démarche dans les pages qui suivent.

3.1. Analyse didactique des protocoles d'observation

Le traitement des données recueillies par notre dispositif de recherche repose, d'abord et avant tout, sur l'analyse didactique des protocoles d'observation. Développé par les chercheurs œuvrant dans différents domaines, ce

moyen a d'abord été construit, validé et diffusé comme une méthode de recherche par Brun, dans les années 80.

Un protocole est une transcription exhaustive des paroles et des actions constituant une interaction entre différentes personnes; c'est un document écrit qu'il est possible de consulter à volonté. Il y est soutenu que :

Le protocole est une description qui peut prendre différents sens selon la position prise par l'observateur : soit en tant qu'expressions de la pensée (il a dit ceci donc cela veut dire...) ou soit en tant que termes de l'échange (comme dans un système). Le travail d'analyse de protocole repose donc sur une activité à la fois inférentielle et déductive.

(Portugais, 1995, p. 90)

L'analyse didactique des protocoles est une approche préconisée dans le domaine de la didactique des mathématiques; nous l'employons spécifiquement pour traiter et analyser les données recueillies à partir de notre dispositif de recherche. En d'autres mots, notre analyse didactique s'effectue à partir de la transcription exhaustive des paroles et des actions constituant une interaction entre le maître débutant et l'élève, dans un contexte de la classe ordinaire.

3.1.1. Le découpage du protocole en unités analysables

Pour considérer dans son ensemble le protocole d'une séance d'observation, il est plus avantageux de diviser cette dernière en segments. En didactique, il est entendu que « *pour appréhender rigoureusement un protocole, il est utile de déterminer des unités analysables donc de recourir au découpage du protocole en épisodes de longueurs variables* » (ibid., p. 91).

Un moyen d'opérationnalisation de cette analyse devient la segmentation du corps du protocole en épisodes. Ceci peut se faire selon différents critères. Dans le présent projet de recherche, nous nous sommes d'abord appuyée sur les critères suggérés par Brun dans les années 80 et repris ensuite par Portugais dans les années 90. Ces didacticiens identifient soit les points de rupture (changement

de tâche d'élèves, de traitement), soit les transitions (redondances, mêmes points de vue, mêmes expressions, mêmes termes) dans le déroulement du protocole.

3.1.1.1. L'analyse de l'échange didactique en situation du travail de l'erreur

Nous avons donc découpé les protocoles en épisodes, en considérant, comme point de rupture les changements de tâches, soit l'exécution d'un algorithme de division particulier, ou le changement d'élèves. Toutefois, nous avons rapidement remarqué que ce découpage ne nous permettait pas de cibler facilement les *situations du travail de l'erreur*. Ceci s'explique surtout par le fait que nous ciblons le nouveau maître dans le cadre de sa pratique professionnelle quotidienne, soit la classe ordinaire; notre dispositif est donc marqué par une certaine impondérabilité. À titre d'exemple, citons les nombreuses interjections des jeunes élèves ou le nombre d'interventions, didactiques ou non, formulées par l'enseignant lors d'un même épisode. Il est donc fréquent de retrouver des données se situant avant ou après la situation d'enseignement précise, n'ayant aucun lien avec le travail de l'erreur. Par ailleurs, il est possible de retrouver deux situations distinctes où le maître intervient sur deux erreurs différentes dans un seul et même épisode.

Par conséquent, à la suite de ce premier découpage, nous en avons effectué un second, afin de cibler les *situations du travail de l'erreur*. Les épisodes sont donc établis en respectant le procédé prédéterminé de l'analyse de l'échange didactique, nous permettant de repérer les moments d'importance dans le déroulement d'une séance d'enseignement. Nous considérons objectivement le système didactique en évitant une interprétation des conduites non fondées sur des éléments observables du protocole. Puisque la prise en compte d'une unité d'analyse particulière ne doit aucunement susciter des significations divergentes (Brun et Conne, 1990), le critère choisi pour déterminer les coupures entre les épisodes est la *situation du travail de l'erreur* en elle-même. Il s'agit de la situation problématique « réelle » rencontrée par l'enseignant, au cours de laquelle

il intervient sur la procédure erronée d'un élève. Elle débute lorsqu'une erreur est diagnostiquée par l'enseignant et se termine, idéalement, lorsque l'élève a pris conscience de l'erreur. Toutefois, d'autres aboutissements sont également possibles et dépendent des choix et actions de l'enseignant débutant²⁴. Ainsi, chaque *situation du travail de l'erreur* représente en soi un micro-épisode.

L'analyse du micro-épisode nous permet de décortiquer, affirmation par affirmation, le travail de l'enseignant débutant. Ceci est effectué dans le but de décrire comment l'enseignant s'y prend afin d'amener son élève à prendre conscience de son erreur : quels sont les réactions de l'enseignant, les relances, les indices verbaux et non verbaux utilisés, etc. Si la plupart de ces actions constituent des « *actes de langage* » (Zaragosa 2006, p 103), il ne faut pas omettre les signes non verbaux. En s'inspirant des travaux de Zaragosa, précisons que nous tentons d'appréhender « *l'enjeu dans l'interaction didactique qui s'est effectuée entre un enseignant et des élèves à un moment donné, enjeu qui nécessite de la part de l'enseignant une adaptation à la situation; nous sommes dans la lecture du réel* » (ibid., p. 97).

L'analyse de la *situation du travail de l'erreur* nous permet surtout de cibler le travail d'intervention sur l'erreur. Ainsi, il nous est possible d'identifier la ou les stratégie(s) déployée(s) à partir des choix, décisions et actions mis en œuvre par le novice dans cette situation d'enseignement particulière. Rappelons qu'un comportement isolé n'est pas un indicateur spécifique d'une stratégie particulière; il est nécessaire de considérer, dans leur ensemble, les actes coordonnés ou les moyens divers mis en place en fonction d'intentions didactiques particulières. Une conduite peut prendre différents sens selon la situation, les intentions du maître ou l'approche adoptée. Par conséquent, nous avons évité

²⁴ Ainsi, il est possible que la fin d'une *situation du travail de l'erreur* soit marquée par la fin du travail d'intervention sur l'erreur (et ce, peu importe la raison). Ceci est observable lorsque l'élève n'a pas repéré son erreur et que le maître novice cesse son intervention pour entreprendre une autre activité (changement de tâche). En ce sens, si le travail de cette erreur n'est pas repris dans le cadre du dispositif de recherche, nous pouvons considérer que cette situation d'enseignement particulière s'est terminée.

d'identifier un comportement à une stratégie, mais plutôt l'interpréter en fonction de la situation. De ce fait, si nous décortiquons chacune des interactions entre l'élève et son enseignant, nous considérons que ces actes de langage s'inscrivent dans un ensemble que représente la *situation du travail de l'erreur*. « *C'est le lien qui se crée entre les actes de langage [et/ou les autres signes non verbaux] qui permet une intercompréhension entre les locuteurs* »; c'est la cognition qui émerge de la situation d'intervention de l'erreur « *qui permet une référence cognitive partagée entre le médiateur et les apprenants* » (ibid., p. 103)²⁵. D'ailleurs, nous gardons à l'esprit que cette situation d'enseignement s'inscrit elle-même dans un épisode particulier et lors d'une séance d'observation spécifique.

Cette démarche d'analyse permet, selon nous, de mieux exposer le travail de l'erreur réalisé dans un contexte de pratique professionnelle et, conséquemment, de décrire la complexité de la réalité enseignante. Il nous est alors possible de relever les particularités liées à chacune des situations d'intervention rencontrées par le novice, leur importance n'étant pas nécessairement perceptible dans l'étude d'un épisode en entier. Cette forme d'analyse, plus détaillée, nous assure ainsi de mieux documenter les phénomènes didactiques ayant un intérêt dans le cadre de notre étude.

En effectuant un découpage des protocoles d'observation en micro-épisodes, notre méthodologie de traitement des données se distingue de celle privilégiée dans les travaux de Brun, Conne ou Portugais (1990; 1995). Réitérons que les épisodes constituent des unités d'analyse vastes, ne permettant pas de cibler spécifiquement les *situations du travail de l'erreur*. Le fait de cibler les sections pertinentes des épisodes se révèle très bénéfique pour des fins d'analyse, par rapport à l'objet de recherche; il nous est alors possible d'enrichir grandement les données obtenues.

²⁵ Rappelons que, dans ce travail, nous ciblons plus particulièrement l'activité conceptuelle du maître novice qui agit sur la cognition de l'élève par la mise en œuvre d'une stratégie d'intervention sur sa procédure erronée.

3.1.2. La visée de l'analyse didactique des protocoles

Grâce à l'analyse des protocoles des séances d'enseignement observées, nous nous intéressons à l'élaboration des choix didactiques effectués par le nouveau maître dans sa pratique quotidienne se rapportant au travail de l'erreur. Nous poursuivons donc les visées suivantes :

- Décrire les activités de diagnostic et d'intervention sur l'erreur effectuées par l'enseignant débutant en classe ordinaire.
- Décrire les diverses organisations de la conduite du maître novice en situation d'enseignement spécifique.
- Valider ces descriptions par la recherche d'indices de cohérence interne pour un même protocole (comparaison des conduites observées lors de divers épisodes d'un même protocole pour en montrer la consistance) et la recherche d'indices de cohérence externe à ce protocole (comparaison des conduites identifiées avant et après la séance d'observation via les entretiens).

Sachant que l'analyse particulière d'un protocole peut montrer une diversité de conduites dont la compatibilité demeure plus ou moins apparente, nous postulons l'existence d'une cohérence interne des actions posées par le maître débutant en *situation du travail de l'erreur*. L'atteinte de ces visées est donc essentielle afin de soutenir l'idée d'un *schème-travail de l'erreur chez les maîtres novices*. Nous tenons à réaffirmer que nos analyses de protocoles d'observation sont placées sous le contrôle de notre cadre de référence basé sur la théorie des champs conceptuels. Rappelons que cette méthode constitue le principal moyen employé pour traiter et analyser les données obtenues dans la classe ordinaire.

3.2. Analyse des entretiens

L'analyse des entretiens n'est pas un procédé distinct en soi; il demeure sous le contrôle de l'analyse du protocole de la séance d'observation en question. Le va-et-vient entre les deux procédés valide, par triangulation, les interprétations

du chercheur. Cette analyse est fondamentale puisqu'elle permet, entre autres, de décider si un comportement donné correspond ou non à une stratégie donnée.

Ainsi, le traitement des données recueillies dans le milieu pratique repose non seulement sur l'analyse des protocoles, mais également sur l'analyse des entretiens effectués avant et après les séances d'observation et celle réalisée au début et à la fin du dispositif expérimental. Nous avons précisé précédemment que le travail de l'erreur repose sur l'activité cognitive de l'enseignant avant, pendant et après la séance. Nous cherchons, via l'analyse des protocoles, des traces de ces organisations de la conduite ou, possiblement, les « réorganisations » ou « ré-équilibrations » mises en œuvre par le nouveau maître pour majorer ses interventions relatives aux erreurs des élèves. Ceci nous permettra de soutenir l'idée d'un schème spécifique au travail de l'erreur ou du moins de parties de schème, que ceux-ci soient déjà construits ou « en élaboration ». Ainsi, nous souhaitons témoigner de la présence, sur le plan supérieur du maître novice, d'une « *organisation invariante de la conduite pour une classe de situation donnée* » et du caractère dynamique de celle-ci.

Nous justifions l'emploi de l'analyse des entretiens par sa complémentarité avec l'analyse des protocoles d'observation. Ce procédé permet de valider les résultats de l'analyse des protocoles, en confirmant ou en infirmant les interprétations que nous donnons aux actions du maître en situation d'intervention. Ceci est effectué par une mise en contexte des déclarations du novice, en accordant une attention particulière à celles qui sont immédiatement consécutives à l'action. Cependant, l'analyse des entretiens peut également mettre en évidence des contradictions qui existent entre les verbalisations des actions effectuées par les enseignants débutants et les actions réellement posées lors des séances d'observation. Par conséquent, il ne faut pas omettre que la méthode de l'analyse des entretiens permet également de susciter des informations additionnelles qui ne pourraient être obtenues uniquement par l'analyse des protocoles.

3.3. Réduction des données lors de l'analyse

Lors de l'analyse de nos données, nous avons adopté certaines stratégies de réduction des données. Celles-ci sont utiles à la fois pour le codage des données dans les protocoles et pour la compilation des informations dans le processus d'analyse. Ce choix méthodologique s'appuie sur les recherches effectuées par Brun et Portugais au sujet des erreurs des élèves et des interventions mises en place sur ces erreurs par le maître. Nous décrivons, à l'instant, ces stratégies de réduction de données.

Premièrement, soulignons que, dans la typologie des erreurs de Brun et la typologie des stratégies d'intervention de Portugais, se retrouvent des catégories définies et utilisées pour classer les observations relatives à chaque cas. Pour chaque outil, une notation symbolique de ces catégories a été privilégiée, en raison des avantages d'une présentation compacte de l'information. Portugais précise que cette notation permet, en outre, « *par sa souplesse et sa maniabilité assez grandes, d'éviter de recourir à de longs développements discursifs* » (1995, p. 122). Dans la recherche actuelle, nous reprenons telle quelle la notation attribuée par ces deux chercheurs dans le cadre de leurs travaux respectifs. Soulignons qu'il est possible de consulter cette notation symbolique concernant les erreurs à l'annexe I et celle des stratégies d'intervention sur les erreurs à l'annexe II.

Deuxièmement, nous devons mentionner que, dans ses recherches, Portugais a également mis de l'avant une notation afin de marquer les stratégies dégénérées. Ceci était effectué en ajoutant l'astérisque à la notation symbolique des stratégies de l'erreur. À titre d'exemple, une forme dégénérée de la stratégie G_{i4} était identifiée par la notation G_{i4}^* (ibid., p. 201). Nous avons conservé cette notation symbolique concernant les formes dégénérées du travail de l'erreur. Notons que cette notation est exposée à l'annexe IV.

Troisièmement, afin de « *rendre compte de l'importance relative d'une stratégie parmi d'autres à une même séquence didactique* » (ibid., p. 204), ce

didacticien a également employé une notation particulière. Pour ce faire, il a annexé les symboles « ^ » ou « ^^ » à la notation symbolique des stratégies de l'erreur. Pour les besoins du présent projet et, en raison des avantages d'une présentation compacte de l'information, nous nous sommes référée à cette dernière. Cette notation appréciative est particulièrement utile lorsque le maître novice met en œuvre plus d'une stratégie d'intervention dans une même *situation du travail de l'erreur*. Pour attribuer une notation de « ^ » ou « ^^ » (ou d'aucun symbole), il nous est possible de nous fier à la fréquence des énoncés se rattachant à une stratégie particulière, dans un même micro-épisode. Toutefois, il s'agit là d'un simple guide; c'est en conservant une vision d'ensemble de la *situation du travail de l'erreur* qu'il est possible de situer l'importance relative d'une stratégie.

Au terme de cette présentation des diverses techniques employées afin de réduire les données lors de l'analyse des protocoles, réitérons que l'utilité de ces dernières a été démontrée dans les travaux de Portugais (1995; 1998a).

3.4. Précautions méthodologiques

Nous présentons, dès lors, certaines précautions méthodologiques et déontologiques se rapportant à nos méthodes de traitement et d'analyse des données.

3.4.1. Les triangulations

Afin de nous assurer de la validité interne d'une recherche qualitative, il est nécessaire de recourir à des triangulations successives (Miles et Huberman, 1991). Dans le cadre de ce quatrième chapitre, nous avons mentionné ce procédé à différentes occasions.

Cette méthode est censée confirmer un résultat en montrant que les mesures indépendantes qu'on en a faites vont dans le même sens ou, tout au moins, ne le contredisent pas (Miles et Huberman, 2003). Son but est :

[...] de choisir des sources de triangulation dotées de différents types de biais, de forces distinctes, afin qu'elles se complètent l'une l'autre. Carney (1990) suggère également de passer de données non validées à des données plus fiables. En effet, une nouvelle source contraint le chercheur à reproduire son résultat en un lieu où, s'il est valide, il doit pouvoir être revérifié.

(ibid., p. 481)

Nous avons donc procédé à la mise en relation des éléments tirés des protocoles d'observation et des différents entretiens lors de la collecte des données. De plus, nous avons eu recours à la triangulation afin d'exercer des liens de cohérence et de pertinence entre les résultats des différents membres de l'échantillon et entre l'ensemble des résultats obtenus et le cadre de référence.

3.4.2. Les biais expérimentaux

Selon Fortin, le biais se définit comme « *toute influence pouvant fausser les résultats d'une recherche scientifique et gêner la généralisation des résultats obtenus auprès d'un échantillon à un autre échantillon ou à la population entière* » (1996, p. 359). Par conséquent, lors de l'analyse des données, nous avons accordé une attention particulière aux biais expérimentaux pouvant être liés à la mise en œuvre de notre dispositif de collecte des données. Dans cette partie, nous présentons ces biais ainsi que les précautions particulières que nous avons prises.

D'abord, nous sommes consciente que la présence du chercheur dans la classe du nouveau maître peut être interprétée comme un premier biais expérimental : ce que Schubauer-Léoni (1986a) a nommé le *contrat de recherche*. Ce contrat fonctionne, dans le cadre de notre projet, lorsque l'observateur entre dans le milieu de travail de l'enseignant. Ce maître n'agit peut-être pas complètement à sa guise, car il peut associer un contexte d'évaluation au contexte d'observation. Le nouvel enseignant risque de choisir et d'orienter ses actions par rapport à sa compréhension de ce qui est souhaité par celui qui l'observe et l'interroge. Afin d'éviter que le sujet se soumette au contrat de recherche et qu'il intègre dans sa pratique les savoirs didactiques vus en formation initiale,

uniquement aux fins de ce projet, nous avons choisi de révéler l'objet de recherche au terme de l'expérimentation, lors de l'entrevue finale (cf. supra, p. 162).

Ce choix de ne pas divulguer l'objet de recherche est également motivé par le risque d'un second biais expérimental : la résurgence du contrat de formation. Nous savons que la présence physique du chercheur peut amener le nouvel enseignant à modifier ses actions dans le but de les faire correspondre à ce qu'il croit être les intentions de formation attribuées au projet universitaire. Le formateur pourrait ainsi réapparaître à titre de spectateur fantôme. Soulignons que nous avons également choisi une stratégie d'observation non participative afin de mieux contrôler les effets potentiels de ce biais expérimental.

Les précautions mentionnées précédemment nous permettent d'être attentive au biais classique d'appariement. Dans le cadre de notre projet de recherche, il s'agit de la tendance du sujet à choisir des tâches qui coïncident avec celles qui sont représentées dans les documents distribués dans le cadre du cours de didactique des mathématiques, offrant la formation sur le travail de l'erreur, ou d'opter pour des interventions sur l'erreur qui correspondent aux stratégies orientées sur un type de contrôle en particulier (des actes ou du sens). Par ailleurs, nous accordons également une attention particulière à la tendance du sujet à rechercher l'approbation du chercheur dans son choix de tâches, ses actions ou ses verbalisations.

3.4.3. Quelques moyens assurant une plus grande prudence méthodologique lors de l'analyse des protocoles et des entretiens

Afin de décrire le plus fidèlement possible le repérage et l'intervention sur les erreurs par le nouvel enseignant, nous réitérons que les entretiens, pour être pris en compte dans l'analyse des données, doivent témoigner des actions de ce maître et non de ses jugements ou rationalisations. Portugais souligne justement que « *le recours explicite à la technique de l'entretien d'explicitation a précisément pour but de contourner cette difficulté* » (1995, p. 124). Nous

demeurons toutefois attentive aux déclarations du maître débutant, entre autres lorsqu'elles viennent compléter les données observables. Toutefois, nous nous intéressons aux verbalisations des actions qui ne correspondent pas exactement aux actions réellement posées lors des séances observées. Ces discordances nécessitent une analyse fine où sont croisées les déclarations et les données issues de l'observation. Elles ne peuvent être interprétées qu'avec prudence.

Il nous semble important de souligner qu'une autre règle générale d'interprétation respectée au cours de ce projet de recherche est d'éviter de faire des *inférences négatives*. Expliquons ce que nous entendons par inférences négatives à l'aide de l'extrait suivant :

Un exemple courant d'inférence négative : considérer que le sujet n'a pas pris en compte consciemment un élément parce qu'il n'en a pas parlé ou que sa préparation ne comporte aucune note à ce propos. On voit bien là de quelle importance est le protocole pour vérifier les hypothèses à partir des conduites effectives du formé.

(ibid., p. 124)

Ceci étant dit, nous insistons sur le fait que nous avons souscrit aux normes habituelles d'anonymat et de discrétion dans la diffusion des résultats, notamment des protocoles et des entretiens.

3.4.4. Les tests de fiabilité et de stabilité de l'observation

3.4.4.1. Le test de fiabilité

Pour nous assurer de la fiabilité des observations concernant l'identification des stratégies d'intervention déployées par les maîtres, nous avons procédé à un test de fiabilité. Ceci a été effectué en comparant le taux d'accord entre l'observateur principal et un spécialiste dans le domaine du travail de l'erreur. Trois extraits de protocoles, choisis au hasard, ont été codés et ainsi analysés.

Si nous présentons, à l'annexe X, les résultats de ce test de fiabilité, soulignons que nous avons obtenu en moyenne un taux d'accord de 86, 2 %. Un taux d'accord de 80 % devait être atteint afin de considérer le notateur principal comme un observateur fiable.

3.4.4.2. Le test de stabilité

Pour nous assurer de la stabilité d'observation des stratégies d'interventions chez le notateur principal, nous avons exécuté un test de stabilité. Ce dernier est essentiel afin d'éviter que la façon d'assigner une question à une catégorie ne soit assujettie à des changements dans le temps. Nous soumettons au notateur principal les trois mêmes extraits de protocoles, utilisés dans le test de fiabilité. Cela dit, mentionnons que ce test de stabilité a été effectué une fois que le traitement de l'ensemble des micros épisodes a été terminé, mais avant que le test de fiabilité ait eu lieu.

Au terme de ce test de stabilité, nous obtenons en moyenne un taux d'accord de 89,5 %. Ici encore, soulignons qu'un taux d'accord de 80 % devait être atteint afin de considérer le notateur principal comme un observateur fiable. Nous présentons ces résultats à l'annexe XI.

3.4.5. L'obtention du certificat d'éthique

En conformité avec les règlements stipulés par l'Université de Montréal, nous avons obtenu un certificat d'éthique attestant de l'intégrité de notre méthodologie de collecte des données. Les droits fondamentaux de la personne ont été strictement respectés dans le cadre de la présente recherche. Une copie de ce certificat d'éthique se retrouve à l'annexe XII.

Ceci met un terme à notre chapitre quatrième, consacré à la présentation de notre méthodologie et conclut, du fait même, la première partie de cette thèse destinée à la description de la recherche.

DEUXIÈME PARTIE
RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

CHAPITRE CINQUIÈME

VERS LE TRAVAIL DE L'ERREUR DES ENSEIGNANTS DÉBUTANTS

Ce cinquième chapitre nous permet d'entamer l'étude du travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire par nos trois sujets¹. Nous ouvrons la voie en précisant les choix de tâches arithmétiques. Nous procédons ensuite à l'analyse du diagnostic des erreurs. En répondant à la question « *Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître?* » (cf. supra, p. 21), nous mettons en relief certaines connaissances spécifiques que possèdent les enseignants de nos études de cas au sujet des procédures algorithmiques erronées². Nous montrons, au terme du chapitre, que des liens étroits se tissent entre le diagnostic de l'erreur et la mise en œuvre de stratégies d'intervention sur celle-ci. En situant le poids respectif de ces sous-tâches qui composent la *situation du travail de l'erreur* (le repérage et l'intervention), nous établissons ici les fondements de notre travail analytique et interprétatif.

1. AVANT-PLAN DU TRAVAIL DE L'ERREUR

Pour travailler l'erreur, le maître se doit d'identifier la procédure erronée et de mettre en œuvre des stratégies d'intervention sur celle-ci. Or, nous savons que le rôle du maître s'entame bien avant que l'élève commette une erreur; il débute en amont de la classe, lorsque la tâche algorithmique est choisie (cf. supra. p. 95). Rappelons que, dans le cadre de notre dispositif de recherche, nous avons laissé à nos sujets la responsabilité de préparer ces problèmes ou exercices, en

¹ Rappelons que, dans le cadre de ce travail, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division. Nous reprenons l'expression « travail de l'erreur », telle que définie par Portugais (1992; 1995; 1996). De ce fait, l'expression « *schème du travail de l'erreur* », se rapporte uniquement à l'activité du travail de l'erreur dans la division.

² Le lecteur notera que les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche concernent uniquement les maîtres de nos études de cas ; ils ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la population des enseignants novices. Les affirmations qui sont faites dans cette seconde partie de la thèse doivent être comprises comme étant relatives à ces sujets.

mentionnant uniquement qu'ils devaient cibler l'opération de division (cf. supra. p. 141). Le choix des tâches arithmétiques présentées en classe leur appartenait.

Nous amorçons donc ce chapitre en jetant un coup d'œil du côté des tâches proposées par les trois sujets de nos études de cas. Réitérons que les recherches de Portugais ont montré que le choix de certaines variables didactiques peut déterminer l'apparition de certains types d'erreur dans les procédures d'élèves (2000a). Ainsi, nous tentons de voir si nos sujets établissent des liens entre les algorithmes présentés³ et les erreurs pouvant apparaître dans les procédures d'élèves. Cet avant-plan permet d'aborder la notion d'erreur arithmétique, mais aussi d'en savoir plus sur les connaissances que possèdent Gina, Anna et Simon⁴.

1.1. Choix des tâches arithmétiques proposées par Gina

Gina accorde une attention particulière aux tâches qu'elle propose à ses élèves. Dans les séances d'enseignement, nous avons observé la présentation d'algorithmes ayant surtout été créés par ce maître⁵. En entretien, elle déclare « *J'ai vraiment choisi mes nombres. C'est pour ça que ça me prend du temps! C'est pas n'importe quoi que j'écris là; je veux vraiment quelque chose de particulier* » (G1-apri, lignes 75-77)⁶. Nous constatons ici son effort délibéré concernant le choix des nombres qui composent les algorithmes travaillés en classe. Nous présentons d'ailleurs ces derniers à l'annexe XIII.

Pour cette jeune enseignante, ce n'est pas le nombre de chiffres au dividende / diviseur qui influence le niveau de difficulté d'un algorithme, mais

³ Rappelons que, dans cette thèse, l'algorithme est compris comme un processus systématique d'exécution, dont l'organisation des étapes mène fatalement à un résultat. Ainsi, le terme « algorithme » peut être employé lorsqu'il signifie celui « d'opération » (cf. supra, p. 37).

⁴ Le lecteur notera que le travail de description des résultats, fondé sur l'étude de ces trois cas, est effectué dans le but de relever les tendances « intra-sujet » ainsi que globales de l'échantillon, notre but n'étant pas de comparer les pratiques de chacun, mais plutôt d'en effectuer une documentation détaillée.

⁵ Nous verrons un peu plus loin dans ce chapitre que les autres tâches algorithmiques sont pigées dans des matériaux didactiques (cf. infra, p. 188).

⁶ Cette notation des protocoles est employée dans les chapitres de résultats afin d'identifier la provenance de l'extrait. Ici, il s'agit de Gina (G), entrevue *a priori* 1 (précédant l'observation de la séance 1, lignes 75 à 77). Le lecteur trouvera la liste des abréviations utilisées à la p. xvii.

bien le choix des variables didactiques. Elle précise que ses élèves sont toutefois déstabilisés par des nombres de grande taille puisqu'ils perçoivent ces algorithmes comme étant des tâches plus difficiles : « *On dirait que ça les mélange quand on rajoute un autre [chiffre au nombre], mais pourtant c'est la même méthode.* » (G1-apri, lignes 20-22). En classe, elle insiste sur ce point :

« Avec des diviseurs à trois chiffres peut-être, mais à deux chiffres, peu importe les difficultés que je mets dedans, tu devrais être capable, parce que c'est toujours la même affaire que ton dividende ait six chiffres, sept chiffres, dix chiffres! C'est juste plus long, mais c'est pas plus dur »

(G1-apost, lignes 429-432).

En décrivant les tâches algorithmiques qu'elle présente aux élèves, Gina laisse sous-entendre son intention; elle veut faire apparaître certaines erreurs. Entre autres, elle décrit en ses propres mots qu'elle souhaite faire apparaître les erreurs de segmentation du dividende (que l'absence du zéro intercalaire soit située au centre ou terme du quotient). De même, elle veut augmenter la charge du travail multiplicatif des produits partiels. L'extrait suivant illustre ces particularités :

« Dans une division, j'abaisse un chiffre, puisque [...] mon nombre [...] n'est pas assez grand pour être capable d'être divisé par mon diviseur. Il faut mettre un zéro avant d'abaisser un autre, un zéro dans la réponse avant d'abaisser un autre chiffre. [...] Quand je commence par un nombre par exemple si je veux diviser 52 000 quelque chose, puis je divise par 53, ça arrive proche, alors parfois ça cause des problèmes chez les enfants puis là j'essaie d'en trouver un, je veux aussi qui se termine avec lui zéro [...] à la fin. »

(G1-apri, lignes 57-69)

Soulignons que ces visées ont été atteintes; nous verrons, dans la seconde partie de ce chapitre, que des erreurs liées à la segmentation (type 1.1a) et aux tables de multiplication (type 2.2b) ont été repérées par Gina lors des séances observées (cf. infra, p. 200-201). De plus, mentionnons qu'en réaction à l'algorithme $52\ 734 \div 53$, un des élèves s'exclame « *Ah! Non! Pas 53! Il rentre*

pas! » (G1-obs, ligne 207); il s'agit là de l'effet prévu et espéré par la jeune enseignante. Nous voyons ainsi que les tâches sont conçues de façon raisonnée et non pas en choisissant les nombres au hasard. Des algorithmes appropriés sont construits à partir d'un choix de variables pertinent. Ainsi, Gina dépasse « *la perspective naïve qui consiste à classer les divisions en tâches faciles ou difficiles* »; elle considère que le choix des nombres a une incidence déterminante sur les productions écrites des élèves (Portugais, 2000a, p. 1).

Nous avons toutefois remarqué que Gina se réfère à la typologie de Brun afin de construire ses tâches. D'ailleurs, elle ne fait pas que consulter ses notes de cours au sujet du travail de l'erreur, mais elle pige aussi quelques exemples d'algorithmes dans le recueil de lecture. Pendant les séances d'enseignement, nous avons également observé qu'elle marque, dans ses notes personnelles, le type d'erreur commise par ses élèves (1.1a, 2.2b, etc.) sans trop savoir pourquoi :

« J'essaie de voir les erreurs qu'ils font, un peu comptabiliser leurs erreurs. Quel type d'erreur qu'ils font là. Je ne sais pas à quoi ça va me servir, peut-être qu'à la longue, je vais pouvoir revenir puis faire des petites fiches quand ils divisent. Puis, regarde toi, c'est ça qu'il faut que tu fasses attention. Ce serait peut-être intéressant à faire. »

(G1-apost, lignes 189-194)

En proposant d'identifier les erreurs aux élèves, en dressant une liste spécifique de celles-ci et en accordant une telle importance au travail sur les erreurs, Gina applique un savoir didactique travaillé en formation initiale, au même titre qu'un savoir mathématique. En classe ordinaire, cette mise en marche d'un savoir didactique est spontanée, c'est-à-dire qu'elle n'est pas commandée par un contexte de formation initial. Le fait de se référer aux outils didactiques résulte d'un choix conscient de la part de Gina.

« J'ai consulté le recueil parce que je me souvenais de quelque chose de très précis. Je cherchais, un peu par paresse, mais aussi pour voir ce qui avait été fait [en formation]. Je me souvenais de pages où il y avait les erreurs courantes des enfants. C'est ce que je voulais voir, pour voir comment ils se débrouillaient, puis tout ça. En même temps, si on

travaille des [algorithmes de calcul] qui arrivent juste et puis qu'ils n'ont pas à se poser des questions, il n'y en a pas de problème! C'est quand on arrive avec des divisions, des nombres qui sortent un peu du commun, tu peux t'attendre à quelque chose. [...] Je me souviens que Jean Portugais avait dit : on ne choisit pas des nombres au hasard, on a toujours une idée derrière la tête. »

(G-fin, lignes 158-168)

Cet extrait montre que l'étude de savoirs didactiques, en formation initiale, avait permis à Gina, à l'époque, d'entamer l'élaboration de connaissances spécifiques au sujet des procédures erronées et de leur apparition provoquée par un choix de tâche approprié. Ouvrant à présent dans le contexte de la classe ordinaire, son expérience personnelle est limitée, malgré les différentes situations d'enseignement vécues en cette première année de carrière. En ce sens, nous pensons que ses connaissances demeurent incomplètes. Par conséquent, la novice s'appuie sur du matériel didactique obtenu en milieu universitaire afin de produire des tâches arithmétiques. Nous interprétons cette conduite comme un indice de la présence de connaissances spécifiques à l'erreur arithmétique qui demeurent « en construction » chez Gina.

Mais d'autres interprétations sont possibles. L'enseignante mentionne d'ailleurs, dans l'extrait précédent, que la paresse avait potentiellement influencé cette conduite. De même, ce recours au savoir didactique peut aussi constituer un effet de l'interprétation du contrat de recherche. Gina ne cache pas qu'elle a consulté la documentation provenant du cours de didactique de l'arithmétique dans lequel les typologies de Brun et Portugais furent travaillées; notre présence semble même avoir influencé cette décision. En entretien, la jeune enseignante souligne qu'elle n'aurait probablement pas consulté cet outil didactique « *juste par oubli, puis pour des raisons peut-être aussi simples que je ne m'attendais pas à une si grande difficulté* » (G-fin, lignes 184-185). Ainsi, les raisons justifiant cette consultation ne se limitent point à notre présence dans sa classe ; Gina a été étonnée et quelque peu déstabilisée par l'ampleur des difficultés rencontrées par ses élèves : « *j'ai été un peu dépassée par tout ça, c'est sûr que dans un examen*

que je leur ai fait passer, j'en revenais pas des erreurs qu'ils faisaient » (G-fin, lignes 189-190).

Cela dit, nous retenons particulièrement cette idée de connaissances qui demeurent « en élaboration ». Nous verrons, tout au long de ce chapitre, que cette dernière est fondamentale dans le cadre de la présente recherche.

1.2. Choix des tâches arithmétiques proposées par Anna

Anna crée ses propres tâches ou adapte celles qu'elle pige dans différents manuels scolaires adoptés par l'école. Nous présentons d'ailleurs à l'annexe XIII une liste des algorithmes travaillés par ce sujet avec ses élèves lors des séances d'observation. Comme Gina, cette enseignante consulte aussi la documentation provenant du même cours de didactique de l'arithmétique afin d'organiser son enseignement. En entretien, elle mentionne que depuis le début de l'année scolaire, elle a eu recours à ce matériel didactique à plus d'une reprise : « *Une fois pour la division, puis l'autre peut-être pour les fractions, je ne me souviens pas. [Il] faudrait que je regarde parce qu'elles sont juste à côté de mon bureau; ils sont sortis de mes boîtes ces recueils-là* » (A-fin, lignes 135-137). Nous remarquons toutefois que les textes consultés ne concernent ni le module dédié au travail sur les erreurs, ni celui sur les typologies de Brun ou Portugais. L'enseignante précise d'ailleurs que notre présence dans sa classe ne l'a aucunement influencée dans cette conduite; elle a eu recours au recueil de lecture de son propre gré, avant de participer à cette recherche⁷.

Dans sa préparation, Anna s'attarde surtout à la confection des algorithmes de division, en accordant une attention particulière aux choix des nombres. Elle demande fréquemment à sa mère, une enseignante d'expérience, de réviser ses tâches, mais elle prend également le temps d'effectuer les calculs avant de les soumettre à ses élèves :

⁷ Nous n'évoquons donc pas ici la possibilité de l'effet du contrat de recherche.

« Tout ce qu'ils font en devoir, tout ce qu'ils font en classe, je le fais. Je n'ai pas le choix. Des fois, c'est long, mais des fois, c'est moins long. Étant donné que c'est ma première année aussi, j'aime mieux le faire comme ça, je sais de quoi je parle. Je sais où je m'en vais ».

(A-prem, lignes 243-246)

Cette action lui permet, entre autres, de vérifier la charge du travail multiplicatif de même que le contrôle des relations entre le diviseur, le dividende, le quotient et le reste. Toutefois, par les déclarations obtenues en entretien, nous percevons qu'Anna choisit ses variables didactiques, non pas pour faire apparaître certaines erreurs, mais parce qu'elle se préoccupe du degré de complexité associé à l'exécution du calcul. Elle précise que les algorithmes considérés comme « moins difficiles » sont soumis aux élèves qui ont « plus de difficultés »; son choix de tâches est adapté en fonction de l'élève qui aura à les réaliser.

L'une des caractéristiques associées aux tâches « difficiles » constitue le nombre de chiffres au diviseur et dividende. Ce résultat, s'opposant aux données obtenues chez Gina, est illustré dans l'extrait suivant dans lequel Anna commente une intervention réalisée en séance d'enseignement :

« Là, quand j'ai vu qu'il comprenait même pas trois chiffres divisés par deux chiffres dans le fond, j'ai dit mon dieu! Je voyais bien qu'il ne comprenait pas, puis même si j'avais voulu faire dix numéros avec lui là... J'ai dit mon dieu! Je vais essayer d'aller à un numéro plus simple. Tu sais, commencer au moins un nombre de 2 chiffres divisé par 1 chiffre. C'est déjà moins gros »

(A3-apost, lignes 128-132).

En ce qui concerne le choix des tâches soumises aux élèves, Anna a une réaction hybride. D'un côté, elle fait appel aux savoirs didactiques en ayant recours à la documentation provenant du milieu universitaire. De l'autre, elle emploie un mode de pensée rejeté par la formation initiale; elle classe les divisions en tâches faciles ou difficiles, sans considérer l'incidence déterminante que peut avoir le choix des nombres sur les productions écrites des élèves. Nous interprétons l'opposition dans la conduite de la nouvelle enseignante comme une

marque « d'exploration ». Si nous voyons qu'elle possède différentes connaissances, nous croyons conséquemment que celles-ci sont incomplètes ou plutôt qu'elles demeurent « en construction ». En ce qui a trait aux procédures erronées et leur apparition provoquée par un choix de tâche appropriée, Anna vit ses propres expériences en classe ordinaire qui divergent des situations de formation vécues en milieu universitaire. Vergnaud soutient d'ailleurs que cette interaction du sujet avec le réel est indispensable : « *c'est dans cette interaction que le sujet forme et éprouve ses représentations et conceptions, en même temps que celles-ci sont responsables de la manière dont il agit et dont il règle son action* » (1985, p. 245).

1.3. Choix des tâches arithmétiques proposées par Simon

Simon s'implique de façon moins réfléchie dans la préparation des tâches qu'il présente à ses élèves. Les problèmes et les exercices sont issus de différentes sources; ils proviennent des manuels scolaires, des suggestions des élèves ou sont simplement inventés « sur le champ » pendant les séances observées. Ce jeune enseignant se réfère également à un programme informatique selon lequel il n'a qu'à insérer le nombre de chiffres désirés au dividende et au diviseur et spécifier s'il s'agit d'une division avec ou sans reste. Nous constatons ainsi qu'il ne choisit que rarement les variables didactiques composant les algorithmes de division.

Lors des trois séances observées, Simon organise l'enseignement de la division en présentant une gradation de tâches correspondant, selon lui, à une augmentation contrôlée du niveau de difficulté des algorithmes de division : « *On a fait des divisions de deux chiffres au dividende par un chiffre au diviseur et puis on est allé par trois chiffres au dividende par deux chiffres au diviseur et on a arrêté là. C'est pas encore consolidé ça.* » (S-prem, lignes 39-45). Ensuite, il introduit les divisions avec reste et, par après, les situations problèmes dans lesquelles l'élève doit discerner le sens de l'opération. Nous remarquons toutefois que l'ensemble des algorithmes proposés est caractérisé par la faible taille des

nombres ou le travail multiplicatif peu élaboré. Une liste des algorithmes travaillés en classe par Simon et ses élèves est présentée à l'annexe XIII.

Le discours tenu par Simon, lors des entrevues, traduit son désir de motiver les élèves en leur faisant vivre progressivement des mini succès : *« J'ai choisi de commencer avec un nombre au diviseur parce que c'est plus facile pour les élèves. Et comme ça faisait une longue période de temps qu'on n'a pas vraiment fait de division (...), je voulais y aller d'une façon graduée »* (S1-apost, lignes 78-83). Mentionnons qu'il se soucie également des conséquences négatives possibles chez un élève qui échoue l'exécution d'un algorithme au tableau et de l'importance de préserver la confiance et l'estime d'un enfant dans ces circonstances (S1-apost, lignes 123-124). Après tout, selon cet enseignant, la division :

« est peut-être l'opération la moins comprise, je pense, la moins maîtrisée qui demande souvent le plus grand effort intellectuel parce que l'algorithme n'a souvent pas été expliqué, mais a été enseigné comme tel, comme un algorithme. Donc, c'est mécanique, c'est artificiel, donc les élèves doivent premièrement en tirer un sens puis deuxièmement apprendre à le maîtriser. »

(S3-apost, lignes 482-488)

Bref, chez ce sujet, les tâches soumises ne sont pas sélectionnées dans le but de faire apparaître certains types d'erreurs dans les productions des élèves. Simon échelonne son enseignement de la division; il commence par les tâches qu'il considère « faciles » et progresse vers les « difficiles ». Ceci est effectué afin de « faire vivre des succès » aux élèves. Cette conception de « la réussite pour tous » constitue non seulement une visée stipulée dans les recommandations ministérielles (Gouvernement du Québec, 2001), mais un élément classique de la culture pédagogique des enseignants.

Mentionnons que cet enseignant a admis avoir brièvement consulté la documentation recueillie à l'université lors de la préparation des séances que nous avons observées. Toutefois, il ne s'agit pas du cours de didactique dans lequel se retrouve le segment dédié au travail de l'erreur. Lorsque questionné, au terme du

dispositif de recherche, à propos des typologies de Brun ou Portugais, Simon mentionne que ces outils didactiques auraient pu lui donner des repères dans l'enseignement de la division, si seulement il les avait eus sous la main lors des séances⁸.

Simon prend donc appui sur différentes sources lors de sa préparation des tâches soumises aux élèves (la documentation obtenue en milieu universitaire, les manuels scolaires ou même un programme informatique). L'analyse de ses choix d'algorithmes révèle un véritable métissage de connaissances : certaines didactiques, d'autres relevant de domaines connexes. Nous interprétons l'imbrication de celles-ci comme une marque « d'exploration », indiquant que le sujet ne dispose pas de tous les éléments cognitifs nécessaires lui permettant de provoquer chez ses élèves des procédures erronées par un choix de tâche appropriée.

Il est possible que cette hybridation de connaissances suscite une implication majeure : aucune erreur n'a été commise par les élèves lors de l'exécution des algorithmes présentés. Le lecteur comprendra qu'il s'agit ici d'une hypothèse émise à propos d'un phénomène particulier que nous n'avions guère anticipé lors de l'élaboration de notre cadre de référence. Il entraîne d'ailleurs d'importantes conséquences pour la présente recherche, puisque cet enseignant n'a pas eu à diagnostiquer ou à intervenir sur des procédures erronées pendant les séances observées.

Nous croyons que ce résultat est possiblement lié au choix des tâches de cet enseignant. En effet, les algorithmes proposés comprennent soit de petits nombres, soit un travail multiplicatif peu élaboré, mais peuvent aussi se définir par ces deux caractéristiques. Des tâches simples, « faciles à réaliser », comme $66 \div 2$,

⁸ Simon a affirmé que notre présence ne l'avait aucunement influencé à consulter ces deux typologies; « *Écoute, c'est simple. Je les ai pas consultés quand j'ai enseigné la division au début de l'année* » (S-fin, lignes 262-264). Nous ne lions donc pas cette conduite à un effet de contrat de recherche.

900 ÷ 25 ou 2047 ÷ 23, encouragent la réussite chez l'élève, mais, du même coup, diminuent grandement les probabilités de faire des erreurs arithmétiques.

Nous n'écartons pas ici la possibilité d'un obstacle méthodologique; nous estimons qu'un faible pourcentage d'erreurs commises, lors des séances, peuvent avoir échappé à l'observation du chercheur. Lorsque les élèves travaillaient en petit groupe, l'environnement devenait extrêmement bruyant et il devenait difficile de capter les diverses interactions maître / élève à l'aide de la caméra vidéo. Ce phénomène a eu lieu lors des deux premières séances observées chez Simon et lors de la première séance chez Anna. Dans ces trois cas, une courte période de moins de dix minutes n'a pas été captée par nos instruments. Contrairement à Simon, Anna n'a pas affirmé, en entrevue *a posteriori*, qu'elle était intervenue auprès d'élèves ayant commis une erreur arithmétique lors de ces moments. Puisqu'il a été impossible de vérifier les déclarations émises par Simon, nous n'avons été en mesure ni de confirmer l'existence de ces erreurs particulières ni d'évaluer la portée de cette limite associée à notre dispositif expérimental.

De plus, nous pouvons également nous demander si ce résultat n'est pas une lecture possible du contrat de recherche qu'effectue Simon. Celui-ci cherche possiblement à éviter les erreurs en choisissant des tâches « à succès » pour ses élèves qu'il qualifie de « *très forts académiquement* » et « *hyperdoués* » (S-prem, ligne 635 ; ligne 646).

Toutefois, nous croyons que ces deux interprétations ne sont pas, à elles seules, suffisantes pour justifier l'absence d'erreurs arithmétiques dans le cadre de trois séances d'enseignement représentant près de quatre heures d'enregistrement sur bande vidéo. De ce fait, nous proposons une piste interprétative en liant ce phénomène au choix des tâches de Simon. Nous croyons que la décision délibérée de classer les divisions en tâches faciles ou difficiles et la volonté de procéder à une présentation progressive des algorithmes pour permettre aux élèves de vivre des succès constituent des indices précieux. Ils témoignent selon nous du fait que,

conceptuellement, Simon n'a pas nécessairement établi de liens l'incidence déterminante que peut avoir le choix des nombres sur les productions écrites des élèves. Ils révèlent aussi que les connaissances didactiques concernant les tâches algorithmiques et les erreurs demeurent incomplètes⁹ chez cet enseignant. C'est en les amalgamant à d'autres connaissances relevant de domaines connexes que Simon procède à la préparation des tâches algorithmiques proposées à ses élèves.

Au terme de notre présentation des choix de tâches arithmétiques proposées par Simon, nous demeurons prudente en insistant sur le fait que nous avons proposé des pistes d'interprétation pour la conduite de cet enseignant débutant. Nous sommes convaincue que celles-ci mériteraient de faire l'objet d'une recherche future.

Ceci complète notre survol des pratiques situées en amont de la classe chez nos trois sujets. Nous nous tournons maintenant vers l'analyse des protocoles d'observation afin de présenter une analyse de l'activité de diagnostic réalisée en classe ordinaire.

2. REPÉRAGE DE L'ERREUR EN CLASSE ORDINAIRE

L'analyse des données recueillies par notre dispositif de recherche nous a permis d'identifier la présence d'erreurs commises par des élèves lors de l'exécution d'algorithmes de division en colonne. Chez Gina et Anna, nous avons repéré un total de 30 erreurs arithmétiques. Ce nombre restreint s'explique principalement par le fait qu'aucune erreur n'a été observée chez Simon. Cela dit, nous devons préciser que nous n'avons pas analysé tous les brouillons des élèves, mais bien les copies qui ont été examinées par ces enseignantes. Or, il est

⁹ Nous tenons à préciser que si le terme « incomplètes » est employé ici, les expressions « en développement » ou « en construction » auraient également pu être mobilisées, puisque Vergnaud soutient que les connaissances « *sont façonnées par les situations qu'ils ont rencontrées et maîtrisées progressivement* » (1991a, p.150). Elles sont donc ouvertes sur l'avenir.

envisageable que d'autres erreurs aient été commises sur des copies qui n'ont simplement pas été vérifiées par le maître lors de notre visite.

Rappelons au lecteur que la visée de cette recherche est de documenter le travail de l'erreur qu'effectue l'enseignant et non les procédures erronées des élèves. Nous ne cherchons pas à évaluer ou à mesurer les habiletés de l'enseignant, mais procéder à la description raisonnée de leur pratique. Malgré leur nombre restreint, les 30 erreurs identifiées dans le cadre de cette étude descriptive nous permettent d'atteindre nos différents objectifs scientifiques et de répondre à nos questions de recherche.

Dans cette section, nous ciblons spécifiquement l'activité de diagnostic réalisée par nos sujets. Soulignons que nous accordons peu d'intérêt à la façon dont ils procèdent pour repérer l'erreur puisqu'un tel travail analytique a déjà été réalisé dans différentes recherches. Citons, à titre d'exemples celles de Portugais (1992, 1995), DeBlois et Squalli (2002) ou DeBlois (2003). À partir d'une analyse de l'organisation de la conduite de Gina ou Anna en contexte de la classe ordinaire, nous visons plutôt à *identifier les erreurs arithmétiques commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division et repérées par le nouveau maître* (cf. supra, p. 25).

Afin d'illustrer comment nous avons repéré les procédures erronées des élèves et identifié si celles-ci sont reconnues (ou non) par nos sujets, nous présentons, à titre d'exemple, un cas observé dans le cadre de notre dispositif de recherche. Ensuite, il nous est possible d'offrir une présentation de nos résultats de recherche. Un travail interprétatif de ceux-ci est réalisé par après.

2.1. Méthodes pour l'étude du repérage des erreurs par les maîtres novices

Comme nous l'avons précisé lors du chapitre consacré à la méthodologie, l'analyse des protocoles d'observation est privilégiée afin de dégager des phénomènes didactiques à l'œuvre dans la classe ordinaire. Cette technique nous permet d'étudier spécifiquement le nouveau maître reconnaissant les erreurs commises par ses élèves dans l'exécution d'algorithmes de division.

Prenons ici, par exemple, le cas de Gina qui travaille en classe ordinaire avec un petit groupe de cinq élèves où elle leur présente l'algorithme $9187 \div 17$. Cette enseignante circule et observe les procédures des élèves. Elle répond aussi à leurs questions. Rébecca a terminé son calcul et le présente à son enseignante. Voici son calcul :

Tableau III

L'erreur de Rébecca dans l'algorithme $9187 \div 17$

| | | |
|--|--|---|
| $ \begin{array}{r} 9187 \\ - \underline{85} \\ 148 \\ - \underline{136} \\ 127 \\ - \underline{119} \\ 8 \end{array} $ | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> $\begin{array}{r} 17 \\ \hline 587 \end{array}$ </div> <div> r. 8 </div> </div> | <p>Dans la première opération intermédiaire, c'est-à-dire la soustraction du premier produit partiel, Rébecca a fait une inversion en calculant $1 - 5 = 4$. Il s'agit d'une erreur 2.1a</p> |
|--|--|---|

Gina observe la procédure de Rébecca, refait mentalement le calcul et le compare à la procédure de l'élève. Cette activité lui permet de repérer l'erreur. Nous reprenons ci-dessous un court extrait de l'échange didactique entre l'enseignante (G) et l'élève (R) qui fait suite à cette activité de diagnostic¹⁰.

¹⁰ Il s'agit ici d'un extrait de protocole montrant uniquement l'identification de l'erreur par l'enseignant. La mise en œuvre d'une intervention sur cette procédure erronée sera présentée plus loin dans le présent chapitre (cf. infra, p. 214).

Tableau IV**L'identification par Gina de l'erreur d'inversion (2.1a) de Rébecca dans l'algorithme 9187 + 17 (G3-obs, lignes 1330-1339)**

| | | |
|----------|---|--|
| G | <i>Oh, l'erreur que tu as faite ici!</i> | L'enseignante déclare qu'il y a erreur, début de la <i>situation du travail de l'erreur</i> . |
| R | <i>(Rébecca observe sa procédure)</i> | Réaction de l'élève |
| G | <i>Regarde ça ici, comment ça que 1 moins 5 ça donne 4 ? Ton 5 là, tu l'as fait comme en montant. (...)</i> | L'enseignante indique le lieu précis de l'erreur; l'inversion (le plus gros soustrait le petit). |

À l'aide de l'analyse de cet échange didactique¹¹ et de la copie de l'élève (filmée par la caméra), il nous est possible de valider le diagnostic de l'enseignant. Mentionnons qu'en plus de nous appuyer sur nos observations du maître en action, dans d'autres cas, nous devons nous référer aux protocoles d'entretien où nous avons demandé aux enseignants de décrire l'erreur repérée, afin de confirmer le diagnostic. Ainsi, c'est par le biais de la triangulation de données distinctes qu'il nous est possible de confirmer la reconnaissance de l'erreur par l'enseignant débutant¹². Nous reviendrons, plus loin dans le présent chapitre, sur l'erreur de Rébecca et sur le travail d'intervention que réalise Gina sur cette procédure erronée (cf. infra, p. 214).

2.2. Diagnostic des erreurs par les maîtres novices

L'analyse des protocoles nous a permis d'identifier dix-huit erreurs chez Gina et douze chez Anna (aucune procédure erronée n'ayant été identifiée ou diagnostiquée dans la classe de Simon). Parmi cette somme, une seule erreur arithmétique n'a pas été repérée par un enseignant débutant; ceci représente un taux de reconnaissance d'environ 96,7 % pour ces deux sujets. Ce résultat met en

¹¹ En accordant une très grande importance aux traces verbales laissées par le maître et ses élèves, nous considérons que l'interaction entre ces sujets comprend également des indices gestuels non verbaux. L'ensemble de ces éléments sont donc considérés dans l'échange didactique à titre de données d'analyse.

¹² Précisons que nous n'avons pas tenu compte des erreurs rapportées par les sujets en entrevues, mais non observées par le chercheur (n'apparaissant pas sur les bandes vidéo ou audio).

évidence un élément d'importance pour l'analyse du travail de l'erreur chez les novices : les différentes erreurs commises par les élèves dans l'exécution d'algorithmes de division sont repérées par les nouvelles enseignantes de nos études de cas.

Afin de répondre à la question spécifique « *Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître?* » (cf. supra, p. 21), nous reprenons et détaillons les procédures erronées identifiées par Gina et Anna dans les sections suivantes. Rappelons que nous nous appuyons sur la typologie de Brun et Conne, qui se retrouve en annexe (ann. I), afin d'identifier les erreurs arithmétiques. Nous nous référons à cet outil à des fins d'identification et ne souhaitons aucunement y amener certaines modifications.

2.2.1. Les erreurs identifiées par Gina

Lors des différentes séances observées dans la classe de Gina, nous avons remarqué la présence de nombreuses erreurs arithmétiques. Afin de mieux présenter les résultats, nous les avons regroupées dans le tableau V. Celui-ci indique le type d'erreur observé et son occurrence et nous permet de constater si l'erreur a été repérée (ou non) par l'enseignant débutant. Nous offrons quelques explicitations dans les paragraphes qui lui font suite.

Tableau V
Erreurs arithmétiques observées chez Gina

| Type | Erreur | Occurrence |
|------|---|------------|
| 1 | 1.1a Segmentation : Abaisser d'un coup une partie du dividende ce qui entraîne l'absence des zéros intercalaires au quotient | 2 |
| | 1.1d Un même dividende partiel divisé deux fois ce qui entraîne l'écriture successive de 2 chiffres au quotient | 2 |
| | 1.4a Reste final plus grand ou égal au diviseur | 1 |
| 2 | 2.1a L'inversion (le plus gros soustrait le petit) | 1 |
| | 2.1b Erreur de table de soustraction | 1 |

| | | |
|---|--|----|
| | 2.2b Erreur de table de multiplication | 8 |
| | 2.2 Erreur de multiplication (variante) | 1 |
| 3 | 3.1a N'abaisse pas un chiffre de la colonne et arrête | 1 |
| | 3.2 Inversion (variante) | 1 |
| | Totaux | 18 |

Lors des séances observées chez Gina, nous avons repéré 18 erreurs arithmétiques commises par des élèves lors de l'exécution d'algorithmes de division; toutes ces erreurs ont été repérées par l'enseignante. Ceci lui donne un taux de reconnaissance de 100 %.

Le type d'erreur ayant l'occurrence la plus grande est l'erreur de table de multiplication (2.2b); elle apparaît à huit reprises. Les erreurs liées à la segmentation (1.1a), de même qu'au traitement du dividende qui est divisé à deux reprises (1.1d), détiennent une occurrence double. Nous remarquons, pour toutes les autres erreurs, une occurrence simple, c'est-à-dire qu'elles apparaissent à une seule reprise.

Si nous avons observé dans la classe de Gina deux erreurs qui ne sont pas répertoriées dans la typologie des erreurs de Brun, nous pouvons les associer à un type plus général¹³ :

- D'un côté, il y a l'erreur produite lors de la multiplication d'un produit partiel; au cœur de l'exécution de son algorithme, l'élève choisit un multiplicateur (3) et l'inscrit à droite du quotient partiel (99). Toutefois, il multiplie alors le quotient partiel (3 x 99) au lieu du diviseur. Cette erreur n'apparaît qu'une seule fois lors des séances observées. Il s'agit, selon nous, d'une erreur de type 2, en rapport avec les opérations intermédiaires. Elle se rapporte, plus précisément, à l'opération de la multiplication; nous l'avons donc identifiée comme une variante de 2.2.

¹³ Réitérons que cette typologie a déjà été validée par plus d'une recherche (cf. supra, p. 42) et nous ne cherchons pas ici à modifier cet outil.

- D'un autre côté, il y a une erreur en rapport avec le placement des chiffres dans le diagramme de la division (type 3). Dans ce cas particulier, l'élève inscrit le multiple, non pas à l'emplacement du quotient, mais dans le diagramme de division où sont abaissés les chiffres du dividende. Cette erreur unique, rapidement identifiée par Gina, constitue selon nous une variante du type d'erreur particulier de l'inversion, en ce qui concerne le placement des nombres dans le diagramme de l'algorithme (3.2).

À ces 18 erreurs, nous devons mentionner que Gina a également repéré deux erreurs de calcul lors de l'exécution de la preuve d'un algorithme. Puisque celles-ci sont liées à l'opération de la multiplication, nous n'en tenons pas compte dans le cadre de ce travail. De plus, soulignons qu'une autre erreur, que nous avons été incapable d'identifier, s'ajoute à cette liste. Il s'agit d'un cas particulier où les élèves ont effectué individuellement un algorithme de division de même que sa preuve. À la suite de cette activité, l'enseignante a demandé à un volontaire n'ayant pas réussi sa procédure de venir la refaire au tableau. Si nous avons documenté cette seconde exécution de l'algorithme, nous n'avons pas été en mesure d'obtenir la première version qui, d'ailleurs, n'a jamais été révisée ou corrigée par Gina. Nous sommes ainsi dans l'impossibilité d'identifier si l'erreur se retrouve dans l'exécution de l'algorithme ou de la preuve. De ce fait, elle n'est pas traitée dans le cadre de ce chapitre.

Cela dit, nous avons remarqué que Gina formule parfois des mises en garde pendant le travail de calcul des élèves, du type « *Tombe pas dans mon piège, qu'est-ce qu'on fait quand on n'en a pas assez?* » (G3-obs, lignes 1160-1161). Cette affirmation risque de porter entrave à son intention de faire apparaître des erreurs à partir des tâches algorithmiques choisies (cf. supra, p. 187). Ici, un élève plus prudent aura probablement évité l'erreur.

2.2.2. Les erreurs identifiées par Anna

Lors des différentes séances d'observations réalisées dans la classe d'Anna, nous avons constaté la présence de quelques erreurs arithmétiques. Afin d'obtenir un meilleur portrait des données recueillies, nous les avons regroupées dans le tableau VI. Nous offrons quelques précisions à ce sujet dans les paragraphes suivants.

Tableau VI
Erreurs arithmétiques observées chez Anna

| Type | Erreur | Occurrence |
|--------|--|------------|
| 1 | 1.4a Reste final plus grand ou égal au diviseur | 1 |
| 2 | 2.1 Erreur de soustraction (variante) | 1 |
| | 2.2b Erreur de table de multiplication | 9 |
| 3 | 3.2 Inversion (variante) | 1 |
| Totaux | | 12 |

Lors des trois séances observées chez Anna, nous avons repéré douze erreurs arithmétiques commises par des élèves lors de l'exécution d'algorithmes de division. Parmi celles-ci, onze erreurs ont été reconnues par cette enseignante novice, lui donnant un taux de reconnaissance d'environ 92 %. Décrivons rapidement cette erreur non repérée.

L'erreur du reste final plus grand ou égal au diviseur (1.4a) n'est pas reconnue par Anna lors d'un épisode où un élève obtient un reste de 30 à la division $352 \div 23$. Au terme de l'exécution du calcul, cette enseignante demande à l'élève « *Ok, ok, il reste 30. On a parlé d'argent, 30 c'est quoi?* » (A3-obs, ligne 438). Elle poursuit son intervention en ajoutant ce contexte de problème à l'algorithme et discute du sens de la distribution de dollars. Elle mentionne le « 30 » à une autre reprise, mais continue ses explications sur ce que représente un reste dans un algorithme de division. Aucunement, lors de ce protocole ne fait-elle mention de cette erreur ou n'essaie-t-elle de la traiter (ann. XIV). Cette conduite s'oppose à toutes les autres actions adoptées par Anna à la suite du repérage d'une erreur commise lors des séances observées. Lors de l'entrevue *a*

posteriori, elle n'en discute pas non plus. Ces différents indices nous portent à conclure que l'erreur n'a pas été repérée. Pour cette enseignante, l'erreur n'a pas été faussement identifiée par un diagnostic inexact, mais complètement ignorée.

La grande majorité des procédures erronées, soit neuf des douze erreurs repérées, constituent des erreurs de tables de multiplication (2.2b). L'ensemble des autres types d'erreur ont une occurrence simple. Cela dit, mentionnons que deux des erreurs observées dans la classe d'Anna ne sont pas répertoriées dans la typologie des erreurs de Brun et Conne. Toutefois, elles peuvent être associées à un type plus général :

- D'un côté, il y a l'erreur produite lors de la soustraction d'un produit partiel : l'élève effectue l'opération inverse, en additionnant au lieu de soustraire. Cette erreur, qui apparaît une seule fois, est repérée par l'enseignante. Il s'agit selon nous d'une erreur de type 2 en lien avec les opérations intermédiaires. Elle se rapporte, plus précisément, à l'opération de la soustraction. Nous avons identifié cette erreur particulière comme une variante de 2.1.
- D'un autre côté, il y a une erreur en rapport avec le placement des chiffres dans le diagramme de la division (type 3). Dans ce cas particulier, l'élève inverse le dividende et le diviseur et découpe le dividende de droite à gauche : pendant l'exécution de l'algorithme $352 \div 23$, il verbalise ses actions et mentionne qu'il se demande « *combien de fois 2 rentre dans 23?* ». Cette erreur unique, rapidement identifiée par Anna, constitue selon nous une variante du type d'erreur particulier de l'inversion en ce qui concerne le placement des nombres dans le diagramme de l'algorithme (3.2).

2.2.3. Des éléments cognitifs spécifiques à l'activité de diagnostic

L'analyse du travail de repérage effectué par Anna et Gina révèle que ces sujets reconnaissent les erreurs dans les algorithmes de division exécutés par leurs

élèves. L'étude de leur conduite en classe ordinaire nous permet d'observer qu'elles sont non seulement en mesure de repérer une procédure erronée, mais également d'effectuer des diagnostics justes. En prenant appui sur cette remarque d'importance, nous constatons que ces enseignantes débutantes possèdent un réseau conceptuel comprenant les éléments cognitifs nécessaires pour identifier les erreurs arithmétiques. Ceci s'avère, malgré le fait que ces professionnelles en sont à leur première année de carrière. Nous expliquons cette constatation dans les pages qui suivent.

Gina nous a confié « *pour moi, un enfant qui fait des erreurs, c'est correct. Puis même, j'encourage à ce qu'il fasse des erreurs* » (G-fin, lignes 21-22). Cet extrait nous semble représentatif de la perception de l'erreur détenue par l'ensemble des sujets de cette étude; ils considèrent l'erreur comme étant « normale », faisant partie du processus d'apprentissage. D'ailleurs, nous avons remarqué que les enseignantes débutantes de nos études de cas décrivent globalement, mais correctement les procédures erronées, comme les erreurs de table (2.2b), les erreurs en rapport avec le contrôle des relations entre le dividende, le diviseur, le reste et le quotient (type 1) ou les erreurs liées au placement des chiffres dans le diagramme de division (type 3). Ceci a été principalement observé lors de l'entrevue première où nous avons abordé la question des erreurs arithmétiques observées en classe et pendant les entretiens *a posteriori* où les erreurs diagnostiquées sont commentées.

Si les descriptions générales des erreurs énoncées par ces enseignantes sont effectuées sans peine, le vocabulaire employé demeure imprécis. À ce sujet, rapportons rapidement un incident où Gina était incertaine du terme « dividende » : elle se questionne à voix haute « *Comment il s'appelle celui qui se fait diviser là? C'est pas le dividende... C'est le dividende? C'est bizarre!* » (G1-apri, lignes 62-63). Ce résultat n'atténue en rien nos observations: en situation d'enseignement, Anna et Gina repèrent les différentes erreurs dans les calculs de division de leurs élèves.

Cette capacité à reconnaître les procédures erronées peut être interprétée à la lumière de la théorie des champs conceptuels : « *La plupart de nos connaissances sont des compétences. Une partie de ces compétences seulement est aisément explicitable. Il faut une théorie psychologique et didactique qui s'adresse à cette question* » (Vergnaud, 1994, p. 178). En effet, si ces enseignantes verbalisent difficilement leur diagnostic lors des entretiens, elles sont tout de même aptes à reconnaître les erreurs. Ceci est possible parce que les connaissances rationnelles sont opératoires dans l'action. Nous pouvons témoigner de cette réalité grâce au taux de reconnaissance de 96,7 % obtenu dans notre dispositif de recherche. En ce sens, ces connaissances spécifiques servent, d'abord et avant tout, à effectuer un diagnostic sur le vif (pendant l'exécution de l'algorithme ou une fois celle-ci terminée). En classe ordinaire, cette activité d'identification est effectuée en simultanéité avec divers autres paramètres ne relevant pas nécessairement de la didactique (comme la gestion de contraintes du temps ou les mesures de discipline, par exemple). Donc, il n'est guère surprenant de constater qu'un enseignant, placé en entrevue une quinzaine de minutes après la fin des classes, n'évoque que partiellement la détermination de son diagnostic. Ceci contribue selon nous au caractère parfois imprécis des descriptions des erreurs offertes à l'intervieweur.

L'ensemble des brefs résultats présentés jusqu'ici nous permet d'avancer que le diagnostic de l'erreur est une activité conceptuelle qui nécessite, de la part des enseignants débutants de nos études de cas, une référence à un réseau d'éléments cognitifs spécifiques. Ceux-ci concernent nécessairement l'opération de la division et son algorithme respectif, ainsi que les erreurs arithmétiques en tant que telles. Afin d'exposer cette idée, nous prenons d'abord appui sur une totalité dynamique fonctionnelle déjà bien établie chez le maître : le *schème-algorithme*.

2.2.3.1. *Le schème-algorithme de division chez les enseignants débutants*

Le *schème-algorithme* permet au sujet de coordonner *in situ* les connaissances numérales et numériques nécessaires à l'exécution d'une tâche algorithmique (cf. supra, p. 11 et 40). Cette notion centrale dans les travaux d'inspiration genevoise a permis de prendre correctement la mesure de la fonction adaptative de la connaissance chez l'élève. Rappelons que Brun et son équipe de chercheurs avaient soulevé, en 1994, la question du fonctionnement didactique des erreurs en considérant leurs expressions comme des traces progressives d'un *schème-algorithme* de division. Ici, nous considérons que le repérage de l'erreur dans la procédure de l'élève nécessite la mobilisation de ce même *schème-algorithme* de la part du maître. Nous nous expliquons.

Nous savons qu'il existe différentes façons pour l'enseignant de repérer une erreur. Nous avons remarqué que nos sujets choisissent fréquemment de refaire la procédure, reprenant étape par étape le calcul de l'élève. Ces actions peuvent être effectuées mentalement, être accompagnées d'actes verbaux ou s'appuyer sur une reconstitution immédiate du calcul écrit. Ainsi, même si elles ont accès à une version corrigée de l'algorithme à exécuter, Gina et Anna décortiquent la procédure afin d'identifier le lieu de l'erreur. La coordination de leur action, *in situ*, indique qu'elles savent appliquer les règles de la technique de calcul, mais aussi qu'elles maîtrisent les aspects sémantiques en jeu. En s'appuyant sur des concepts-en-acte et théorèmes-en-acte construits antérieurement, elles comparent leurs propres procédures à celles des élèves afin de déceler les similarités ou disparités. Cette activité conceptuelle, qui suscite un diagnostic de la procédure juste ou erronée, nécessite une mobilisation d'aspects numéral et/ou numérique liés au *schème-algorithme* de division. Cette activité indique que les enseignants débutants de nos études de cas mobilisent ce schème afin de repérer les erreurs dans les procédures d'élèves.

Cela dit, nous savons que les connaissances rationnelles contenues dans le *schème-algorithme* sont opératoires dans l'action. Rappelons que Gina a correctement diagnostiqué les dix-huit erreurs commises dans sa classe, tandis qu'Anna en a repéré onze sur une possibilité de douze. Mentionnons également qu'aucun des sujets n'a effectué de faux diagnostics, c'est-à-dire identifier une erreur incorrectement. L'étude des choix de tâches présentées aux élèves révèle également des indices au sujet des connaissances numérales et numériques que possèdent les maîtres de nos études de cas sur l'opération de division et son algorithme respectif. À titre d'exemple, l'augmentation de la valeur numérique du dividende, dans le but de faire augmenter le travail multiplicatif, témoigne de la présence, sur le plan de l'organisation cognitive, de certains sous-schémes¹⁴. Comme le souligne Zaragosa, nous remarquons que :

« Celui qui sait » a une position d'interface entre les objets de culture et « celui qui apprend ». Cette asymétrie par rapport au savoir rappelle qu'il y a une transmission de connaissances d'un sujet vers d'autres sujets. Ainsi dans l'appropriation par les apprenants il y a l'intervention d'un maître, qui est un être cognitif, avec sa propre conception du savoir. »

(2006, p. 99-100)

Bref, l'ensemble de ces éléments nous amène non seulement à soutenir la mobilisation, en situation d'enseignement, du *schème-algorithme* de division chez nos sujets, mais à reconnaître un niveau de conceptualisation plus élaboré que celui pouvant être réalisé par l'élève. Par conséquent, nous proposons l'existence d'un schème spécifique au travail de l'erreur chez les maîtres débutants de nos études de cas.

2.2.3.2. Le schème-travail de l'erreur chez les maîtres novices

Le *schème-travail de l'erreur* se situe en extension du *schème-algorithme* de division puisqu'il comprend des éléments cognitifs supplémentaires. Il permet

¹⁴ Le lecteur notera que c'est dans le sens de sous-routine qu'est utilisée l'expression « sous-schème ». À titre d'exemple nous nommons les tables de multiplication qui constituent un sous-schème du *schème-algorithme* de division.

non seulement au sujet de coordonner *in situ* les connaissances numériques et numériques nécessaires à l'exécution d'une division, mais également de procéder au repérage d'erreurs et même de concevoir des tâches algorithmiques (cf. infra, p. 211). Il contient ainsi des éléments relevant des opérations élémentaires et leurs algorithmes respectifs ainsi que des procédures erronées. Nous expliquons cette dernière catégorie à partir des deux exemples suivants.

○ Les erreurs de table de multiplication

Parmi toutes les erreurs identifiées, les erreurs en rapport avec l'opération intermédiaire de la multiplication ont été les plus fréquentes, particulièrement en ce qui concerne les erreurs de table (2.2b). L'analyse des protocoles révèle que celles-ci sont rapidement repérées et aisément décrites par Gina et Anna. Le terme « *erreurs de table* » est employé par nos trois sujets afin de désigner cette erreur, tout comme l'avait fait Brun dans la typologie des erreurs. Aucun autre type d'erreur n'est désigné explicitement à l'aide d'une expression particulière. Ainsi, nous pouvons soutenir que ces enseignants novices possèdent des connaissances spécifiques à propos de l'erreur de table de multiplication.

Rappelons que Gina a possiblement atteint un seuil d'élaboration distinct des autres sujets parce qu'elle ne fait pas seulement identifier ou décrire ce type d'erreur; elle choisit des variables didactiques dans le but de la faire apparaître (cf. supra, p. 187). Cette organisation de la conduite et les anticipations qu'elle entraîne témoignent d'un plus grand contrôle sur l'activité mathématique de l'élève. Ceci ne signifie point que Gina est une « meilleure » enseignante si on la compare aux autres. Nous considérons toutefois que l'organisation de ses conduites révèle une recherche active de l'erreur de table de multiplication.

Ces indices nous conduisent à proposer l'existence de composantes spécifiques, concernant ce type de procédure erronée et faisant partie intégrante du *schème-travail de l'erreur*. Ces éléments cognitifs n'apparaissent pas nécessairement dans le *schème-algorithme* de l'élève parce qu'ils sont relatifs au

travail du maître. Puisque certaines conduites mettent en relief le caractère inachevé ou hybride des connaissances de nos sujets, nous proposons l'idée que certaines composantes du schème demeurent « en construction ».

○ Les erreurs de segmentation

Le dispositif de recherche mis en place dans la classe de Gina nous a permis de constater une véritable quête, chez cette enseignante, de vouloir déceler l'erreur liée au traitement du dividende, et plus particulièrement celle de la segmentation (1.1a). Rappelons au lecteur qu'il s'agit de l'erreur attribuée au fait que l'élève abaisse d'un coup une partie du dividende ce qui entraîne l'absence de zéro intercalaire au quotient.

Gina construit des tâches particulières et se réfère même à la typologie des erreurs afin de faire apparaître cette erreur spécifique. Elle décrit à plusieurs reprises ce type d'erreur lors des entrevues *a priori*. En classe, elle informe ses élèves des « pièges » qu'elle a tendus; une expression qui les avertit de la possibilité qu'une erreur puisse être commise. Malgré ces mises en garde, des erreurs sont produites et Gina les repère dans les calculs de deux élèves. D'ailleurs, elle indique à un élève que sa procédure comprend une erreur liée à la segmentation du dividende, en employant le même vocabulaire que celui présenté dans la typologie. De ce fait, Gina se réfère à un savoir didactique, mais elle s'appuie également sur ses propres connaissances afin de régir son activité de diagnostic.

Ici, l'organisation de sa conduite témoigne selon nous de la présence d'une autre composante du *schème-travail de l'erreur*, spécifique à l'erreur de segmentation (1.1a). Ce sont ces expériences relatives, vécues en classe ordinaire, qui contribuent à l'élaboration de ses propres connaissances concernant ce type d'erreur. En d'autres mots, nous croyons qu'il s'agit d'un apprentissage qui poursuit son cours.

Les deux exemples précédents montrent que le schème-travail se situe en extension du *schème-algorithme* de division; il comprend des éléments cognitifs supplémentaires n'apparaissant pas dans le *schème-algorithme* de l'élève. Ces derniers sont spécifiques au métier d'enseignant et sous-tendent l'activité conceptuelle réalisée en classe ordinaire. Mentionnons d'ailleurs que les réponses obtenues en entretien indiquent que les enseignants débutants de nos études de cas possèdent d'autres connaissances spécifiques aux procédures erronées (concernant, par exemple, les procédures erronées liées à l'opération intermédiaire de la soustraction, au traitement du dividende, au traitement du reste, de même qu'au placement des chiffres dans le diagramme de l'algorithme).

Parmi les connaissances contenues dans le *schème-travail de l'erreur*, quelques-unes sont mobilisées par les enseignants débutants lorsque des choix de tâches algorithmiques soumises aux élèves sont effectuées. Nous pouvons témoigner de cela avec Gina qui, par le choix de variables numériques particulières, fait apparaître des erreurs spécifiques. Or, nous avons montré, lors de la première partie de ce chapitre, que ces connaissances concernant la construction et la préparation de tâches algorithmiques sont parfois imbriquées, et souvent incomplètes, chez des individus qui en sont à leurs premières expériences en enseignement. Il s'agit là d'un indice significatif qui donne à penser que le *schème-travail de l'erreur* est une structure conceptuelle qui n'a toutefois peut-être pas encore atteint l'équilibre chez les sujets de nos études de cas¹⁵.

Si nous avons, jusqu'à présent, insisté uniquement sur l'identification des procédures erronées, nous savons que le travail de l'erreur comprend un second volet, celui de l'intervention sur la procédure erronée. Rappelons que, dans ses recherches, Portugais a montré que le diagnostic de la procédure erronée est

¹⁵ Clarifions ici que nous sommes consciente que le fait de sélectionner des tâches algorithmiques présentées aux élèves nécessite un ensemble de connaissances qui ne sont pas toutes contenues dans le *schème-travail de l'erreur*. Nous ne prétendons pas que ce dernier est le seul schème mobilisé lorsque le maître assume son rôle de titulaire. Toutefois, nous reconnaissons que certaines connaissances procédurales et conceptuelles (associées à l'exécution de l'algorithme), de même que certaines connaissances au sujet des erreurs peuvent être mobilisées par l'enseignant qui doit choisir les tâches qu'il présente en classe.

étroitement lié à la mise en œuvre de stratégies d'intervention. Les données présentées dans cette section plaident selon nous dans le même sens; nous interprétons ces deux aspects du travail de l'erreur comme étant possiblement régis par un seul et même schème. Du moins, nous faisons nôtre ici l'idée d'une dépendance entre les aspects diagnostiques de l'erreur chez le maître novice et les aspects reliés à ses interventions sur l'erreur. Compte tenu de notre cadre de référence, il est alors logique et légitime d'interpréter cette relation comme étant indicatrice d'une association de ces deux facettes à l'intérieur d'un même schème.

Rappelons que ce concept se définit, à la base, comme une « *organisation invariante de la conduite pour une classe de situation donnée* » (Vergnaud, 1991a). Pour soutenir l'idée d'un schème spécifique au travail de l'erreur, nous devons maintenant préciser cette notion fondamentale de *situation du travail de l'erreur*, proposée et soutenue dans notre cadre de référence (cf. supra, p. 104). Dans les pages qui suivent, nous verrons comment une analyse de l'organisation des conduites de nos sujets nous permet d'identifier ces situations d'enseignement spécifiques en classe ordinaire¹⁶. Cette section sert en quelque sorte de préambule aux sixième et septième chapitres où nous procédons à un important travail analytique et interprétatif de l'activité d'intervention sur l'erreur.

3. VERS L'ÉTUDE DU TRAVAIL DE L'ERREUR EN CLASSE ORDINAIRE

Dans ce cinquième chapitre, nous avons procédé à la description raisonnée de l'organisation de la conduite de nos sujets en instance d'identification de l'erreur. À partir d'un travail analytique et interprétatif, il nous a été possible de mettre en évidence deux faits d'importance pour la présente recherche. D'abord, nous avons montré que l'erreur commise par l'élève dans l'exécution d'algorithme de division est repérée par les enseignantes novices de nos études de cas. En

¹⁶ Réitérons que, dans le cadre de la présente étude, la notion de « situation » se limite au sens habituellement accordé par le psychologue. Elle prend la signification que lui accorde Vergnaud dans la théorie des champs conceptuels (1991a).

prenant appui sur cette observation, nous avons ensuite été en mesure de soutenir que, pour repérer l'erreur, l'enseignant débutant fait appel à son propre réseau de connaissances spécifiques au travail de l'erreur. Ainsi, nous avons constaté que ce professionnel détenant une expérience de travail limitée possède déjà un réseau conceptuel comprenant les éléments cognitifs nécessaires pour diagnostiquer les procédures erronées des élèves.

Ayant réussi à cibler l'activité de diagnostic, nous nous tournons à présent vers le second volet du travail de l'erreur : l'intervention sur la procédure erronée. En nous référant à l'analyse des protocoles, nous pouvons affirmer d'emblée que chacune des 29 procédures erronées identifiées par nos sujets a été suivie par la mise en œuvre de stratégies d'intervention sur l'erreur. En d'autres mots, les erreurs arithmétiques commises par les élèves et identifiées par les enseignantes novices de nos études de cas sont traitées par ces dernières. Ce résultat, qui sera exploité dans les deux prochains chapitres, représente un point d'ancrage majeur pour l'analyse du travail de l'erreur chez les novices.

Dans les pages qui suivent, nous exposons rapidement nos méthodes privilégiées pour étudier le travail de l'erreur dans son ensemble. Nous cherchons aussi à préciser la fonction du repérage de l'erreur dans le cadre du traitement de la procédure erronée. Ceci nous permet d'aborder la notion de *situation du travail de l'erreur*.

3.1. Méthodes pour l'étude du travail de l'erreur par les maîtres novices

Le lecteur sait que l'analyse des protocoles d'observation est privilégiée afin de dégager des phénomènes didactiques à l'œuvre dans la classe ordinaire. Dans le chapitre consacré à la méthodologie, nous avons précisé comment nous avons procédé au découpage de ceux-ci pour obtenir des unités analysables. Rappelons que nous avons fractionné les protocoles en épisodes d'abord, puis nous avons découpé ceux-ci en micro-épisodes (cf. supra, p. 171). Il s'agit d'une

technique nous permettant de mieux cibler l'activité de diagnostic et le travail d'intervention sur l'erreur qu'effectuent nos sujets.

Pour illustrer nos méthodes, nous reprenons rapidement l'exemple de l'erreur de Rébecca et présentons le travail d'intervention subséquent réalisé par Gina. Rappelons que cette élève commet l'erreur 2.1a, une inversion dans la soustraction d'un produit partiel, lors de son exécution de l'algorithme $9187 \div 17$ (cf. supra, p. 198). Après avoir repéré l'erreur, l'enseignante (G) intervient aussitôt auprès de l'élève (R). Nous reprenons l'échange didactique intégral dans le tableau suivant :

Tableau VII

L'identification par Gina de l'erreur d'inversion (2.1a) de Rébecca dans l'algorithme $9187 \div 17$ et le travail d'intervention subséquent mis en place (G3-obs, lignes 1330-1342)

| | | |
|----------|--|---|
| G | <i>Oh, l'erreur que tu as faite ici!</i> | L'enseignante déclare qu'il y a erreur, début de la <i>situation du travail de l'erreur</i> . |
| R | <i>(Rébecca observe sa procédure.)</i> | Réaction de l'élève |
| G | <i>Regarde ça ici, comment ça que 1 moins 5 ça donne 4? Ton 5 là, tu l'as fait comme en montant.</i> | L'enseignante indique le lieu précis de l'erreur, l'inversion dans la soustraction. |
| R | <i>(Rébecca fait le signe « oui » avec sa tête.)</i> | Réponse non verbale de l'élève |
| G | <i>Ça c'est le, ça c'est notre nombre de départ, fais-le maintenant 1 moins 5.</i> | L'enseignant indique la procédure correcte. |
| R | <i>(Rébecca efface le calcul à partir de la partie erronée et modifie sa procédure.)</i> | L'élève corrige la procédure erronée. |
| G | <i>(L'enseignante observe les actions de l'élève, mais n'intervient pas auprès de l'élève.)</i> | Fin de la <i>situation du travail de l'erreur</i> |

L'analyse de cet échange didactique nous permet de décrire l'organisation de la conduite de l'enseignante face à l'erreur. Dans ce cas précis, Rébecca commet une erreur 2.1a et l'enseignante intervient à l'aide d'une stratégie unique.

En désignant explicitement le lieu de l'erreur à l'élève et en lui montrant la procédure correcte (F_{i-1}), Gina agit rapidement sur la procédure erronée en contrôlant les aspects syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève¹⁷. Plus particulièrement, elle tente d'agir sur la composante du *schème-algorithme* de l'élève relevant de l'opération intermédiaire de la soustraction. Cette action est d'ailleurs efficace puisqu'elle permet à l'élève de prendre rapidement conscience de son erreur et de modifier sa procédure pour obtenir une réponse juste¹⁸.

Dans ce cas particulier, le diagnostic et la stratégie d'intervention sont identifiables à partir de l'analyse unique du protocole d'observation. Nous prenons donc en ligne de compte les aspects langagiers, de même que les actions physiques et les réactions non verbales. Dans certaines circonstances, les verbalisations et déclarations obtenues en entretien permettent de compléter ou d'enrichir les données observées. Rappelons qu'un test de fiabilité et de stabilité a également été réalisé afin d'assurer un contrôle de notre codage des erreurs et stratégies d'intervention observées (cf. supra, p. 181).

3.2. Repérage et intervention en situation du travail de l'erreur

L'exemple de l'erreur de Rebecca est utile afin d'illustrer comment nous avons procédé à l'analyse du repérage et de l'intervention chez nos sujets. Ce micro-épisode, extrait du protocole d'observation, montre également que l'activité de diagnostic est immédiatement suivie par un travail d'intervention sur l'erreur. Il ne s'agit pas d'un cas isolé. Comme nous l'avons souligné plus haut, chacune des 29 erreurs repérées par Gina ou Anna lors des séances observées (soit 100 %) a été suivie par la mise en place d'une ou plusieurs stratégies d'intervention.

Nous remarquons donc que la fonction de l'identification de l'erreur est étroitement liée au travail subséquent d'intervention sur celle-ci; nous pouvons

¹⁷ Rappelons que nous nous appuyons sur la typologie de Portugais afin d'identifier les stratégies d'intervention (ann. II).

¹⁸ Nous ne cherchons pas ici à qualifier les interventions des maîtres en tant que « bonnes » ou « mauvaises », mais cherchons plutôt à les décrire dans leur ensemble.

même soutenir que les deux partagent des liens d'interdépendance. Ainsi, il nous est possible d'affirmer que pour ces maîtres novices œuvrant en classe ordinaire, l'activité de diagnostic obéit à une nécessité didactique puisqu'elle est un travail préparatoire à l'intervention.

L'analyse des protocoles d'observation et d'entretien permet de mettre en évidence que l'activité de diagnostic ne constitue point un moyen de montrer au chercheur qu'il sait bel et bien identifier les procédures erronées. Ceci s'oppose, en partie, aux résultats de recherches obtenus auprès des futurs enseignants; le repérage de l'erreur effectué par nos sujets n'assume, en aucune occasion, une fonction d'agrément au contrat de recherche (cf. supra, p. 179). Plutôt, la reconnaissance de l'erreur est réalisée afin de traiter celle-ci par la suite.

Ainsi, l'erreur n'est pas repérée pour de simples fins d'identification; elle constitue l'élément déclencheur d'une situation d'enseignement spécifique où le maître novice met en œuvre une ou plusieurs stratégies d'intervention. C'est d'ailleurs en ce sens que nous avons situé l'erreur au sein de notre cadre de référence, comme un problème devant être résolu par l'enseignant (cf. supra, p. 104). Bref, le travail de la procédure erronée, dans le contexte de la classe ordinaire, résulte d'un raisonnement ayant pour double finalité de comprendre la procédure erronée et d'organiser ses actions en conséquence.

De ce fait, l'exemple de l'erreur de Rébecca illustre la notion que nous avons nommée *situation du travail de l'erreur*. Il s'agit d'un échange didactique entre un enseignant ayant identifié une erreur et l'élève ayant produit la procédure erronée. La *situation du travail de l'erreur* implique donc deux conditions essentielles : la procédure doit présenter, au minimum, une erreur repérée et l'enseignant doit décider d'intervenir par la mise en œuvre de stratégies d'intervention sur la procédure erronée.

Dans le but de mieux saisir la richesse et la complexité de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur réalisé en situation d'enseignement, nous proposons deux niveaux d'analyse distincts du volet « intervention sur l'erreur » dans les deux prochains chapitres. Le sixième chapitre cible l'étude globale des *situations du travail de l'erreur*. Il cible la coordination des activités de diagnostic et d'intervention sur l'erreur qu'effectuent Gina et Anna dans le cadre de ces situations d'enseignement particulières. Le septième chapitre tente d'analyser plus finement le détail de la mise en œuvre des stratégies d'intervention. Il cherche à montrer que ces maîtres novices possèdent leur propre réseau conceptuel comprenant des éléments cognitifs permettant d'intervenir sur les erreurs arithmétiques. Ce chapitre nous permet donc de repérer, par l'analyse des conduites observables, de véritables concepts-en-acte et théorèmes-en-acte explicites, soit des indices qui témoignent des connaissances qui sous-tendent le travail de l'erreur. Ces deux chapitres examinent les conditions de possibilité du travail de l'erreur de la part de l'enseignant novice dans la perspective de nos hypothèses de travail.

CHAPITRE SIXIÈME

LES SITUATIONS DU TRAVAIL DE L'ERREUR CHEZ LES ENSEIGNANTS DÉBUTANTS

Ce sixième chapitre, dédié à l'étude globale du travail d'intervention sur l'erreur, vient répondre à la question « *Comment le maître novice travaille-t-il l'erreur arithmétique dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire?* » (cf. supra, p. 21). Nous analysons d'abord les dix-neuf *situations du travail de l'erreur* observées dans le cadre de notre dispositif de recherche et identifions différents phénomènes didactiques. Par la suite, un travail interprétatif nous permet d'aborder la notion de l'intentionnalité didactique en *situation du travail de l'erreur*. Dans les deux parties de ce sixième chapitre, nous identifions certains *indices, observables dans la conduite du nouvel enseignant en situation du travail de l'erreur, qui témoignent des connaissances et des mécanismes cognitifs du nouvel enseignant* (cf. supra, p. 25).

1. SITUATIONS DU TRAVAIL DE L'ERREUR EN CLASSE ORDINAIRE

Nous avons vu dans le cinquième chapitre, qu'en classe ordinaire, l'activité de diagnostic est l'antécédent obligé du travail d'intervention sur l'erreur. En d'autres termes, s'il n'y a pas de procédure erronée, il n'y a pas de travail de l'erreur¹. De ce fait, l'erreur représente un véritable problème devant être résolu par le maître².

¹ En fait, nous avons remarqué que nos sujets peuvent tout de même intervenir sur l'activité mathématique de l'élève à l'aide de moyens d'intervention s'il n'y a pas d'erreur commise. Toutefois, puisque l'objet de cette recherche est l'étude du « travail de l'erreur », nous ciblons uniquement le déroulement de séances d'enseignement (micro-épisodes) où l'enseignant décide d'intervenir sur les procédures erronées.

² Le lecteur notera que les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche concernent uniquement les maîtres de nos études de cas et ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la population des enseignants novices. Les affirmations qui sont faites dans cette partie de la thèse doivent être comprises comme étant relatives à ces sujets.

L'activité d'intervention, où le maître agit sur la cognition de l'élève à l'aide de la mise en place de stratégies d'intervention, constitue le cœur de la *situation du travail de l'erreur*³. Dans ces circonstances, il est possible d'observer l'enseignant novice faire des choix, prendre des décisions didactiques et poser des actions en fonction du déroulement de celle-ci. Pour supporter cette idée d'un *schème-travail de l'erreur*, nous devons procéder à l'analyse de différentes *situations du travail de l'erreur*. Comme le précise Vergnaud :

Il est fécond et légitime de rechercher les parentés et les ruptures à l'intérieur d'un ensemble de situations organisées par des idées elles-mêmes parentes, dans lesquelles les procédures, les représentations et les formulations puissent raisonnablement dériver les unes des autres. Un concept ne prend pas sa signification dans une seule classe de situation et une situation ne s'analyse pas à l'aide d'un seul concept.

(1991a, p. 167)

Ce travail analytique nous permet non seulement de *décrire le travail de l'erreur réalisé par le maître novice dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire*, mais aussi d'*identifier, dans la conduite du nouvel enseignant, des indices qui témoignent des connaissances et mécanismes cognitifs qui sous-tendent le travail de l'erreur*. (cf. supra, p. 25).

1.1. Brève présentation des dix-neuf situations du travail de l'erreur

Dans le tableau suivant, nous donnons une présentation condensée et synoptique des dix-neuf micro-épisodes repérés et analysés dans le cadre de notre dispositif de recherche, c'est-à-dire les dix-neuf *situations du travail de l'erreur* rencontrées par Gina et Anna. Rappelons qu'aucune erreur n'a été observée dans la classe de Simon et, de ce fait, aucune situation de travail sur l'erreur n'a été identifiée. Le lecteur devra prendre note que la présence de ce long tableau se justifie par le fait qu'il permet d'exposer, en abrégé, les différentes *situations du travail de l'erreur* observées dans le cadre de notre dispositif de recherche.

³ Le lecteur se rappellera que, dans le cadre de ce travail, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division.

Mentionnons que le travail analytique et interprétatif de celles-ci débute à la section 1.2 du présent chapitre (cf. infra, p. 223).

Tableau VIII
Dix-neuf situations du travail de l'erreur

| LÉGENDE | |
|---|--|
| <p><u>Erreur</u> : l'erreur est identifiée à l'aide de sa notation provenant de la typologie de Brun et Conne. Exemple : Erreur 2.2b</p> <p><u>Intervention</u> : chaque stratégie mise en œuvre est identifiée par sa notation provenant de la typologie de Portugais. Le symbole « ^ » ou « ^^ » permet de rendre compte de son importance relative. Le symbole « * » ou « ()* » indique que la stratégie est dégénérée. Exemple : G_{i3}^{\wedge}, G_{i9}^*</p> <p><u>Succession</u> : Le symbole « → » remplace l'expression « est suivi de... ».</p> | |

| | |
|-------------|---|
| N° 1 | <p>Intervention de Gina sur une erreur 3.1a Tâche : 52 734 + 53</p> |
| | <p>Erreur 3.1a → $F_{i2} \rightarrow F_{iv}^{\wedge}$ Orientation générale de la situation : (F)</p> |
| N° 2 | <p>Intervention de Gina sur des erreurs 2.2, 1.4a et 1.1d Tâche : 52 734 + 53</p> |
| | <p>Erreurs 2.2 + 1.4a → F_{j6} (sur 1.4a) → devient 2.2 + 1.1d → G_{i6} (sur 1.1d) → $(G_{i6})^*$ → $(F_{j7})^*$ → reste 2.2 → $F_{iv} \rightarrow F_{i1}$ Orientation générale de la situation : (F)</p> |
| N° 3 | <p>Intervention de Gina sur une erreur 3.2 Tâche 19 112 + 18</p> |
| | <p>Erreur 3.2 → $(F_{j7} + F_{i2})^*$ Orientation générale de la situation : (F)</p> |
| N° 4 | <p>Intervention de Gina sur une erreur 1.1a Tâche 9187 +17</p> |
| | <p>Erreur 1.1a → $G_{i6} \rightarrow G_{i1} \rightarrow F_{iv}^{\wedge} \rightarrow (G_{i3})^*$ Orientation générale de la situation : (G) → (F)</p> |
| N° 5 | <p>Intervention de Gina sur une erreur 1.1a Tâche 9187 +17</p> |
| | <p>Erreur 1.1a → $F_{iv} \rightarrow (G_{i3})^*$ Orientation générale de la situation : (F)</p> |

| | |
|-------|---|
| N° 6 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_{i9} \rightarrow (G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (G) \rightarrow (F)</i> |
| N° 7 | Intervention de Gina sur une erreur 2.1b <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N° 8 | Intervention de Gina sur une erreur non identifiée, 2.2b, 2.2b, 2.2b, 2.2b, et 1.1d <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur non identifiée $\rightarrow (F_{j7})^* \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow F_{iv} \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1} \rightarrow F_{iv} \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1} \rightarrow F_{iv} \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow F_{iv} \rightarrow$ (même 2.2b qui entraîne) 1.1d $\rightarrow F_{i1}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N° 9 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 99 999 + 248</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_i$ <i>Orientation générale de la situation : (G)</i> |
| N° 10 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 99 999 + 248</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_{i8}$ <i>Orientation générale de la situation : (G)</i> |
| N° 11 | Intervention de Gina sur une erreur 2.1a <i>Tâche 9187 + 17</i> |
| | Erreur 2.1a $\rightarrow F_{i1}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N° 12 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow F_{i1}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N° 13 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b <i>Tâche : 352 + 23</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow F_{j2} \rightarrow$ Bifurcation ; $(F_{j2} + F_{j3} + F_{j4})^* \rightarrow (F_{j2} + F_{j4})^* ; \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow G_i \rightarrow F_{iv}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N° 14 | Intervention d'Anna sur une erreur 3.2 <i>Tâche 352 + 23</i> |
| | Erreur 3.2 $\rightarrow F_{i2}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N° 15 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b <i>Tâche 83 + 2</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |

| | |
|-------|---|
| N° 16 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b Tâche 834 + 24 |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow F_{j7} \rightarrow (G_{i4} + F_{j7})^* \rightarrow F_{i1}$ Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 17 | Intervention d'Anna sur les erreurs 2.2b (5 fois) Tâche 834 + 24 |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow (G_{i9})^* \rightarrow F_{i2} \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1} \rightarrow$ retour à la première 2.2b $\rightarrow F_{iv} \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow F_{iv} \rightarrow F_{i2} \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1}^{\wedge}$ Orientation générale de la situation : (G) \rightarrow (F) |
| N° 18 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.1 Tâche 834 + 24 |
| | Erreur 2.1 $\rightarrow (G_{i9})^* \rightarrow (G_{i6})^* \rightarrow F_{i1} \rightarrow F_{j7}$ Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 19 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b Tâche 442 + 16 |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i9})^*$ Orientation générale de la situation : (F) |

Un premier coup d'œil jeté au tableau révèle que toutes les erreurs commises par l'élève dans l'exécution d'algorithmes de division⁴ et identifiées par une enseignante novice sont traitées par cette dernière. Précisons ici que nous avons choisi de présenter une telle réduction des données au sujet des situations du travail de l'erreur, car cela permet d'appréhender un volume important d'informations dans un espace restreint. De ce fait, nous pouvons mieux saisir la démarche de travail de l'erreur de ces enseignantes qu'en procédant à une présentation littérale de tous les micro-épisodes concernés. Dans les pages qui suivent, nous décrivons les résultats de recherche identifiés par cette analyse en exposant, lorsque nécessaire, le détail de certaines *situations du travail de l'erreur*. Les extraits de protocoles sont alors insérés dans le chapitre ou placés en annexe.

1.2. Orientation générale des situations du travail de l'erreur

L'analyse des micro-épisodes montre qu'en *situation du travail de l'erreur*, nos sujets organisent leur conduite en fonction du traitement effectif de la procédure erronée. C'est en ce sens que nous affirmons que ce type de situation est régi par une logique interne; elle s'amorce lorsqu'une erreur est repérée par

⁴ Rappelons que, dans cette thèse, l'algorithme est compris comme un processus systématique d'exécution, dont l'organisation des étapes mène fatalement à un résultat (cf. supra, p. 37).

l'enseignant et trouve son achèvement, non seulement lorsque l'élève a pris conscience de celle-ci, mais quand il a modifié sa procédure de manière à obtenir une réponse juste⁵. Dans le contexte de la classe ordinaire, un environnement caractérisé par la spontanéité et l'imprévisibilité, cette finalité n'est pas toujours atteinte. La mise en place d'une ou de plusieurs stratégies d'intervention peut être plus ou moins efficace dans le cadre d'une *situation du travail de l'erreur* donnée. Ainsi, le déroulement et le dénouement de la *situation du travail de l'erreur* peuvent varier. Cela dit, rappelons au lecteur que ce n'est pas cette finalité en soi qui nous intéresse, mais bien les démarches entreprises par le maître pour traiter l'erreur.

L'analyse des micro-épisodes révèle que l'organisation de la conduite des enseignants novices de nos études de cas, en *situation du travail de l'erreur*, est réglée par une recherche permanente du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. Ainsi, l'ensemble des choix effectués et des actions mises en œuvre par nos sujets pour traiter l'erreur s'oriente sur le contrôle des actes (F) ou le contrôle du sens (G). C'est ce premier résultat de recherche qui nous a permis de distinguer deux niveaux d'analyse. Nous retrouvons, d'un côté, les stratégies d'intervention en elles-mêmes, comme l'avait observé Portugais dans les années 90. Rappelons que celles-ci seront analysées dans le cadre du septième chapitre (cf. infra, p. 269). De l'autre côté, nous trouvons les *situations du travail de l'erreur* dans lesquelles la coordination de l'ensemble des choix, décisions et actions du maître réalisés en classe ordinaire s'oriente également sur le contrôle des actes (F) ou le contrôle du sens (G). Ayant identifié l'orientation générale de chaque *situation du travail de l'erreur* dans le tableau VIII, nous les regroupons dans le tableau suivant afin de présenter ce résultat particulier.

⁵ Cette notion d'intentionnalité sera reprise ultérieurement dans le présent chapitre (cf. infra, p. 246).

Tableau IX**L'orientation générale des situations du travail de l'erreur**

| Orientation | Situations n° | Totaux |
|---|---|---------------|
| Contrôle des actes (F) | 1, 2, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19 | 14 |
| Contrôle du sens (G) | 9, 10 | 2 |
| Contrôle du sens vers contrôle des actes (G) → (F) | 4, 6, 17 | 3 |

Ce premier regard jeté sur l'activité des maîtres novices est révélateur : il indique qu'en *situation du travail de l'erreur*, l'organisation de leur conduite est généralement régie par le contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève. En fait, quatorze des dix-neuf situations sont orientées sur le contrôle des actes (F)⁶. Mais nous demeurons prudente dans l'interprétation d'un tel résultat, puisque si la coordination des actions s'oriente principalement sur le contrôle numéral, plusieurs indices témoignent des diverses tentatives d'intervention sur le contrôle du sens qu'effectuent les enseignants de nos études de cas.

En plus des deux situations orientées exclusivement sur le contrôle des aspects sémantiques de l'activité mathématique de l'élève (G), nous avons observé trois situations particulières dans lesquelles l'orientation des moyens d'intervention se transforme, allant du contrôle des actions au contrôle du sens vers le contrôle des actes (G) → (F). Ainsi, il y a migration entre les deux pôles du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. Il s'opère donc une modification de l'approche de l'enseignant novice lors de la mise en œuvre effective de ses intentions didactiques en-acte. Soulignons que dans ces situations particulières, il

⁶ Précisons qu'il est possible de retrouver une ou plusieurs stratégie(s) orientée(s) sur le contrôle du sens (G) dans une *situation du travail de l'erreur* orientée sur le contrôle des actes (F). Toutefois, l'analyse de l'ensemble des choix, des décisions et des actions réalisés par le maître dans cette situation particulière révèle une orientation générale axée sur le contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève.

n'y a pas uniquement un changement de stratégie d'intervention, mais une véritable permutation sur le plan de l'orientation de l'ensemble des conduites du maître débutant. En d'autres mots, nous retrouvons une manière « plus sémantique » de travailler l'erreur se faisant remplacer par des conduites attachées à la modification syntaxique de l'activité de l'élève⁷.

Il est nécessaire de préciser que dans ces trois situations marquées par la permutation de l'orientation générale du contrôle de l'activité de l'élève, le nouvel enseignant modifie son approche afin de s'adapter au déroulement de la situation. En ce sens, le travail de l'erreur orienté sur le contrôle du sens ne permet pas à l'élève de repérer son erreur et de modifier ensuite sa procédure. Dans les séances observées, le maître débutant ne contredit pas son projet didactique en augmentant le contrôle des actions et en délaissant le contrôle des aspects numériques. Nous illustrons ces propos à l'aide de la situation n° 6, présentée ci-dessous, où Gina (G) intervient auprès de Jennyfer (J) ayant commis une erreur de multiplication (2.2b) lors de l'exécution de l'algorithme $34\ 185 \div 32$.

Tableau X

L'identification par Gina de l'erreur de table de multiplication (2.2b) de Jennyfer dans l'algorithme $34\ 185 \div 32$ et le travail d'intervention subséquent mis en place (G1-obs, lignes 1549-1558)

| | | |
|----------|--------------------------------------|---|
| G | <i>Qu'est-ce que t'as fait ici ?</i> | Après avoir repéré l'erreur, l'enseignante demande à l'élève de lire la procédure erronée (2 fois $32 = 34$), $G_{i\ 9}$. |
| J | <i>2 fois 32</i> | Jennyfer lit la procédure, sans l'erreur, et n'en prend pas conscience. |
| G | <i>2 fois 32, 34.</i> | Gina répète à voix haute la procédure erronée ($G_{i\ 9}$)*, indiquant à l'élève le lieu de l'erreur. Nous verrons dans le prochain chapitre qu'il s'agit d'une forme dégénérée de la stratégie $G_{i\ 9}$ (cf. infra, p. 302). |

⁷ Mentionnons que même si nous n'avons pas observé des situations dont l'orientation se transforme du contrôle des actions vers le contrôle du sens (F) \rightarrow (G), lors de notre dispositif, nous croyons toutefois que la possibilité de retrouver une telle coordination de la conduite demeure.

| | | |
|----------|--|--|
| J | <i>Oups ! (Elle modifie sa procédure.)</i> | Jennyfer prend conscience de l'erreur de table (2.2b); elle modifie sa procédure et obtient un calcul juste. |
|----------|--|--|

Dans ce cas précis, le contrôle de l'activité mathématique est d'abord orienté sur le contrôle du sens (G). Toutefois, compte tenu de l'échec de cette stratégie, la nouvelle enseignante modifie son approche en indiquant le lieu de l'erreur. Malgré la forme dégénérée que prend la stratégie G_i ⁸, nous considérons cette intervention à titre d'adaptation au déroulement de la *situation du travail de l'erreur* : le maître novice vient assurer un plus grand contrôle numéral de l'activité mathématique de l'élève et une diminution du degré de dévolution. Ici, Gina reprend à sa charge le déroulement du calcul.

Précisons que si les *situations du travail de l'erreur* peuvent contenir des stratégies dégénérées, nous n'avons pas assimilé leur orientation à une forme globalement « dégénérée ». Même si elles peuvent témoigner des contradictions, l'idée est de considérer l'organisation des conduites dans son ensemble, malgré les inconsistances. Cela se présente lorsque l'enseignant réussit (ou non) à amener l'élève à prendre conscience de son erreur et à se corriger. Nous n'écartons point la possibilité de retrouver une orientation générale dite « dégénérée » de la *situation du travail de l'erreur*. Nous n'avons cependant rien observé de tel avec nos données. La coordination des actions chez ces maîtres novices, dans une même *situation du travail de l'erreur*, nous invite à la prudence; la description raisonnée des conduites nous amène à constater des variations dans le réglage du contrôle sur l'activité mathématique de l'élève, plutôt qu'à la désignation de dégénérescences pures.

Par ailleurs, l'extrait de protocole (ou micro-épisode) présenté précédemment nous amène à relever une autre question : l'organisation de la conduite de Gina, adoptée en fonction de l'erreur de Jennyfer, peut-elle être considérée comme la plus efficace possible dans le cadre de cette situation? Dans

⁸ Le lecteur prendra note que les formes dégénérées du travail de l'erreur seront analysées dans le septième chapitre (cf. infra, p. 293).

cette recherche, nous évitons d'émettre un jugement de cet ordre. Nous cherchons plutôt à décrire le déroulement des actions observées chez nos sujets. L'analyse de ces conduites indique que si l'orientation générale d'une *situation du travail de l'erreur* permute lors de son déroulement, il ne s'agit pas nécessairement d'une forme dégénérée de l'organisation de la conduite du maître novice ou d'un manquement majeur sur le plan du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. Dans le cas de l'erreur de Jennyfer, il s'agit plutôt d'une adaptation de ses intentions didactiques en-acte (cf. supra, p. 98). Nous pouvons ici parler du processus d'assimilation; Gina possède, dans son répertoire, les connaissances nécessaires pour réguler son action en fonction du déroulement de la situation⁹. Selon nous, ceci renforce l'hypothèse de l'existence du *schème-travail de l'erreur* chez ces enseignants novices.

Ces résultats concernant la migration entre les deux pôles du contrôle de l'activité de l'élève (G) → (F) témoignent aussi du caractère imprévisible de la *situation du travail de l'erreur* et l'importance, pour ces jeunes maîtres, de réévaluer l'orientation de sa conduite en cours d'intervention. L'analyse de l'orientation générale de ces situations spécifiques nous permet ainsi de mettre en lumière le travail conceptuel réalisé par l'enseignant débutant pendant que le travail de l'erreur s'effectue. Son action sur l'erreur est ainsi « recalculée sur le vif », ce qui réorganise la représentation cognitive de ses propres conduites. Plus précisément, il s'agit de l'action du maître sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève et de sa représentation cognitive des effets de son action sur l'élève. Il s'agit aussi, réciproquement, de l'effet de la nouvelle représentation cognitive des résultats de son action sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève¹⁰. Grâce à cette activité conceptuelle double, le jeune maître en vient à modifier l'orientation générale de son travail de l'erreur pendant une même

⁹ Le lecteur notera que nous revenons tout au long de ce chapitre, de même qu'au chapitre septième, sur les mécanismes cognitifs en jeu pendant l'activité d'intervention sur l'erreur. Cet aspect de notre recherche sera ainsi élucidé au fur et à mesure qu'est présenté notre travail d'analyse et d'interprétation.

¹⁰ Ainsi, comme le soutient Vergnaud (1985, 1991a), la conceptualisation du réel chez ce sujet est rythmée par les passages de l'action à la représentation cognitive et de la représentation cognitive à l'action (cf. supra, p. 77).

situation d'enseignement. Comme l'extrait de protocole illustrant la situation n° 6 le montre, cette activité peut être effectuée à une vitesse extrême (tableau X, cf. supra, p. 226).

Donc, l'activité d'intervention qu'effectuent nos sujets en *situation du travail de l'erreur* est régie par une recherche du contrôle des aspects sémantiques ou syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève. Perpétuellement renégocié, le réglage de ce contrôle peut être ajusté en fonction du déroulement et du dénouement de la situation. Cette capacité d'adaptation se traduit par une activité d'intervention sur l'erreur dynamique et spontanée¹¹.

1.3. Le traitement de la procédure erronée en situation du travail de l'erreur

Dans les pages qui suivent, nous montrons que l'activité spécifique de l'intervention sur la procédure erronée peut prendre différentes formes. D'abord, nous exposons brièvement les situations dans lesquelles l'enseignant débutant traite l'erreur par la mise en oeuvre d'une stratégie d'intervention unique. Ensuite, nous offrons une présentation détaillée des *situations du travail de l'erreur* où sont déployées plus d'une stratégie. Cette exposition du phénomène didactique de la multiplicité des stratégies d'intervention nous permet également de présenter quelques cas se rapportant à la mobilité et la cooccurrence des stratégies d'intervention.

1.3.1. Les situations du travail de l'erreur comprenant une seule stratégie d'intervention

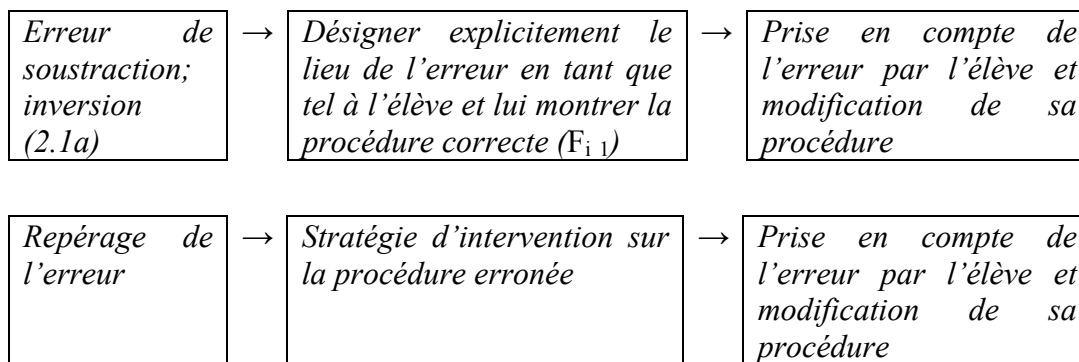
L'exemple de l'erreur de Rébecca, présenté au chapitre précédent (cf. supra, p. 214), constitue une situation dans laquelle l'erreur arithmétique est immédiatement suivie par le déploiement d'une seule stratégie d'intervention. Dans ce cas particulier, une erreur d'inversion dans la soustraction (2.1a) est suivie

¹¹ Tout au long de ce chapitre, de même que dans le chapitre septième, nous continuons à montrer comment ces mécanismes cognitifs peuvent être inférés à partir de l'analyse de la coordination des choix, décisions et actions du maître novice en situation du travail de l'erreur.

par la mise en œuvre de la stratégie d'intervention « *Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel à l'élève et lui montrer la procédure correcte (F_{i 1})* ». Il nous est possible d'illustrer cette situation (n° 11), et ainsi fournir un modèle de la *situation du travail de l'erreur* comprenant une seule stratégie, à l'aide de la figure suivante :

Figure 4

Schéma de la situation du travail de l'erreur 2.1a de Rébecca



Nous avons observé nos sujets mettre en place une stratégie d'intervention unique dans dix situations distinctes. En se référant au tableau VIII du présent chapitre (cf. supra, p. 221-223), le lecteur constatera qu'il s'agit des situations n° 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15 et 19¹². La stratégie unique, mise en place par le maître, peut être spécifiquement orientée sur le contrôle des actes (F) (les situations n° 11, 12 et 14) ou sur le contrôle du sens (G) (les situations n° 9 et 10). De même, la seule stratégie mise en place peut constituer une forme dégénérée du travail de l'erreur (les situations n° 3, 6, 7, 15 et 19)¹³.

Ainsi, la mise en œuvre effective d'une stratégie dégénérée, présentant des défaillances sur le plan du contrôle de l'activité mathématique de l'élève, peut tout

¹² Rappelons que nous avons inclus la situation no. 6 dans les situations de l'erreur comprenant une stratégie unique puisque, dans celle-ci, la mise en place de la stratégie G_{i 9} dégénère vers une (G_{i 9})* (cf. infra p. 302).

¹³ Soulignons qu'il s'agit de l'orientation spécifique de la stratégie d'intervention mise en œuvre et non pas de la situation du travail de l'erreur. Il s'agit d'un second niveau d'analyse, tel qu'identifié précédemment dans la section 1.2, qui sera exploité davantage dans le prochain chapitre.

de même entraîner ce dernier à prendre conscience de son erreur et à rectifier sa procédure. Ce résultat particulier, qui n'avait pas été anticipé dans notre cadre de référence, renforce cette caractéristique d'imprévisibilité que nous rattachons à la *situation du travail de l'erreur* en classe ordinaire. Nous remarquons que ce sont les effets des actions de l'enseignant sur la cognition de l'élève qui jouent un rôle considérable dans le déroulement et le dénouement de la séance. De ce fait, le caractère dégénéré d'une stratégie peut avoir une répercussion positive : le traitement relativement immédiat de la situation. Autrement dit, le déploiement d'une stratégie dégénérée de la part du maître novice ne conduit pas nécessairement à l'échec de l'intervention. Nous verrons dans la section suivante que l'inverse est également possible : la mise en œuvre « correcte »¹⁴ d'une stratégie d'intervention appropriée ne garantit point le traitement de la procédure erronée.

1.3.2. Les situations du travail de l'erreur comprenant plusieurs stratégies d'intervention

L'analyse des micro-épisodes nous a permis de constater que le déroulement de la *situation du travail de l'erreur* se vit « dans le moment » pour les enseignants novices de nos études de cas. Malgré le fait qu'il ait choisi la tâche présentée aux élèves et qu'il possède quelques intentions didactiques préalables¹⁵, la réalisation de la situation est effective et se déroule en fonction des événements qui la composent.

Nous considérons que ceci s'explique principalement par le fait que, lorsqu'il intervient sur l'erreur arithmétique, l'enseignant cherche à agir sur la cognition de l'élève. Toutefois, il n'est nullement assuré que cette action entraînera les conséquences voulues. Il est possible que l'enseignant ait à s'ajuster en mettant en œuvre une seconde intervention pour amener l'élève à prendre

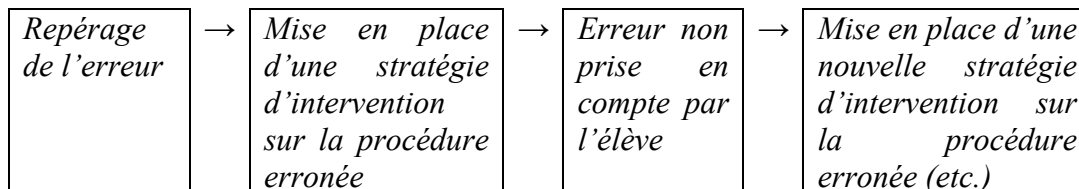
¹⁴ Le lecteur notera que par stratégie « correcte », nous entendons une stratégie qui ne présente pas de défaillance dans la mise en œuvre de son contrôle, que celui-ci soit sémantique ou syntaxique (Portugais, 1995, p. 203).

¹⁵ Nous poursuivons l'étude des intentions didactiques préalables ainsi que des anticipations de nos maîtres novices plus loin dans le présent chapitre (cf. infra, p. 263).

conscience de son erreur et à modifier sa procédure. Ce cas s'illustre à l'aide de la figure suivante :

Figure 5

Schéma d'une situation du travail de l'erreur marquée par la multiplicité des stratégies d'intervention



Afin d'illustrer cette forme de travail de l'erreur, marquée par la multiplicité des stratégies, nous présentons l'extrait de protocole suivant (micro-épisode n° 18), dans lequel Anna (A) intervient auprès de Julie-Andrée (JA) ayant commis une erreur en rapport avec l'opération intermédiaire de la soustraction (2.1);

Tableau XI

L'identification par Anna de l'erreur de soustraction (2.1) de Julie-Andrée dans l'algorithme $834 + 24$ et le travail d'intervention subséquent mis en place (A3-obs, lignes 1428-1468)

| | | |
|-----------|---|---|
| A | <i>Ok. ... 114 moins 96, tu me dis que ça fait combien?</i> | L'enseignante a repéré l'erreur, début de la <i>situation du travail de l'erreur</i> . Elle intervient en mentionnant à haute voix le calcul (nous verrons au prochain chapitre qu'il s'agit d'une version dégénérée G_1 9)*. |
| JA | 198. | L'élève ne prend pas conscience de son erreur. Elle semble ici avoir additionné le produit partiel au lieu de le soustraire (mais il y a également erreur dans son addition). |

| | | |
|-----------|--|--|
| A | <i>Ok, 114 moins 96 tu me dis que ça fait combien?</i> | Anna répète à haute voix le calcul (G _{i 9})*. |
| JA | <i>198.</i> | L'élève ne prend pas conscience de son erreur. |
| A | <i>Ok, fais-moi, 198 plus 96. On va faire la preuve pour voir si ça donne bien 114. [...]</i> | Anna change de stratégie. Elle demande de faire la preuve de ce produit partiel. Il s'agit d'une dégénération de la stratégie G _{i 6} , car elle lui indique comment la réaliser. |
| JA | <i>294.</i> | L'élève fournit une réponse à la demande de son enseignante. |
| A | <i>Oups, ça donne-tu 114?</i> | Anna fait pour l'élève le lien preuve /algorithme (G _{i 6})*. |
| JA | <i>Non.</i> | L'élève répond à la question, mais ne réalise toujours pas son erreur. |
| A | <i>Oups, fait qu'il y a une erreur dans ta soustraction.</i> | Anna change de stratégie en indiquant le lieu de l'erreur (F _{i 1}). Toutefois, elle ne montre pas la procédure correcte. |
| JA | <i>(Silence et inaction)</i> | L'élève ne réagit pas. |
| A | <i>Refais ta soustraction ici, pis après ça ton reste. [...] Ça fonctionne pas... Je vais la laisser travailler, je vais m'en aller voir un autre.</i> | L'enseignante modifie son approche en demandant à l'élève de refaire la soustraction de ce produit partiel (F _{j 7}). |
| JA | <i>(L'élève effectue ce qui lui est demandé et modifie sa procédure.)</i> | Fin de la <i>situation du travail de l'erreur</i> |

Cette *situation du travail de l'erreur* est marquée par la multiplicité des stratégies d'intervention et se résume par la formulation suivante « Erreur 2.1 → (G_{i 9})* → (G_{i 6})* → F_{i 1} → F_{j 7} ». Dès lors, mentionnons que nous ne croyons pas que cet extrait témoigne d'un manque de contrôle de la part de la jeune enseignante sur l'activité mathématique de l'élève. Ce cas particulier illustre plutôt une *situation du travail de l'erreur* où le jeune maître réagit et s'ajuste en fonction du déroulement de celle-ci. Si l'élève ne prend pas conscience de son erreur et qu'elle ne modifie pas correctement sa procédure, l'enseignante s'adapte à la situation et trouve une solution au problème qui persiste. Alors, elle peut mettre en œuvre une nouvelle stratégie d'intervention, distincte de la première.

Nous constatons également qu'il n'est pas nécessaire que la stratégie d'intervention déployée soit dégénérée pour que l'enseignante débutante ait à se

réajuster. Nous considérons que cet ajustement constitue plutôt un indice du travail conceptuel qu'elle effectue, *in situ*, sur sa propre représentation cognitive de la *situation du travail de l'erreur*. Elle prend conscience que son intervention n'amène pas les résultats attendus et s'ajuste en conséquence. En d'autres mots, le fait que la stratégie soit dégénérée ne constitue pas nécessairement le motif pour lequel le changement d'approche est réalisé.

Mentionnons qu'il est également possible pour l'enseignante de changer de stratégie pendant l'échange didactique, sans que cette modification ne soit motivée par le fait que l'élève ne réalise pas son erreur. Dans l'extrait précédent, Anna effectue, entre autres, une institutionnalisation primitive directe (F_{i-1}) en indiquant le lieu de l'erreur, mais elle ne montre pas la procédure correcte. Elle demande plutôt à l'élève de refaire cette soustraction partielle (F_{j-7}). Cette modification d'approche témoigne d'une légère augmentation du degré de dévolution de la part de l'enseignante; l'élève détient la responsabilité de son activité mathématique. Toutefois, dans ce cas précis, ce n'est pas le souci de dévolution qui motive les actions d'Anna, mais la nécessité pour elle d'intervenir auprès d'autres élèves. Elle le mentionne elle-même à la suite de son intervention « *Je vais la laisser travailler, je vais m'en aller voir un autre* ». Un changement de stratégie d'intervention peut donc se justifier par un facteur externe à la situation; dans ce cas particulier, Anna semble juger préférable de changer de tâche (et d'élève) afin de mieux répondre à ses obligations professionnelles¹⁶.

Selon nous, la principale raison qui justifie un changement de stratégie d'intervention réside dans le fait que la mise en oeuvre d'un premier moyen n'a pas permis à l'élève de prendre conscience de l'erreur et de modifier sa procédure. De toute évidence, une stratégie qui n'est pas efficace dans une situation particulière peut être modifiée (dans le cas d'une forme dégénérée, comme dans l'exemple de l'erreur de Jennyfer) ou complètement mise de côté au profit d'une

¹⁶ Nous verrons d'ailleurs, lors du septième chapitre, qu'en ce qui concerne la mise en place d'une stratégie d'intervention, les intentions didactiques ne sont pas nécessairement les seules intentions qui entrent en ligne de compte (cf. infra, p. 309).

autre. Toutefois, tel qu'illustré par la situation précédente, ce n'est pas toujours le cas. Tout comme pour les causes des erreurs chez les élèves, plusieurs raisons peuvent sous-tendre un changement de stratégie dans le cadre d'une *situation du travail de l'erreur*.

En relatant ce phénomène, nous ne cherchons pas ici à faire une liste exhaustive des justifications concernant les modifications des moyens d'intervention. D'ailleurs, comme il s'agit de décisions prises sur le vif, il est possible que l'enseignant n'ait pas pleinement conscience des motifs qui fondent son changement de stratégie. Notre approche se fonde sur des inférences construites à partir de la description raisonnée des erreurs et des stratégies effectivement déployées. Ceci limite considérablement (sans pouvoir les éliminer avec certitude) les attributions intentionnelles abusives¹⁷. D'ailleurs, nous ne manquons pas de faire mention, lorsque l'occasion se présente, de la marge d'incertitude inhérente à la démarche que nous menons ici. Nous demeurons donc prudente dans nos interprétations.

Nous avons répertorié neuf *situations du travail de l'erreur* marquées par la multiplicité des stratégies. Pendant celles-ci, nous avons observé les maîtres novices déployer entre deux et sept stratégies d'intervention distinctes, comme l'illustre le tableau ci-dessous.

¹⁷ Précisons que les intentions didactiques qui sous-tendent les modifications de stratégies d'intervention sont présentes dans les énoncés verbaux et les actions posées en *situation du travail de l'erreur*, de même que dans les verbalisations et déclarations émises en entrevue. Elles sont corroborées si les données du protocole d'observation et celles des protocoles d'entretien sont claires et concordantes entre elles (triangulations). Ainsi, nous avons pris les précautions méthodologiques nécessaires pour conserver une démarche strictement déductive, basée sur l'observation, l'analyse des verbalisations et des transcriptions (cf. supra, p. 178).

Tableau XII

Spécification du nombre de stratégies mises en œuvre dans les situations du travail de l'erreur

| Nombre de stratégies | Situations n° | Totaux |
|-----------------------------|----------------------|---------------|
| 2 | 1, 5 | 2 |
| 3 | 16 | 1 |
| 4 | 4, 18 | 2 |
| 5 | 17 | 1 |
| 6 | 8, 13 | 2 |
| 7 | 2 | 1 |

Ces résultats sont peu indicatifs par eux-mêmes; avec le tableau XII, il est seulement possible de remarquer la répartition relativement uniforme de la multiplicité des stratégies. Nous apportons donc d'autres précisions dans les sections suivantes.

1.3.2.1. Dans les situations du travail de l'erreur rencontrées, la multiplicité des erreurs des élèves est accompagnée par la multiplicité des stratégies d'intervention des enseignants

L'analyse des micro-épisodes a permis de constater que la majorité des *situations du travail de l'erreur* sont constituées du diagnostic et du traitement d'une seule erreur arithmétique. Toutefois, dans trois des dix-neuf situations, les maîtres novices ont repéré et sont intervenus sur plusieurs erreurs¹⁸. Dans ces situations particulières, les erreurs multiples sont accompagnées de stratégies multiples.

À titre d'exemple, reprenons rapidement la situation n° 2 dans laquelle l'élève présente à son enseignante une procédure déjà exécutée (le calcul est terminé) et comprenant une erreur mixte composée d'un reste final plus grand que

¹⁸ Il s'agit des situations n° 2, 8 et 17 où nos maîtres novices négocient entre trois et cinq erreurs.

le diviseur (1.4a) et une erreur de multiplication (2.2). Gina intervient aussitôt sur l'erreur 1.4a, mais ne repère pas à ce moment l'erreur 2.2. Rectifiant sa procédure, l'élève commet, en plus, une autre erreur en divisant deux fois un même dividende partiel, ce qui entraîne l'écriture successive de 2 chiffres au quotient (il s'agit d'une procédure erronée mixte 1.1d et 2.2). L'enseignante intervient sur l'erreur 1.1d et l'élève se corrige. Enfin, Gina repère l'erreur 2.2 et intervient, ce qui amène l'élève à en prendre conscience et à ajuster son calcul pour obtenir la bonne réponse. Le lecteur notera que le protocole de la situation n° 2 se retrouve à l'annexe XV.

Sans analyser tous les détails des stratégies mobilisées¹⁹, soulignons que nous en comptons sept dans cette même *situation du travail de l'erreur* (n° 2). Rappelons qu'elle est résumée au tableau VIII (cf. supra, p. 221) par l'énoncé « Erreurs 2.2 + 1.4a → F_{j 6} (sur 1.4a) → devient 2.2 + 1.1d → G_{i 6} (sur 1.1d) → (G_{i 6})* → (F_{j 7})* → reste 2.2 → F_{i v} → F_{i 1} ». Nous constatons ici que la multiplicité des erreurs de l'élève entraîne un enchevêtrement de stratégies différentes.

Dans les trois *situations du travail de l'erreur* marquées par la multiplicité des erreurs, nous avons observé l'enseignant débutant mettre en œuvre plus d'une stratégie. Cela semble justifié compte tenu du fait que chaque erreur est différente (même si elle appartient au même type) et nécessite ainsi une intervention appropriée. Ainsi, une première stratégie déployée ayant permis à l'élève de constater son erreur peut se retrouver, par la suite, inadaptée face aux erreurs subséquentes. Le jeune maître s'adapte et mobilise alors un autre moyen d'intervention. De même, il est possible pour l'enseignant de déployer une stratégie appropriée dans le cadre d'une *situation du travail de l'erreur*, sans que cette action n'ait l'effet escompté auprès de l'élève. Dès lors, plus d'une stratégie peut être mise en œuvre pour l'une des erreurs se retrouvant dans cette situation particulière.

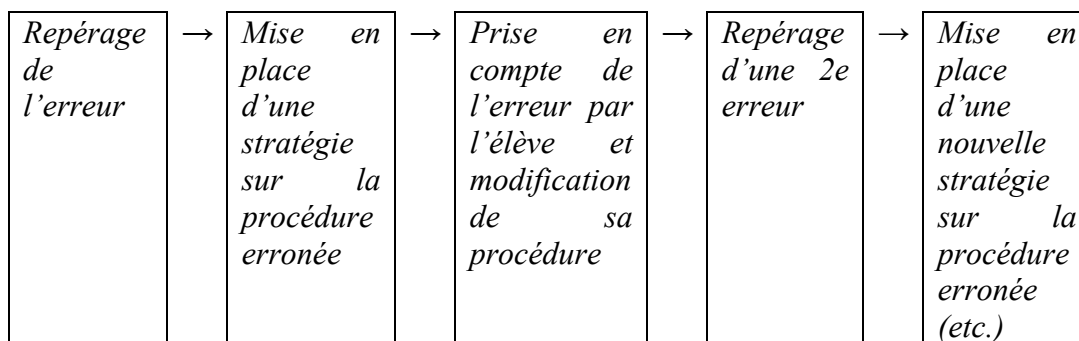
¹⁹ Rappelons que le chapitre suivant est consacré à l'analyse spécifique des stratégies d'intervention déployées en situation du travail de l'erreur (cf. infra, p. 269).

D'un côté, une erreur arithmétique peut être liée à différentes causes présumées par l'enseignant. D'autre part, plusieurs composantes entrent en jeu dans la construction du *schème-algorithme* chez l'élève. Une simple intervention de la part du maître peut conduire l'élève à prendre conscience de son erreur, ce qui ne signifie pas automatiquement qu'un équilibre sera atteint dans l'élaboration du *schème-algorithme* ou même d'un de ses sous-schémes. Comme le témoigne la situation n° 2, il est possible que l'élève reproduise de nouvelles erreurs, ou un même type d'erreur (dans le cas des situations n° 8 et 17), à la suite de la mise en place de stratégies d'intervention de la part de l'enseignant.

Le phénomène des situations marquées par la multiplicité des erreurs et la multiplicité des stratégies d'intervention a été mis en évidence à partir de l'analyse de trois micro-épisodes. Malgré le caractère limité de ce résultat, nous ne le considérons pas, dans le cadre de cette recherche, à titre de phénomène marginal. Nous croyons plutôt que ce type de *situation du travail de l'erreur* est occasionnellement vécu par le maître qui œuvre dans le contexte de la classe ordinaire. Par conséquent, nous proposons un schéma de ce phénomène à l'aide de la figure suivante :

Figure 6

Schéma d'une situation du travail de l'erreur marquée par la multiplicité des erreurs arithmétiques



Les *situations du travail de l'erreur* marquées par la multiplicité des erreurs et la multiplicité des stratégies d'intervention détiennent un caractère complexe. Elles témoignent surtout d'un véritable travail conceptuel réalisé par nos sujets; ceux-ci effectuent constamment des inférences leur permettant de s'adapter au déroulement de la situation. Les intentions didactiques en-acte permettent aux sujets de se réajuster *in situ*, en fonction des erreurs repérées et des effets, sur l'élève, de la mise en œuvre de stratégies d'intervention. À partir de l'analyse de ces situations d'enseignement spécifiques et, plus précisément, des différentes formes d'ajustement et de réorganisation du travail de l'erreur effectué par les nouveaux maîtres, nous pouvons ici inférer des traces du processus d'adaptation vécues sur le plan cognitif et, en particulier, du mécanisme d'assimilation. Il y a mobilisation de différentes composantes du schème étant « déjà construites » pour arriver à traiter les problèmes rencontrés et ainsi amener l'élève à prendre conscience des erreurs et à rectifier son calcul.

1.3.2.2. *Dans des situations du travail de l'erreur rencontrées, les erreurs multiples sont accompagnées de stratégies d'intervention « mobiles »*

Parmi les trois situations marquées par la multiplicité des erreurs et la multiplicité des stratégies d'intervention, nous observons deux cas de mobilité de stratégies. Il s'agit d'un phénomène didactique selon lequel l'enseignant procède à l'abandon, puis à la reprise d'une même stratégie d'intervention dans une même situation (cf. supra, p. 114)²⁰. Nous décrivons brièvement les situations n° 8 et 17 où les élèves produisent à répétition des erreurs de table de multiplication (type 2.2b). Le lecteur notera que les protocoles de ces deux situations sont présentés à l'annexe XV.

Dans la situation n° 8, Gina demande à un volontaire n'ayant pas obtenu la bonne réponse à son algorithme de venir le refaire au tableau. Il s'agit, en soi,

²⁰ Rappelons toutefois, comme nous l'avons présenté dans le cadre de référence, que la mobilité peut aussi référer au fait qu'une stratégie se retrouve dans plusieurs situations distinctes. Ce phénomène est exploité au chapitre septième (cf. infra, p. 314).

d'une intervention sur une erreur non identifiée et non vérifiée par l'enseignante (cf. supra, p. 202). Celle-ci accompagne l'élève dans sa nouvelle exécution du même algorithme; elle n'intervient pas sur un calcul terminé, mais sur une procédure en cours d'exécution. Cynthia (l'élève) commet cinq erreurs à la file; les quatre premières sont des 2.2b, erreurs de table de multiplication, et une erreur 1.1d, même dividende partiel divisé deux fois ce qui entraîne l'écriture successive de deux chiffres au quotient. Précisons qu'il ne s'agit pas ici d'erreurs concurrentes, mais successives; elles se produisent l'une à la suite de l'autre pendant l'exécution de l'algorithme. Gina intervient en déployant une ou plusieurs stratégies d'intervention après chacune d'entre elles. L'accompagnement est réalisé jusqu'à ce que l'élève ait terminé son exécution en obtenant la bonne réponse.

En somme, six stratégies d'intervention distinctes sont déployées dans la situation n° 8, résumée dans le tableau VIII par l'énoncé « Erreur non identifiée $\rightarrow (F_j 7)^* \rightarrow (G_i 3)^* \rightarrow F_{i v} \rightarrow (G_i 3)^* \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i 1} \rightarrow F_{i v} \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i 1} \rightarrow F_{i v} \rightarrow (G_i 3)^* \rightarrow F_{i v} \rightarrow$ (même 2.2b qui entraîne) 1.1d $\rightarrow F_{i 1}$ » (cf. supra, p. 222). Dans cette situation, nous observons un enchaînement complexe comprenant non seulement des formes d'intervention multiples, mais des stratégies qui sont abandonnées avant d'être reprises un peu plus loin. À titre d'exemple, nommons la forme dégénérée de la stratégie *Remise en contexte de l'opération en ajoutant un contexte de problème à la tâche algorithmique* ($G_i 3^*$) qui apparaît à trois reprises dans l'enchevêtrement de stratégies d'intervention.

La situation n° 17 est similaire à la situation n° 8. Cette fois-ci, c'est Anna qui guide un élève dans son exécution en intervenant après chacune des cinq erreurs de table de multiplication (2.2b) successives. L'accompagnement est réalisé jusqu'à ce que l'élève ait terminé son exécution en obtenant une réponse juste. En tout, Anna mobilise cinq stratégies d'intervention distinctes dans une situation se résumant, dans le tableau VIII par l'énoncé « Erreur 2.2b $\rightarrow G_i \rightarrow$

2.2b \rightarrow (G_i 9)* \rightarrow $F_{i-2} \rightarrow$ 2.2 b \rightarrow $F_{i-1} \rightarrow$ retour à la première 2.2b \rightarrow $F_{i-v} \rightarrow$
 2.2b \rightarrow $G_i \rightarrow$ $F_{i-v} \rightarrow$ $F_{i-2} \rightarrow$ 2.2b \rightarrow F_{i-1}^{\wedge} » (cf. supra, p. 223).

La tâche d'agir sur les composantes du *schème-algorithme* se complexifie grandement dans une situation d'enseignement comprenant plus d'une erreur arithmétique. Malgré qu'elles tentent de s'adapter aux circonstances particulières de ces situations d'enseignement, nous observons que Gina ou Anna semblent difficilement assumer le contrôle de l'activité mathématique de l'élève ciblé par leurs interventions. Et pour cause, presque toutes leurs tentatives échouent. L'organisation des conduites de ces maîtres novices dans ces deux situations particulières semble indiquer qu'il y a mobilisation de plusieurs composantes du schèmes pour tenter de traiter les problèmes rencontrés. Face à l'erreur arithmétique, un enseignant se réfère à ses connaissances antérieures afin de trouver les moyens d'intervention appropriés. Cependant, une fois le problème réglé par la mise en place d'une stratégie, une autre erreur survient et le maître doit s'adapter de nouveau à la situation. Nous observons alors que les stratégies d'intervention sont mises en place, puis délaissées, avant d'être reprises. Ces tentatives avortées puis réactivées constituent selon nous des indices d'un travail conceptuel actif de la part de ces deux enseignantes débutantes. Ici, Anna et Gina tentent de s'adapter aux erreurs repérées et aux réactions de l'élève au fur et à mesure de leurs interventions.

L'interaction et l'imbrication des procédures erronées des élèves et du travail de l'erreur effectué par le maître est totale ici : les processus d'assimilation et d'accommodation se multiplient et se répercutent de l'élève à l'enseignant dans une sorte de polyphonie incessante, mais à l'évidence pas toujours « harmonisée » ni « rythmiquement en phase ». Nous usons ici de ces quelques métaphores musicales pour décrire cette mise en réseau complexe de composantes du schème algorithme de l'élève et de composantes du *schème-travail de l'erreur* chez

l'enseignant afin de résumer cette présentation des *situations du travail de l'erreur* marquées par la multiplicité et la mobilité des stratégies d'intervention²¹.

1.3.2.3. La cooccurrence et la multiplicité des stratégies d'intervention des enseignants dans les situations du travail de l'erreur

D'abord repéré par Portugais dans une recherche menée auprès des futurs enseignants, le phénomène de la cooccurrence concerne la présence de stratégies orientées sur le contrôle des actes (F) dans le voisinage de stratégies orientées sur le contrôle du sens (G) (1995). Ainsi, en situation d'enseignement spécifique, des stratégies multiples, d'orientation opposée, sont mises en œuvre de façon successive en fonction d'une même procédure erronée²².

L'analyse des *situations du travail de l'erreur* nous permet d'affirmer, comme l'avait fait Portugais, que la cooccurrence des stratégies d'intervention ne signifie pas qu'il y a incohérence dans la démarche du maître (1995). Toutefois, nous considérons que ce phénomène relève spécifiquement du réglage du contrôle des aspects sémantiques et syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève. Cette idée mérite d'être élucidée davantage.

Dans notre dispositif de recherche, ce phénomène apparaît dans huit *situations du travail de l'erreur* distinctes, présentées ci-dessous sous leur forme abrégée.

²¹ Réitérons que nous continuons à montrer comment les mécanismes d'assimilation et d'accommodation peuvent être inférés à partir de l'analyse de l'organisation de la conduite du maître novice en situation du travail de l'erreur, tout au long de ce chapitre, de même que dans le chapitre septième.

²² Soulignons rapidement que la mise en œuvre concurrente de deux stratégies d'intervention, prenant alors une forme amalgamée, constitue une stratégie dégénérée. Ce phénomène sera élucidé dans le prochain chapitre (cf. infra, p. 306).

Tableau XIII**Situations du travail de l'erreur marquées par la cooccurrence des stratégies d'intervention**

| | |
|--------------|---|
| N° 2 | Intervention de Gina sur des erreurs 2.2, 1.4a et 1.1d Erreurs 2.2 + 1.4a → F _{j 6} (sur 1.4a) → devient 2.2 + 1.1d → G _{i 6} (sur 1.1d) → (G _{i 6}) [*] → (F _{j 7}) [*] → reste 2.2 → F _{i v} → F _{i 1} Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 4 | Intervention de Gina sur une erreur 1.1a Erreur 1.1a → G _{i 6} → G _{i 1} → F _{i v} ^ → (G _{i 3}) [*] Orientation générale de la situation : (G) → (F) |
| N° 5 | Intervention de Gina sur une erreur 1.1a Erreur 1.1a → F _{i v} → (G _{i 3}) [*] Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 8 | Intervention de Gina sur une erreur non identifiée, 2.2b, 2.2b, 2.2b, 2.2b, et 1.1d Erreur non identifiée → (F _{j 7}) [*] → (G _{i 3}) [*] → F _{i v} → (G _{i 3}) [*] → 2.2b → G _i → 2.2b → F _{i 1} → F _{i v} → 2.2b → G _i → 2.2b → F _{i 1} → F _{i v} → (G _{i 3}) [*] → F _{i v} → (même 2.2b qui entraîne) 1.1d → F _{i 1} Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 13 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b Erreur 2.2b → (G _{i 3}) [*] → F _{j 2} → Bifurcation ; (F _{j 3} + F _{j 2} + F _{j 4}) [*] → (F _{j 2} + F _{j 4}) [*] ; → (G _{i 3}) [*] → G _i → F _{i v} Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 16 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b Erreur 2.2b → F _{j 7} → (G _{i 4} + F _{j 7}) [*] → F _{i 1} Orientation générale de la situation : (F) |
| N° 17 | Intervention d'Anna sur les erreurs 2.2b (5 fois) Erreur 2.2b → G _i → F _{i v} → 2.2b → (G _{i 9}) [*] → F _{i 2} → 2.2 b → F _{i 1} → retour à la première 2.2b → F _{i v} → 2.2 b → G _i → F _{i v} → F _{i 2} → 2.2b → F _{i 1} ^^ Orientation générale de la situation : (G) → (F) |
| N° 18 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.1 Erreur 2.1 → (G _{i 9}) [*] → (G _{i 6}) [*] → F _{i 1} → F _{j 7} Orientation générale de la situation : (F) |

Un premier regard sur le tableau révèle que six des huit situations ont une orientation générale axée sur le contrôle des actes (F)²³. Dans ces cas particuliers, le travail de l'erreur, globalement orienté sur le contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique, est ponctué de courts moments où l'enseignant

²³ Il s'agit des situations n° 2, 5, 8, 13, 16 et 18.

débutant tente d'agir sur le contrôle du sens, par la mise en place occasionnelle de stratégies G ou G*. En ce qui concerne la situation n° 4, l'orientation générale permute du contrôle du sens vers le contrôle des actes (G) → (F), mais nous constatons que l'enseignant persiste dans ses efforts de dévolution en mettant en place une forme dégénérée de la stratégie *Remise en contexte de l'opération de division en ajoutant un contexte de problème à la tâche algorithmique* (G_{i 3}*) en dernier recours. Dans la situation n° 17, l'orientation générale permute également (G) → (F); le travail de l'erreur est d'abord axé sur le contrôle numérique, puis il oscille entre les deux orientations avant de se fixer dans le contrôle des actes. En fait, l'émergence de stratégies F est d'abord sporadique, mais leur présence devient de plus en plus prégnante; au terme de cette *situation du travail de l'erreur*, le contrôle des aspects sémantiques est complètement abandonné.

Si nous observons de plus près le tableau XIII, nous constatons que les cas de cooccurrence concernent surtout la présence de stratégies « correctes » orientées sur le contrôle des actes (F) dans le voisinage de stratégies dégénérées orientées sur le contrôle du sens (G*). Dans quelques situations, nous retrouvons la cooccurrence de trois formes d'intervention : les stratégies orientées sur le contrôle des actes (F), les stratégies orientées sur le contrôle du sens (G) et les stratégies dégénérées orientées sur le contrôle du sens (G*).

Selon nous, l'ensemble de ces résultats témoigne de la difficulté qu'ont nos sujets à assurer un réglage du contrôle de l'activité mathématique de l'élève tout au long de la situation. Plus précisément, c'est l'actualisation du contrôle des aspects numériques qui demeure laborieuse. Nous reconnaissons que ces maîtres novices essaient d'instaurer des moments de dévolution, mais il s'agit davantage d'efforts ponctués ou de tentatives sporadiques. En ce sens, nous soutenons que la réalisation effective du contrôle du sens se détache difficilement de l'approche syntaxique, presque clinique, généralement assurée par ces enseignants débutants.

Si la multiplicité des stratégies montre que le maître novice s'adapte aux erreurs repérées et aux effets, sur l'élève, de la mise en œuvre d'interventions pour traiter l'erreur, le phénomène de la cooccurrence indique qu'il en est à ses premières expériences. Les tentatives avortées, le déploiement de formes dégénérées d'intervention axées sur le contrôle du sens et la mise de côté puis la réactivation de stratégie G « correcte » (ou dégénérées) témoignent du fait que ces enseignants débutants possèdent des connaissances spécifiques qui sont opératoires dans l'action. Toutefois, l'analyse des *situations du travail de l'erreur* (présentées dans le tableau XIII), contribue à montrer que les connaissances concernant le contrôle des aspects sémantiques de l'activité mathématique chez l'élève semblent incomplètes ou inachevées. En ce sens, nous affirmons que la cooccurrence n'est pas un signe d'incohérence, mais plutôt un indice d'incomplétude de coordination des actions du maître sur le *schème-algorithme* de l'élève.

Donc, l'étude du traitement de l'erreur, effectuée en situation d'enseignement spécifique, permet de mettre en relief la prégnance du processus d'adaptation chez nos sujets. La mise en œuvre d'une première stratégie, qu'elle entraîne ou non l'élève à prendre conscience de son erreur, est typique de l'assimilation. La présence de stratégies multiples, la mobilité des stratégies et surtout la cooccurrence des formes F et G permettent d'inférer des traces des mécanismes d'assimilation et d'accommodation. Tous ces phénomènes sont indicatifs d'une organisation des conduites sur le plan conceptuel. Ils renforcent l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur*, même si celui-ci n'a peut-être pas atteint un équilibre chez ces enseignants débutants. Nous reviendrons sur cette notion fondamentale un peu plus loin dans la présente recherche (cf. infra, p. 336).

Au terme de cette première partie du sixième chapitre, nous tenons à souligner le caractère profondément spontané et imprévisible de la *situation du travail de l'erreur* et, de ce fait, l'importance fondamentale du processus d'adaptation chez nos sujets. Malgré l'observation de certaines variations

concernant le réglage du contrôle de l'activité mathématique de l'élève, nous ne considérons pas que leur travail de l'erreur est caractérisé par des absurdités, des incohérences ou des aberrations; l'organisation de leurs conduites présente plutôt de nombreux indices typiques des mécanismes cognitifs associés au processus d'adaptation. Nous constatons donc que, dans le système didactique, il n'y a pas que l'élève qui s'adapte à la tâche algorithmique, ou à la « situation didactique », que lui présente son maître; l'enseignant semble lui-même devoir s'adapter réciproquement à la situation dans laquelle se retrouve cet élève en action.

Nous poursuivrons notre étude de l'activité d'intervention sur la procédure erronée, lors du chapitre sept, en offrant une analyse détaillée des différentes stratégies d'intervention mises en œuvre par nos sujets. Nous éluciderons alors un quatrième constat de recherche : le maître novice possède un réseau conceptuel comprenant des éléments cognitifs lui permettant d'intervenir sur les erreurs arithmétiques, ce qui nous permettra de soutenir l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur* chez nos sujets. De prime abord, il est nécessaire d'approfondir cette question de l'intentionnalité didactique dans le travail de l'erreur que nous venons d'entamer dans les pages précédentes. Ce travail d'interprétation est essentiel à la compréhension de plusieurs phénomènes didactiques observés dans le cadre de notre analyse des données.

2. INTENTIONNALITÉ DIDACTIQUE EN SITUATION DU TRAVAIL DE L'ERREUR

L'analyse des micro-épisodes a montré que, chez nos sujets, le diagnostic d'une procédure erronée est suivi par la mise en œuvre d'une activité d'intervention. Elle a également permis de mettre en relief le caractère profondément imprévisible des *situations du travail de l'erreur*. Par la présentation de différents phénomènes didactiques, nous avons vu que l'enseignant ajuste son travail d'intervention en fonction de l'erreur et des réactions des élèves à la suite des actions posées. Ainsi, nous avons observé nos

sujets coordonner leurs choix, leurs décisions et leurs actions pour permettre le traitement de l'erreur. Comme le souligne Zaragoza, « *pour une situation reconnue, on peut avoir plusieurs sortes d'actions en réponse au problème [...], c'est l'organisation de ces actions qui est invariante et non les actions elles-mêmes* » (2006, p.98)

C'est dans ce contexte théorique que nous soulignons maintenant l'importance des intentions didactiques en-acte chez les enseignants débutants de nos études de cas. À partir de la prise d'information sur la situation à traiter, ils émettent, *in situ*, des intentions didactiques en fonction d'un but précis : amener l'élève à prendre conscience de l'erreur et à modifier sa procédure en conséquence. C'est ainsi que ces maîtres oeuvrent à « traiter le problème » que constitue l'erreur arithmétique. Cette visée double, mentionnée à quelques reprises depuis le début de ce sixième chapitre, de même que le rôle déterminant joué par les intentions didactiques en-acte sont détaillées dans cette seconde partie.

2.1. Traiter l'erreur : un but à atteindre en situation du travail de l'erreur

Nous avons constaté, qu'en *situation du travail de l'erreur*, nos sujets organisent leurs conduites afin d'amener l'élève, dans un premier temps, à prendre conscience de son erreur et l'entraîner, dans un deuxième temps, à modifier sa procédure pour obtenir la réponse juste. Nous présentons ci-dessous quelques résultats nous permettant de soutenir cette double visée avant de l'interpréter à la lumière de la théorie des champs conceptuels.

2.1.1. Traiter l'erreur : quelques indices à l'appui de ce but

Chez les enseignants débutants que nous avons observés, le principal indice sous-tendant l'existence de l'intention de traiter l'erreur, réside dans le fait que chacune des 29 erreurs arithmétiques repérées est ensuite traitée par la mise en œuvre d'une ou plusieurs stratégies d'intervention. La mise en place rapide de moyens d'intervention et l'acharnement dont témoignent ces maîtres novices pour

amener leurs élèves à prendre conscience de leur erreur indique l'importance accordée par l'enseignant à cet objectif.

L'analyse de l'organisation des conduites de nos sujets, concernant spécifiquement le moment de l'intervention en *situation du travail de l'erreur*, nous a permis de dégager un second indice. Comme le mentionne Gina, le moment propice pour intervenir sur l'erreur a lieu une fois la procédure complétée; « *Je laisse l'enfant aller jusqu'au bout. [...] je préfère les laisser aller jusqu'à la fin, des fois jusqu'à la preuve s'il le faut pour qu'ils se rendent compte que [en parlant pour l'élève] Ah ! Il y a des choses que je n'ai pas faites* » (G-fin, lignes 28-33). Toutefois, nous avons à quelques reprises observé nos sujets mettre en œuvre une stratégie d'intervention sur une procédure erronée partiellement exécutée par l'élève. Dans cette dernière circonstance, l'individu ciblé, en tâche d'exécution du calcul, n'a pas la possibilité de se rendre compte par lui-même de son erreur. L'enseignant retire à l'élève cette responsabilité et il contrôle le tout à partir de sa propre activité mathématique. Nous considérons que le fait de déployer hâtivement des stratégies d'intervention peut être interprété comme un indice de l'importance accordée par ces maîtres novices à traiter l'erreur. Le « besoin » d'intervenir constitue une véritable force interne les poussant même parfois à aller à l'encontre de leurs propres projets didactiques.

Par ailleurs, un troisième indice réside selon nous dans l'analyse des erreurs non détectées par nos sujets. Rappelons qu'Anna a réussi à identifier onze des douze erreurs commises par ses élèves. L'exception constitue une erreur où le reste final est plus grand que le diviseur (1.4a). Cette erreur n'a pas été faussement identifiée par un diagnostic inexact mais plutôt complètement ignorée. Or, il est intéressant de constater que cette erreur non identifiée se situe à la suite d'une première erreur dans la procédure de l'élève. En d'autres mots, elle fait partie d'une forme mixte ou hybride de l'erreur, soit un phénomène fréquemment observé et documenté par Brun et son équipe de chercheurs (1991).

Nous considérons une interprétation possible de ce résultat : « le besoin » de remédiations chez les nouveaux maîtres de nos études de cas. Aussitôt l'erreur repérée, il y a mise en place d'une intervention dans le but de la traiter. La vérification de l'algorithme cesse si une première erreur est diagnostiquée; la fin de la procédure n'est pas reprise par l'enseignant, que celle-ci contienne ou non une forme erronée.

Il est vrai que nous avons observé les deux enseignantes novices repérer plus d'une erreur dans une même procédure. Toutefois, nous appuyons l'interprétation présentée au moyen d'un résultat particulier obtenu lors de l'entrevue finale. Rappelons que l'une des questions posées aux sujets concerne une procédure erronée, comprenant une forme mixte de l'erreur. Il leur a été demandé d'observer et de commenter la procédure suivante.

Tableau XIV

Procédure erronée présentée aux trois sujets lors de l'entrevue finale

| | |
|---|--|
| $ \begin{array}{r} 9\ 0\ 8\ 1 \\ -\ 9\ 0 \\ \hline 0\ 0\ 8\ 1 \\ \quad -\ 7\ 2 \\ \quad \hline \quad 1\ 1 \end{array} $ | $ \begin{array}{r} 1\ 8 \\ \hline 5\ 0\ 4\ 0 \end{array} $ |
|---|--|

D'abord, nous retrouvons une erreur dans le traitement du reste final, celui-ci est divisé, bien que plus petit que le diviseur d'où la présence d'un zéro supplémentaire au quotient (1.4b). Ensuite a lieu une inversion dans l'opération intermédiaire de la soustraction où le plus grand chiffre (2) est soustrait du plus petit (1) (2.1a). Si Anna et Gina repèrent uniquement l'erreur 1.4b, Simon, quant à lui, identifie seulement la 2.1a. Pour les trois enseignants débutants, l'activité de diagnostic cesse lorsqu'une erreur est constatée. Ils semblent interpréter l'identification d'une erreur comme l'achèvement du contrat de recherche de

l'erreur. Ils se lancent alors dans des propositions de moyens d'intervention pouvant être mis en place en réaction à cette erreur.

Selon nous, ces différents résultats témoignent tous de l'importance accordée par ces maîtres novices au traitement de l'erreur. Nous croyons qu'ils indiquent également que nos sujets en sont à leurs premières expériences en matière de travail de l'erreur, qu'ils apprennent à diagnostiquer l'erreur et à la travailler. Par conséquent, le fait que quelques erreurs n'aient pas été reconnues par Anna, Gina et Simon dans le cadre de notre dispositif n'est pas interprété comme un manquement ou un oubli de la part de ces nouveaux enseignants. Nous considérons ces éléments comme des marques constitutives de l'élaboration d'un *schème-travail de l'erreur* chez nos sujets.

2.1.2. Traiter l'erreur : un but interprété à la lumière de la théorie des champs conceptuels

En tentant de nous donner ici un cadre interprétatif, nous voulons mettre en relation cette particularité du travail de l'erreur avec une théorie implicite chez nos sujets selon laquelle une erreur traitée ne se répète point. En fait, ils interprètent la procédure erronée comme un manquement de l'élève et le travail d'intervention sur l'erreur comme un moyen de pallier à celui-ci. À notre avis, cela ne signifie pas que ce besoin de traiter l'erreur repérée soit associé au rôle de « correcteur d'erreur » (comme si l'interprétation qu'effectue le maître du contrat de recherche était de présumer que son rôle est de démontrer qu'il sait repérer les erreurs et qu'il doit les corriger). Nous expliquons notre interprétation dans les pages qui suivent.

2.1.2.1. L'erreur considérée comme un manque de compréhension chez l'élève

L'analyse des micro-épisodes nous a permis de constater un phénomène classique lié à la description des erreurs arithmétiques chez deux de nos sujets; ces derniers semblent avoir de la difficulté à dépasser la distinction entre la cause de

l'erreur et la procédure erronée en elle-même. L'extrait suivant, dans lequel Gina décrit dans ses propres termes la segmentation (1.1a), illustre cette réalité :

« C'est une erreur un peu classique, quand il y a un nombre qui se divise, tu sais, ils commencent à diviser et puis, ils en descendent un, là ils se rendent compte que ce n'est pas suffisant, mais ils oublient parfois de mettre un zéro et ça, c'est des choses qui les mélangent quand ça arrive pas juste. »

(G-prem, lignes 119 à 124)

Dans cette citation, l'enseignante souligne que, pour ce cas particulier, les élèves « oublient » d'inscrire le zéro au quotient. En d'autres occasions, elle mentionne, entre autres, l'inattention, le manque de motivation, le manque de concentration ou l'incompréhension du sens de la division. Gina soutient que l'algorithme de division « *c'est tellement mal compris, ils font tellement de petites erreurs d'inattention, pas parce qu'ils ne savent pas, parce qu'ils ne sont pas concentrés et puis qu'ils se laissent avoir par les attrapes que je place* » (G1-apost, lignes 344-347).

Malgré le fait qu'aucune erreur n'a été observée dans la classe de Simon, il arrive également à cet enseignant d'accompagner ses descriptions de procédures erronées par une tentative d'attribution causale, comme le montre l'extrait suivant :

« Ce que je constatais quand je circulais, les erreurs principales c'était au niveau d'abaisser des nombres, abaisser des chiffres pas des nombres... Bien abaisser des nombres parce qu'il y en a qui abaissaient deux chiffres en même temps, ça c'est arrivé. Pas savoir, oublier d'abaisser un chiffre, pas savoir quand arrêter, pas comprendre finalement vraiment le sens de la division. »

(S2-apost, lignes 81-87).

Ainsi, si Gina et Simon décrivent d'abord le type d'erreur repéré, ils glissent fréquemment dans une interprétation des causes psychologiques à la

source de l'erreur, en mentionnant l'oubli et la fatigue²⁴. Toutefois, selon ces sujets, l'erreur est principalement liée à un manque de compréhension. Elle est perçue comme étant implicite au processus d'apprentissage : « *c'est une prise de conscience de ce qui ne va pas* » (G-fin, ligne 22) mentionne Gina, « *s'ils n'ont pas d'erreur, il n'y a pas de questionnement* » (G-fin, lignes 24-25). Elle ajoute :

« Je veux qu'ils comprennent leurs erreurs. [...] C'est pas tout de comprendre, ce qu'il faut c'est vraiment de comprendre les erreurs. C'est de comprendre qu'est-ce qu'on doit faire. C'est de connaître les étapes, mais c'est de comprendre où tu as fait ton erreur. Il faut apprendre de ses erreurs. Je veux que tu comprennes ton erreur pour que tu ne la répètes pas. »

(G1-apost, lignes 503-508)

Simon intervient selon un ordre d'idées connexe en soutenant que :

« C'est là que tu apprends le plus. C'est en faisant une erreur que tu vas apprendre de ton erreur, puis que, si c'est bien canalisé, tu ne recommenceras pas ton erreur. Donc, je pense que l'erreur fait partie de la résolution de l'algorithme et c'est à partir de là qu'on peut apprendre. »

(S-fin, lignes 55-60).

Sous ces affirmations se trouve une croyance spontanée selon laquelle la compréhension des erreurs par l'élève permet de ne plus la refaire : « *Autant un enseignant peut faire des erreurs qu'un élève, c'est correct, mais le but c'est de comprendre ce qu'on fait pour pas les répéter* » (G-fin, lignes 36-38). Il réside chez ces enseignants débutants une théorie implicite de l'enseignement, autrement dit un théorème-en-acte, selon lequel la « compréhension de son erreur » permet son éradication. Cette idée semble être soutenue par la volonté de remédier aux procédures erronées et non pas de les utiliser à titre de levier pour l'enseignement de la division.

²⁴ Précisons ici que nous n'avons pas explicitement demandé aux enseignants débutants de se prononcer sur la cause des erreurs. C'est dans leur description des procédures erronées que ceux-ci glissent dans les attributions causales liées au manque de compréhension.

Contrairement à Gina et Simon, Anna se limite à la procédure algorithmique lorsqu'elle effectue la description d'une erreur. Elle ne se prononce ni sur les causes psychologiques liées aux erreurs particulières ni sur l'interprétation de celles-ci en tant qu'« inattentions » ou « oublis ». Mentionnons rapidement que ce résultat converge avec celui présenté par Portugais en 2000, au sujet de l'étude de la typologie des erreurs (cf. supra, p. 64).

Par contre, lorsque cette enseignante parle « généralement » de l'erreur arithmétique, elle la discerne difficilement de l'échec et semble surtout associer l'erreur à des manquements sur le plan sémantique :

« Un enfant qui se trompe pour moi ça représente un enfant qui n'a peut-être pas compris. Un enfant qui est en échec, c'est un enfant qui a besoin d'informations supplémentaires parce que justement il n'a peut-être pas eu la base. [...] Je vais juste le prendre comme un défi; un défi à relever parce qu'il comprend moins bien. Je pense que c'est plus ça. »

(A-fin, lignes 20-28)

Bref, la procédure erronée constitue, pour cette enseignante, un indice marquant la nécessité d'obtenir des explications supplémentaires de la part du maître. Selon cette idée, l'erreur n'est pas considérée comme un levier pour l'enseignement de la division, mais plutôt comme un signe indiquant un besoin d'institutionnalisation ou de remédiation. Ainsi, malgré le fait qu'elle n'attribue pas de causes psychologiques à l'erreur lorsqu'elle en effectue la description, Anna partage avec Gina et Simon cette nécessité de remédier à l'erreur.

2.1.2.2. L'erreur remédiée perçue comme un signe de compréhension chez l'élève

Pour nos sujets, l'erreur est liée à un manque de compréhension entre autres parce qu'ils s'appuient sur l'argument inverse : un élève qui « comprend » ne commet pas de procédure erronée. Par conséquent, ils se doivent d'intervenir afin de remédier à cette « déficience ». En reprenant un extrait de la citation précédente d'Anna « *c'est un enfant qui a besoin d'informations*

supplémentaires », nous pouvons entrevoir que les nouveaux maîtres de nos études de cas conçoivent qu'il est nécessaire de s'interposer entre les élèves et leurs erreurs dans ces circonstances.

Selon cette logique, leurs interventions permettent de pallier à ce manquement, non pas qu'ils se considèrent comme « le maître détenteur de savoir », mais qu'ils croient que leurs stratégies d'intervention amèneront l'élève à prendre conscience de son erreur et à modifier sa procédure. L'intentionnalité qui sous-tend les actions des enseignants débutants de nos études de cas se rattache à cette conviction que l'erreur traitée ne se reproduira plus. En d'autres mots, le théorème-en-acte, selon lequel la « compréhension de son erreur » permet son élimination permanente, maintient activement chez nos sujets ce but de traiter l'erreur. En prenant appui sur la théorie des champs conceptuels et notre cadre de référence, poursuivons l'analyse de ce phénomène en offrant une lecture en termes de schèmes.

N'ayant pas un accès complet à la cognition de l'élève (et aux effets de ses interventions sur les composantes du *schème-algorithme* de celui-ci), l'enseignant se fie aux conduites et aux interactions verbales ou non verbales produites²⁵. L'erreur commise lors de l'exécution d'un algorithme est interprétée comme un élément problématique sur le plan de la compréhension; elle est considérée comme une défaillance. Même si deux des enseignants font une distinction entre l'erreur de calcul, qualifiée « *d'erreur mécanique* », et l'erreur de compréhension qualifiée « *d'erreur conceptuelle* » (S-fin, lignes 15-45), ces deux « catégories » d'erreurs sont évoquées sommairement en tant que manque de compréhension. D'ailleurs, Simon et Anna verbalisent difficilement ce qui différencie les aspects syntaxiques et sémantiques de l'exécution d'une division, en se limitant à des commentaires généraux. Ils insistent surtout sur l'importance de comprendre le sens de l'opération, mais définissent difficilement son lien avec la technique de

²⁵ Précisons rapidement que l'absence d'action est aussi considérée comme une réaction chez l'élève.

l'algorithme. C'est d'ailleurs ce que Simon tente d'expliquer à la suite d'une séance d'enseignement :

« La division vient d'une logique quand même. Tu sais, c'est pas juste une opération mécanique... Cette opération mécanique-là vient de quelque chose, vient d'une logique. Et peut-être que dans cet apprentissage-là, qui s'échelonne sur plusieurs années, ça jamais été fait. Tu sais, c'est peut-être pour ça aussi que plusieurs élèves ont de la difficulté à maîtriser... Abaisser, puis prendre tel nombre, pis na na na... Parce qu'ils n'ont jamais compris la nature de l'algorithme, et d'où ça vient pis c'est quoi les tenants et les aboutissements de cet algorithme-là. »

(S2-apost, lignes 355-363)

Le fait d'ajuster le calcul et de trouver la réponse juste, suite aux interventions, constituent des conduites interprétées par le maître novice comme un signe que l'élève « a compris ». En d'autres mots, la modification de la procédure par l'élève est perçue comme une marque de neutralisation aux manquements cognitifs. Encore une fois, il s'agit d'une forme de théorème-en-acte de « l'élève qui comprend ne fait pas d'erreur ». Or, il est difficile de mesurer la portée que peut avoir une intervention enseignante sur un calcul erroné. Si l'objectif est d'agir sur les composantes du schème algorithme de l'élève, il n'est aucunement assuré que la mise en œuvre d'une stratégie d'intervention amènera chez lui des changements significatifs sur le plan conceptuel. C'est pourtant une supposition qui est maintenue volontairement chez le novice.

Certains travaux de didactique, tels que ceux de Brun et son équipe de chercheurs, ont montré que la construction du schème algorithme constitue un processus long et délicat. Vergnaud a d'ailleurs avancé que c'est au cours des nombreuses situations que ce schème, ou même une partie de ce schème, atteindra l'équilibre. Nous considérons qu'il est possible que l'intervention du maître ait un effet sur certaines composantes spécifiques du schème algorithme (comme l'idée de partage, les opérations intermédiaires, etc.). Toutefois, nous pensons qu'il est peu probable que la mise en place de stratégies d'intervention à la suite d'une erreur amène l'élève à « comprendre » l'ensemble des aspects syntaxiques et

sémantiques en jeu. Cette croyance à l'effet que le traitement de l'erreur permet à l'élève de pallier certains manquements conceptuels peut paraître plutôt naïve, car il est peu réaliste de concevoir qu'un seul échange didactique (celui effectué dans le cadre d'une *situation du travail de l'erreur*) entraîne l'équilibre du *schème-algorithme*.

Avec ces considérations, nous ne cherchons pas à juger ici cette théorie implicite chez nos sujets. La validité de ce théorème-en-acte n'est pas à évaluer; il est cependant pertinent d'en prendre acte pour l'étude des schèmes du travail de l'erreur. Rappelons d'ailleurs que Vergnaud soutient que les propositions tenues pour vraies sont nécessaires pour « *gérer des buts, des règles et des actions en situation* » (1994, p.181).

En somme, la volonté de traiter l'erreur constitue le fondement de l'intentionnalité des maîtres novices en *situation du travail de l'erreur*. Ce but d'amener l'élève d'abord à en prendre conscience et ensuite de modifier son calcul pour obtenir une procédure juste constitue un élément clé dans l'analyse de cette activité particulière. Pour nos sujets, l'erreur arithmétique représente, dans des dimensions beaucoup plus grandes que celle que nous avons anticipées, un problème devant être résolu par le maître. Ainsi, la procédure erronée constitue véritablement un élément déclencheur d'une situation d'enseignement particulière : une *situation du travail de l'erreur*.

2.2. Les intentions didactiques dites « en-acte » au sein des situations du travail de l'erreur

En *situation du travail de l'erreur*, l'activité spécifique du traitement de l'erreur, par la mise en œuvre de stratégies d'intervention, est gouvernée par les intentions didactiques dites « en-acte ». Celles-ci apparaissent *in situ* et s'organisent en fonction du but premier, soit le traitement de l'erreur. Dans ces situations particulières, l'enseignant est appelé à négocier la procédure erronée et les réactions de l'élève aux formes d'intervention mises en place. Ces dernières

sont difficiles à anticiper; nous avons vu que la mise en œuvre d'une stratégie adaptée peut réussir ou échouer dans sa mission d'amener l'élève à prendre conscience de son erreur et à modifier sa procédure. Ainsi, les effets des actions du maître sur la cognition de l'élève contribuent au caractère imprévisible de la *situation du travail de l'erreur*. Ce sont les inférences effectuées *in situ* et l'émission d'intentions didactiques en-acte qui permettent à l'enseignant de maintenir la stratégie déployée ou d'opter pour une nouvelle forme d'intervention. Un véritable travail de conceptualisation est ainsi réalisé *in situ*, rythmé par le passage entre la représentation cognitive à l'action et de l'action à la représentation cognitive.

L'ensemble de ces éléments met en relief la prégnance du processus d'adaptation au cours de la situation, mais rend délicate l'analyse du travail du maître. Si nous reconnaissons que chaque *situation du travail de l'erreur* est caractérisée par les particularités qui la composent, nous pouvons décrire sommairement les mécanismes conceptuels qui entrent en jeu chez l'enseignant en action. Précisons que la description présentée ci-dessous résulte de l'observation des maîtres novices de nos études de cas et ne peut être généralisée à l'ensemble de la population des enseignants en première année de carrière.

- Le maître novice repère l'erreur arithmétique et se la représente mentalement. Cette activité requiert la mobilisation du *schème-travail de l'erreur* et, plus précisément, des connaissances procédurales et conceptuelles permettant l'exécution de l'algorithme de division, de même que celles liées aux erreurs arithmétiques.
- Il se réfère à l'ensemble des éléments cognitifs contenus dans le *schème-travail de l'erreur* pour intervenir sur la procédure erronée par la mise en œuvre d'une stratégie d'intervention. Il agit alors sur la cognition de l'élève, spécifiquement sur les composantes du *schème-algorithme* de celui-ci. En d'autres mots, cette action porte sur le rapport qu'entretient l'élève avec la tâche algorithmique.

- Il observe les conduites, les interactions verbales et non verbales de l'élève en réaction à la mise en place de la stratégie et se représente mentalement les effets de son action sur la cognition de l'élève.
- Cette représentation cognitive le conduit à faire un choix : maintenir la stratégie d'intervention ou modifier son approche en optant pour une nouvelle stratégie. Ainsi, par un processus d'adaptation à la *situation du travail de l'erreur*, le maître régit sa conduite en fonction de la rétroaction obtenue chez l'élève et l'erreur commise.
- En *situation du travail de l'erreur*, le va-et-vient entre l'action de l'enseignant, la réaction de l'élève et la représentation conceptuelle de son action sur la cognition de l'élève se poursuit jusqu'à ce que l'élève ait pris conscience de son erreur et modifié sa procédure pour obtenir une réponse juste. Du moins, il s'effectue jusqu'à ce que l'enseignant soit persuadé qu'il a effectivement obtenu cet effet recherché.

Pendant la *situation du travail de l'erreur*, le but de l'enseignant demeure habituellement le même : traiter l'erreur²⁶. À partir des informations captées *in situ* et de son réseau de connaissances spécifiques (soit l'ensemble des concepts-en-acte et théorèmes-en-acte qu'il possède à propos du travail de l'erreur), le sujet effectue des inférences, il calcule des règles et surtout émet des intentions didactiques en-acte. Ce raisonnement lui permet de régir son action et de choisir les stratégies d'intervention les mieux adaptées pour l'atteinte de ce but précis, le traitement de l'erreur. Le tout est réalisé à une vitesse vertigineuse pendant la *situation du travail de l'erreur*, en fonction du déroulement des événements.

Puisqu'elles gouvernent les choix, les décisions et les actions du maître débutant, les intentions didactiques jouent un rôle déterminant dans l'organisation des conduites de l'enseignant et plus précisément dans la mise en oeuvre des stratégies d'intervention. Afin d'appuyer ces propos, nous exposons un phénomène non documenté jusqu'à présent dans les écrits scientifiques : une

²⁶ Sauf s'il y a bifurcation, une forme de déroute dans le travail d'intervention sur l'erreur qui sera présentée ci-dessous, à la section 2.2.1.

forme de dérouté dans l'activité d'intervention sur la procédure erronée que nous identifions comme une bifurcation dans le travail de l'erreur.

2.2.1. Bifurcation dans le travail de l'erreur effectué par l'enseignant débutant

Nous nommons « bifurcation dans le travail de l'erreur » une suite localisée d'interventions didactiques qui s'éloigne du fil de pensée d'origine dans le cadre d'une *situation du travail de l'erreur*²⁷. Ce phénomène a été observé à la situation n° 13 (cf. supra, p. 222; ann. XV); il s'agit du seul cas de bifurcation observé dans le cadre de notre dispositif de recherche. De par sa nature, nous pensons que ce phénomène n'est pas pour autant marginal. Nous demeurons toutefois prudentes et précisons que d'autres études seraient ici nécessaires. Dans les paragraphes qui suivent, nous nous référons à cette *situation du travail de l'erreur* à titre d'exemple permettant d'illustrer ce phénomène didactique.

Dans la situation n° 13, Anna accompagne Ryan dans l'exécution de son calcul. En fait, dès le début de la situation, Ryan effectue des demandes de guidage auprès de son enseignante, l'algorithme $352 \div 23$, n'a pas encore été effectué. Anna finit par acquiescer et demande : « 23 rentre dans 35... ». L'élève regarde son algorithme répond « ça rentre 2 fois » (soit une erreur 2.2 b) et Anna intervient avec un questionnement relevant d'abord de la stratégie $(G_1 3)^*$, remise en contexte de l'opération à l'aide d'une situation problème. Elle modifie ensuite son approche pour une version dégénérée de la stratégie d'intervention ciblant le travail sur la numération de position $(F_j 2)^*$. Elle s'adapte ainsi au déroulement de la situation; à ce point, il n'y a rien de particulier à signaler.

Toutefois, Ryan répond incorrectement à la demande « c'est quoi la valeur de 35? ». Entraînée par cette réponse erronée, l'enseignante se lance dans un

²⁷ Mentionnons que, dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas considéré les bifurcations qui ne sont pas en lien avec le travail de l'erreur, c'est-à-dire les suites localisées d'intervention ayant pour objet la gestion de classe ou la discipline, par exemple, qui s'éloignent du fil de pensée d'origine. Ce choix se justifie parce que notre travail demeure ancré dans le domaine de la didactique des mathématiques.

questionnement intensif pour « faire dire » à l'élève que le 35 (dans 352) constitue des dizaines. Anna commence par poser autrement sa question sur la valeur de position. Elle poursuit en interrogeant et en donnant des exemples de réponses possibles (dizaines, centaines, unités), accentuant le caractère dégénéré de la stratégie ($F_j 2$)*. Elle répète à voix haute son intervention sur la valeur de position et insiste sur certains éléments dans le but de susciter une prise de conscience de l'erreur « *35 diziizaines, ça fait combien d'unités?* » (A3-obs, ligne 139). Elle finit par faire travailler la valeur de position avec un exemple comprenant des chiffres plus petits et guide l'élève en lui donnant des éléments de réponse; elle débute avec 2 dizaines et monte graduellement jusqu'à 35 (A3-obs, lignes 167-214). Une fois que l'élève arrive à la réponse de 350 unités, la bifurcation est terminée et l'enseignante retourne à la tâche originale de $352 \div 23$ et l'erreur 2.2b du départ (A3-obs, ligne 217).

Afin d'interpréter le phénomène de bifurcation dans le travail de l'erreur, il est nécessaire de considérer les intentions didactiques du maître. Dans la situation n° 13, les intentions didactiques en-acte de l'enseignante s'orientent vers un but précis : amener l'élève à prendre conscience de son erreur et à modifier son choix de multiple (23 rentre une fois dans 35). Toutefois, Anna délaisse momentanément cette visée à la suite de la réponse erronée de Ryan au questionnement sur la valeur de position. Elle devient déterminée à faire dire à son élève qu'il s'agit de 350 unités, ce qui entraîne une suite localisée d'interventions. De ce fait, elle s'éloigne momentanément du fil de pensée d'origine. L'organisation de sa conduite indique qu'il y a alors modification de l'orientation de son action globale par l'apparition d'une intention didactique en-acte. Une fois sa mission accomplie (Ryan réalise que 35 constitue le nombre de dizaines), elle revient à son intention première, c'est-à-dire amener l'élève à prendre conscience et à rectifier son erreur.

Précisons que nous ne considérons point la bifurcation dans le travail de l'erreur comme une adaptation à la *situation du travail de l'erreur*. Ici, Anna aurait pu complètement éviter cette suite localisée d'interventions en avouant à

l'élève que le 35, dans le nombre 352, représente des dizaines, soit 350 unités²⁸. Nous soutenons plutôt que ce phénomène est lié à une contradiction entre les intentions didactiques préalables et ce but, en *situation du travail de l'erreur*, d'amener l'élève à prendre conscience de son erreur. Nous expliquons cette idée.

Lors de l'entrevue *a priori*, Anna nous a confié qu'elle devait « *repartir vraiment à la base et réexpliquer, un petit peu, le principe de l'algorithme, [...] parce qu'ils ne le comprennent pas* » (A3-apri, lignes 103-105). C'est d'ailleurs un point qui revient dans toutes ses entrevues, elle désire savoir si ses élèves savent pourquoi il y a abaissement des chiffres et pourquoi il y a soustraction des produits partiels lors de l'exécution d'un algorithme de division. Pour ce faire, elle mentionne l'emploi de stratégies d'intervention incluant la décomposition du quotient et, surtout, la valeur de position.

Nous croyons que dans la situation n° 13, Anna déploie une stratégie d'intervention ciblant la numération de position, non seulement pour amener l'élève à prendre conscience de son erreur, mais surtout pour l'entraîner ultérieurement dans un questionnement permettant d'évaluer son niveau de compréhension de la soustraction des produits partiels dans le diagramme de division. Mentionnons qu'aussitôt que l'erreur est repérée par l'élève (fin de la *situation du travail de l'erreur*), l'enseignante poursuit son questionnement auprès de Ryan en lui demandant « *Pourquoi tu as fait un moins?* » (A3-obs, ligne 298). Alors, elle se lance intensivement dans une série de questions à ce sujet et sur les raisons qui sous-tendent l'abaissement d'un nombre dans le diagramme de l'algorithme de division et ce que représente le reste. Bref, même si Anna désire amener son élève à prendre conscience de son erreur, son intention didactique préalable demeure en tête²⁹.

²⁸ Nous verrons d'ailleurs, lors du prochain chapitre, que les enseignants évitent à tout coup de fournir une réponse aux élèves, même lorsqu'il est question, comme dans cette situation, d'une réponse à une intervention intermédiaire (cf. infra, p. 278).

²⁹ Selon nous, le questionnement intensif quant aux raisons qui motivent l'abaissement des chiffres ou la soustraction de produits partiels n'est pas lié à un effet de contrat de recherche. L'organisation de la conduite d'Anna lors des séances observées de même que ses réponses lors

Le travail réalisé sur le plan des intentions didactiques en-acte, soit la mise en œuvre de stratégies d'intervention dans cette situation d'enseignement particulière, reflète ce double objectif. Si le fait de travailler la valeur de position constitue une stratégie d'intervention sur l'erreur (F_j 2), elle ne constitue pas nécessairement un choix adapté à cette situation du travail de l'erreur particulière. Soulignons d'ailleurs que l'élève semble plutôt dérangé par les interventions de son maître. Plus la situation avance, plus ses réponses deviennent confuses. Ryan ne semble plus savoir ce qui lui est demandé et, contrairement à l'enseignante, il est incapable de voir le lien entre ses demandes originales (est-ce que 23 rentre 2 fois dans 35) et le questionnement à propos de la valeur de position (la valeur de 35 dizaines). Ceci est apparent lorsqu'il pose la question à son enseignante, après que celle-ci lui ait demandé la valeur de 2 dizaines, « *Là tu fais 35 moins 20, c'est ça?* » (A3-obs, ligne 170). Anna doit dévoiler qu'elle a un but ultérieur pour que son élève se situe dans cette dérive : « *Non. Je fais juste te poser une question. 35 ça vaut combien... juste te montrer.* » (A3-obs, lignes 173-174).

Puisque la suite localisée d'interventions didactiques s'éloigne du fil de pensée d'origine, la bifurcation dans le travail de l'erreur a un effet chaotique et désorganise l'élève dans l'exécution de sa tâche algorithmique; cela l'entraîne dans un état de confusion. De son point de vue, cette déroute dans le travail d'intervention n'est certes pas aussi transparente qu'elle ne l'est pour le maître. L'élève est entraîné par un fil conducteur qui lui échappe très certainement. Dès lors, la bifurcation dans le travail de l'erreur doit être comprise autrement que comme une sous-routine sans effet, qui ne serait qu'une réparation locale. Le tissu de cet échange didactique risque, à notre avis, d'être globalement affecté.

Lorsqu'il y a bifurcation dans le travail de l'erreur, la nouvelle enseignante semble ni se situer « dans le moment présent », ni s'organiser en fonction des besoins et demandes immédiats de l'élève ciblé. Nous avons observé que ce sujet qui s'attache à un projet initial inadapté aux exigences de la *situation du travail de*

des entrevues n'indiquent aucunement qu'elle cherche à démontrer sa compétence en matière d'enseignement de l'opération de la division et son algorithme respectif.

l'erreur assume alors plus difficilement le contrôle de l'activité de l'élève. C'est cela qui peut entraîner, selon nous, des conditions chaotiques d'exécution des calculs pour l'élève et risque d'entraîner possiblement un glissement didactique.

Malgré le fait que nous avons repéré, lors de l'analyse des protocoles, une seule bifurcation dans le travail de l'erreur, nous considérons que la situation n° 13 témoigne de l'importance des intentions didactiques en-acte. Nous retenons qu'en *situation du travail de l'erreur*, le fait de délaissier momentanément celles-ci, au profit d'intentions didactiques préalables, peut avoir des répercussions non négligeables sur l'activité mathématique de l'élève et comporte ainsi certains risques que nous devons souligner.

Il est vrai que le déroulement de l'échange didactique, en *situation du travail de l'erreur*, et l'activité conceptuelle qui l'accompagne, s'effectuent à une vitesse fulgurante. Il est possible de se demander si les enseignants débutants de nos études de cas ont conscience de l'importance des intentions didactiques dites en-acte, étant donné leur caractère inopiné. Pour ce faire, nous devons jeter un coup d'œil du côté des intentions didactiques préalables, inférées à partir des données recueillies dans les entretiens précédant les séances d'enseignement.

2.2.2. Les intentions didactiques préalables et le travail de l'erreur

Voici ce que nos trois sujets ont répondu lorsque nous les avons questionnés sur les difficultés qu'ils avaient anticipées à propos des tâches soumises aux élèves.

Anna identifie globalement le sens de la division et l'exécution de l'algorithme comme telle, mais ses réponses se rapportent davantage aux méthodes de travail à la gestion de classe et à la discipline. En aucun temps, elle ne cible des erreurs arithmétiques particulières. Gina ne mentionne que les erreurs en rapport avec le traitement du diviseur et plus précisément la segmentation (1.1a). Bref, ces deux enseignantes ne répondent que très brièvement aux

questions ciblant l'anticipation des erreurs lors des entretiens précédant les séances observées.

Lors de la toute première entrevue, Simon, lorsqu'il planifie ses séances d'enseignement, insiste vivement sur l'importance d'anticiper les erreurs pouvant être produites par les élèves. Il souligne d'ailleurs qu'il effectue toujours cette démarche. Toutefois, lors des entretiens effectués *a priori* des séances observées pendant lesquels nous avons questionné Simon à propos des procédures erronées, nous avons remarqué une importante discordance dans son discours. En réalité, cet enseignant anticipe rarement les erreurs arithmétiques possibles pour les algorithmes présentés. À une seule occasion, il mentionne vaguement les erreurs liées au traitement du reste (type 1.4). Cela dit, compte tenu du fait que les algorithmes présentés dans la classe de Simon comprennent des nombres peu élevés et qu'ils demeurent généralement simplistes, nous considérons que peu de procédures erronées peuvent en effet être anticipées. Cela dit, il lui arrive de cibler les difficultés se rapportant aux méthodes de travail, à la compréhension du sens de l'opération ou au calcul de la preuve (cf. supra, p. 60).

Les données recueillies lors de la toute première entrevue montrent que nos sujets possèdent des connaissances sur différents types d'erreur (cf. supra, p. 209), mais ils ne s'y réfèrent point pour répondre aux questions posées en entrevue *a priori*. Nous verrons, lors du chapitre septième, qu'il en est de même en ce qui concerne le traitement de l'erreur; ces enseignants novices anticipent, quoique difficilement, les stratégies d'intervention pouvant être mises en œuvre en fonction d'erreurs arithmétiques particulières (cf. infra, p. 270). Celles-ci sont non seulement peu nombreuses, peu diversifiées et très sommairement décrites, mais elles semblent également moins importantes aux yeux de nos sujets. Aux questions ciblant l'anticipation des moyens d'intervention, ils offrent, la plupart du temps, une réponse semblable à celle-ci : « *Je vais voir qu'est-ce qui va se passer, donc, je vais agir sur le tas. Je vais voir qu'est-ce qui se passe, c'est quoi les difficultés, pis je vais juste les diriger par rapport à ça, mais j'ai rien de préparé en tant que*

tel. » (S2-apri, lignes 89-92)³⁰. De plus, mentionnons que les stratégies anticipées ne sont pas nécessairement mises en place par les sujets, une fois que ceux-ci se retrouvent en *situation du travail de l'erreur*. Portugais avait d'ailleurs relevé cette même particularité en ciblant le travail de l'erreur qu'effectuent les futurs enseignants (cf. supra, p. 64).

Ces résultats, de même que l'ensemble de notre analyse des *situations du travail de l'erreur*, indiquent que nos sujets semblent accorder une importance moindre aux intentions didactiques préalables en ce qui concerne l'intervention sur l'erreur. En entrevue préalable, nous constatons que ces trois enseignants débutants ciblent plutôt les élèves qui commettront des erreurs. Ce phénomène s'applique peu importe que le sujet consacre une attention particulière à sa préparation de tâche, qu'il sélectionne les variables didactiques en fonction de faire apparaître des erreurs particulières ou qu'il dépasse la perspective qui consiste à classer les divisions en tâches faciles ou difficiles (cf. supra, p. 185).

Dans leurs réponses, ces enseignants mentionnent surtout le nom des élèves ciblés comme des producteurs potentiels d'erreurs. Dans l'une des entrevues *a posteriori*, Anna revient d'ailleurs sur ses paroles en mentionnant « *ça m'a vraiment donné le résultat que je pensais. Tu sais, je t'en avais parlé là, un petit peu [...] Je sais qui est faible* » (A3-apost, lignes 42-44). Elle poursuit en nommant tous les élèves qu'elle avait ciblés au départ et fait remarquer la justesse de ses prévisions.

Simon décrit d'ailleurs qu'il se fie à ses propres connaissances des élèves afin d'effectuer ce jugement, en s'appuyant à la fois sur les résultats scolaires (notes aux examens et bulletins) et à leur personnalité. Dans l'extrait suivant, il est possible de discerner que ce sont les situations vécues auprès de ses élèves qui portent Simon à agir ainsi :

³⁰ Cette conduite a également été observée chez Gina, même si elle choisit des variables numériques dans le but de faire apparaître certaines erreurs comme les erreurs de tables de multiplication ou de segmentation.

« Je me fie énormément à leur personnalité, leur réaction dans le moment et dans le passé. Puis tant mieux des fois. C'est sûr que je me fie aussi aux résultats qu'ils ont lors des exercices puis lors des évaluations. Ça m'aide aussi à me diriger puis à chaque fois que je passe un examen ou quelque chose comme ça, je prends en note tous les noms de ceux qui ont manqué des numéros. Je sais très bien que je vais revenir dans mon année là-dessus, mais j'ai exactement en note les noms de ceux sur qui il faut que je porte beaucoup attention parce qu'ils n'ont pas fait l'apprentissage ou qu'ils n'ont pas réussi à le consolider. Tout ça, ça me guide. »

(S-prem, lignes 553-562)

Toutefois, nos trois sujets reconnaissent qu'ils peuvent se tromper dans leurs prédictions : certains élèves qualifiés comme étant « faibles en mathématique » peuvent exécuter leurs algorithmes sans commettre d'erreur. Ceci apparaît par exemple dans le discours de Gina :

« En fait, je sais qui va réussir et je sais qui l'aura pas, je sais qui va stresser et je sais qui ne stressera pas [...] Disons que j'ai une bonne idée de ce que les enfants sont capables de faire, si je propose quelque chose... Quoique j'ai des surprises aussi. »

(G-prem, lignes 379-388)

En somme, si le travail de l'erreur se situe principalement sur le plan des intentions didactiques en-acte, les intentions préalables concernent principalement le sous-système « élève » (non pas au sens générique du terme, mais bien au sujet des individus particuliers). Les enseignants de nos études de cas ciblent « qui ne comprendra pas » et non ce qui, dans la tâche algorithmique, risque d'entraîner des erreurs.

Faisons une lecture en termes de schèmes de ce phénomène lié à notre dispositif de recherche mis en place en classe ordinaire. Rappelons qu'il s'agit du milieu de pratique quotidienne où nos sujets ont établi des liens relationnels avec leurs élèves (cf. supra, p. 140). Ainsi, nous considérons que ces maîtres ont vécu lors de cette première année d'enseignement de nombreuses expériences, que celles-ci concernent l'enseignement de la division ou des mathématiques en général.

Dans ce contexte, l'enseignant est appelé à diagnostiquer des erreurs dans les procédures produites par ses élèves. Ces situations vécues, auprès des individus de sa classe, lui permettent de se construire des représentations spécifiques de ceux-ci. Plus le maître diagnostique des erreurs dans les procédures d'un élève particulier, plus il se le représente comme un individu « producteur d'erreurs ». Ceci le conduit à inférer certains choix de tâches et d'interventions. Les expériences vécues en classe ou période d'examen (comme le souligne Simon) entraînent l'enseignant à faire évoluer ses propres représentations à propos des élèves de sa classe; c'est alors qu'un individu peut être catégorisé comme étant « faible » ou « fort » en mathématique. Vergnaud mentionne d'ailleurs qu'un stéréotype peut être associé à la notion de schème (1991b, p. 81). Le caractère schématique, partiel et approximatif de ces représentations ne doit pas masquer leur effet sur les conduites de travail de l'erreur qui sont ensuite effectivement déployées; les relations de filiation et de rupture entre certaines composantes de schème peuvent avoir une conséquence sur l'organisation de l'action.

Ainsi, lorsque nous questionnons les enseignants de nos études de cas au sujet de l'anticipation des erreurs, ils se réfèrent à ses représentations concernant les élèves, plutôt qu'en faisant explicitement référence à ses connaissances au sujet des procédures erronées. À nos yeux, c'est ce qui explique pourquoi ces maîtres novices prévoient qui commettra l'erreur plutôt que de décrire le type d'erreur qui sera produite ou les stratégies pouvant être mobilisées.

Nous avons constaté que si l'élève est stéréotypé comme étant « faible en mathématique » et qu'il réussit à ne pas commettre d'erreur, l'enseignant, surpris, est heureux du résultat. Si une erreur apparaît dans sa procédure, le maître se considère fin prêt à intervenir et il agit rapidement par la mise en œuvre de stratégies d'intervention. Toutefois, l'inverse est également possible; cette particularité a d'ailleurs été repérée par Gina, comme le souligne l'extrait suivant : *« la plupart étaient ce que je considère, assez forts en mathématique et j'ai dû recommencer plusieurs fois le problème [...] c'est une difficulté que je n'avais pas »*

anticipée vraiment beaucoup venant d'eux » (G3-apost, lignes 50-60). Notons que des commentaires similaires ont également été recueillis chez Anna. Ainsi, cette pratique d'anticiper les élèves qui produiront des calculs erronés et non pas les erreurs en elles-mêmes comporte certains risques. Déstabilisé par la situation où se retrouve un élève qui ne produit habituellement pas d'erreur, le maître hésite longuement et/ou avorte certaines tentatives d'intervention ne sachant quelle approche doit être mise en œuvre.

Bref, ces résultats nous indiquent que le sous-système « élève » constitue une dimension intéressante du travail de l'erreur effectuée par le maître novice. Nous y consacrons d'ailleurs une courte section au chapitre septième (cf. infra, p. 289). Cela dit, précisons qu'il s'agit ici de représentation cognitive de la part de cet enseignant au sujet des habiletés de l'élève ciblé. Dans ce travail, nous n'avons pas cherché à vérifier si l'élève considéré comme « fort » en mathématique est effectivement « doué » dans cette matière; nous nous sommes appuyée sur les déclarations émises en entrevue.

Ceci met fin au sixième chapitre dédié à l'étude des *situations du travail de l'erreur* dans le contexte de la classe ordinaire. Rappelons que l'analyse des dix-neuf situations observées permet de dégager différents phénomènes didactiques (multiplicité, cooccurrence, bifurcation). Nous avons été en mesure d'illustrer que l'erreur commise par l'élève dans l'exécution d'algorithme de division et repérée par l'enseignant novice est traitée par celui-ci. À partir d'observations, nous avons réalisé un travail interprétatif situant la notion de l'intentionnalité didactique dans le cadre de la *situation du travail de l'erreur*. Nous avons cherché à saisir la nature du travail de conceptualisation à l'oeuvre dans les interventions de nos sujets enseignants sur les erreurs, rythmé par le passage entre la représentation cognitive à l'action et de l'action à la représentation cognitive. Ceci nous a permis non seulement d'identifier des indices témoignant des connaissances et mécanismes cognitifs sous-tendant le travail de l'erreur, mais également de renforcer l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur* chez nos sujets.

CHAPITRE SEPTIÈME

LES STRATÉGIES D'INTERVENTION DÉPLOYÉES EN SITUATION DU TRAVAIL DE L'ERREUR PAR LES ENSEIGNANTS DÉBUTANTS

Ce septième chapitre, consacré à l'étude spécifique des stratégies d'intervention, vient répondre à la question spécifique « *Quelles sont les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées?* » (cf. supra, p. 21). Nous présentons d'abord les différentes formes d'intervention anticipées par nos sujets¹ et identifions par la suite les stratégies déployées dans le cadre des dix-neuf *situations du travail de l'erreur* observées². La description raisonnée de l'organisation des conduites de nos sujets nous permet également d'exposer quelques phénomènes liés à la mise en œuvre effective des stratégies d'intervention. Par l'analyse de ceux-ci, nous identifions certains *indices, observables dans la conduite du nouvel enseignant en situation du travail de l'erreur, qui témoignent des connaissances et des mécanismes cognitifs de ce sujet* (cf. supra, p. 25).

1. STRATÉGIES D'INTERVENTION MISES EN OEUVRE EN SITUATION DU TRAVAIL DE L'ERREUR

Nous poursuivons ici le travail analytique des *situations du travail de l'erreur* réalisé dans le chapitre sixième, en procédant à une analyse détaillée des stratégies déployées par nos sujets. Nous cherchons ainsi à *identifier les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées* (cf. supra, p. 25). Rappelons que ces formes d'intervention visent à exercer un contrôle sur l'activité mathématique de l'élève « *à partir de deux axes différents* :

¹ Le lecteur notera que les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche concernent uniquement les maîtres de nos études de cas et ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la population des enseignants novices. Les affirmations qui sont faites dans cette partie de la thèse doivent être comprises comme étant relatives à ces sujets.

² Le lecteur se rappellera que, dans le cadre de ce travail, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division.

contrôler les actions de l'élève lorsque celui-ci calcule (ce qu'il dit, ce qu'il écrit) ou contrôler le sens des actions faites par l'élève (l'opération mathématique sous-jacente aux activités algorithmiques) » (Portugais, 1995, p. 167)³. De ce fait, les stratégies d'intervention permettent au maître d'agir sur la cognition de l'élève et, plus précisément, sur les composantes du schème-algorithme de l'élève.

1.1. Stratégies d'intervention anticipées par les enseignants débutants

Nous amorçons ce chapitre en présentant les stratégies d'intervention anticipées par nos sujets. Rappelons que, dans notre dispositif de recherche, nous avons mis en place des entretiens *a priori* des séances d'enseignement dans le but précis de questionner les nouveaux maîtres au sujet de leurs intentions didactiques préalables concernant le travail de l'erreur. Au total, seulement quatre stratégies différentes ont été ciblées, à titre de moyens d'interventions pouvant possiblement être mis en œuvre en fonction d'une erreur arithmétique. Rappelons qu'à nos questions concernant les moyens prévus pour intervenir sur les procédures erronées, nos sujets ont fourni des réponses très vagues (cf. supra, p. 263). Nous résumons ci-dessous les déclarations obtenues.

Gina mentionne les stratégies $F_{j\ 2}$ *Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position* et $F_{j\ 3}$ *Faire manipuler des objets*. Cependant, ces moyens d'intervention n'ont pas été observés dans le cadre des douze *situations du travail de l'erreur* chez cette enseignante. Mentionnons que des formes régulières ou dégénérées de ces stratégies ont été constatées lors de l'analyse des pratiques d'Anna.

Anna propose également deux stratégies, dont la $F_{j\ 2}$. Elle déploie aussi la $F_{i\ v}$, soit une forme d'institutionnalisation primitive directe effectuée sans désigner

³ Précisons ici qu'il s'agit de l'orientation générale de la stratégie et non de la situation du travail de l'erreur, comme ce fut le cas dans le chapitre sixième (cf. supra, p. 223). Nous abordons ici, par l'analyse des formes d'interventions, ce deuxième niveau d'analyse de cette activité professionnelle spécifique.

explicitement le lieu de l'erreur à l'élève⁴. Nous verrons, lors de l'analyse de ses *situations du travail de l'erreur*, que l'enseignante met effectivement en œuvre ces stratégies anticipées, même si elles peuvent occasionnellement prendre une forme dégénérée.

Simon mentionne qu'il prévoit mobiliser la stratégie F_{i2} , *Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte*. Il précise toutefois qu'il préfère que l'élève interpellé n'identifie pas, dès le départ, le lieu de l'erreur. L'enseignant souhaite que l'élève commence plutôt par montrer la procédure correcte. Puisqu'aucune erreur arithmétique n'a été observée dans la classe de Simon, nous n'avons pas été en mesure de vérifier ces déclarations. Toutefois, il s'agit d'une stratégie d'intervention mobilisée à plusieurs reprises, en *situation du travail de l'erreur*, par Anna et Gina.

Ces données, quoique peu nombreuses, sont tout de même indicatives; elles révèlent que ces maîtres novices possèdent des connaissances spécifiques relatives au travail d'intervention. Cependant, elles indiquent également que les intentions préalables, concernant le travail d'intervention sur l'erreur, sont peu nombreuses et imprécises. Un nombre très limité de stratégies est anticipé et rares sont celles qui sont ensuite déployées en *situation du travail de l'erreur*.

Ces éléments corroborent les résultats du chapitre précédent; chez l'enseignant en exercice, le travail de l'erreur est régi par une activité cognitive qui se vit « dans le moment présent », selon le déroulement des événements. En *situation du travail de l'erreur*, un rôle déterminant est ainsi accordé aux intentions didactiques en-acte, tandis que les intentions didactiques préalables semblent plutôt occuper une fonction complémentaire. Ainsi, pour appréhender le fonctionnement des mécanismes conceptuels en jeu dans le travail de l'erreur, il est nécessaire de procéder à l'analyse de l'organisation des conduites de nos sujets

⁴ Nous reprenons et expliquons cette forme d'intervention dans la partie 1.3, au point 1.3.1.1 du présent chapitre (cf. infra, p. 278).

pendant le traitement de l'erreur. La connaissance rationnelle étant opératoire dans l'action, nous procédons à l'étude de la mise en œuvre effective des stratégies d'intervention sur l'erreur dans les sections suivantes.

1.2. Présentation des stratégies d'intervention déployées en situation du travail de l'erreur

Une stratégie d'intervention est constituée d'un ensemble d'actes coordonnés mis en place en fonction d'intentions didactiques particulières. Un comportement isolé ne représente pas nécessairement un indicateur suffisant pour inférer la présence d'une stratégie particulière (cf. supra, p. 108). Nous avons cherché à contourner cette embûche méthodologique en considérant les choix, les décisions et les actions de l'enseignant comme des indices parmi plusieurs autres. Ainsi, pour repérer les stratégies d'intervention, nous avons procédé à l'analyse de la coordination des actions du sujet, en fonction de la *situation du travail de l'erreur* dans laquelle il se retrouve. Pour ce faire, nous avons eu recours aux données, sous forme de protocoles, des différents micro-épisodes (issus du découpage, en unités analysables, des séances observées) ainsi que celles des divers protocoles d'entretiens (cf. supra, p. 170). La mise en relation de ces données, par le procédé de triangulation, met en relief les stratégies d'intervention et en montre l'intérêt, comme nous le verrons dans les données ci-dessous. Rappelons que des tests de stabilité et de fiabilité ont été menés pour consolider notre démarche méthodologique dans un contexte où l'interprétation des conduites demeure difficile, comme l'a bien relevé Vermersh (cf. supra, p. 158 et 181).

Dans le tableau XV, nous énumérons les stratégies d'intervention déployées par Gina et Anna dans les différentes *situations du travail de l'erreur* (rappelons qu'aucune erreur n'a été observée dans la classe de Simon). Il s'agit ici d'une liste des stratégies mobilisées par ces deux sujets; nous nous sommes appuyée sur la typologie des 26 stratégies d'intervention sur l'erreur de Portugais afin d'identifier les démarches mises en œuvre par nos sujets pour traiter l'erreur.

Soulignons que leur analyse sera effectuée à la section 1.3 et 1.4 du présent chapitre.

Tableau XV

Stratégies d'intervention mobilisées en situation du travail de l'erreur

| | | Formes régulières des stratégies d'intervention sur l'erreur | Formes dégénérées des stratégies d'intervention sur l'erreur |
|--|----------------------|--|--|
| F | F_i | F_{i 1} Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel à l'élève et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive directe). | |
| | | F_{i 2} Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive par élève interposé). | |
| | | F_{i v} Montrer la procédure correcte à l'élève sans désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel (institutionnalisation primitive directe). | |
| | | | (F_{i 2} + F_{i 7})* Choisir un autre élève qui a fait juste et faire refaire le calcul aux deux élèves (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige ⁵ . |
| | F_j | F_{j 2} Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts). | (F_{j 2} + F_{j 4})* Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position en présentant une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite. |
| | | F_{j 6} Désigner explicitement le lieu ou la cause de l'erreur et lui donner la règle transgressée. | (F_{j 2} + F_{j 3} + F_{j 4})* Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position, en faisant manipuler des objets (regroupement, échanges) et en présentant une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite. |
| F_{j 7} Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | | (F_{j 7})* Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | |
| | | (F_{i 7} + G_{i 4})* Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) et demander de comparer les résultats entre eux (l'ancien et le nouveau) pour faire prendre conscience de l'erreur (procédure, taille des nombres). | |

⁵ Les cellules grises indiquent des formes d'intervention dégénérées où deux stratégies d'approches distinctes ou d'orientations différentes ont été amalgamées (cf. infra, p. 306).

| | | | |
|----------|----------------------|--|--|
| G | G_i | G_{i 1} Déclarer à l'élève qu'il y a erreur et demander de la préciser. L'élève a alors le contrat de recherche de l'erreur, non pour elle-même, mais pour l'expliquer. | (G_{i 3})* Refaire l'algorithme avec l'élève en ajoutant, à chaque étape de la résolution, un contexte de « problème » à la tâche algorithmique. |
| | | G_{i 6} Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite. | (G_{i 6})* Effectuer avec l'élève la preuve après le calcul et/ou établir pour celui-ci le lien preuve-calcul. |
| | | G_{i 8} Faire utiliser les tables pour redonner à l'élève la possibilité de se centrer sur la taille numérique plutôt que sur les étapes de l'algorithme. | (G_{i 9})* Lire ou répéter à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat pour l'élève dans le but de susciter une prise de conscience sur la taille numérique du résultat erroné. |
| | | G_{i 9} Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné. | |
| | | G_i Stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée | |

Dans le tableau XV, nous retrouvons deux grandes formes de stratégies d'intervention de l'erreur chez nos sujets. Les formes « correctes » ou « régulières » correspondent aux stratégies d'intervention décrites dans la typologie des 26 stratégies⁶. Les formes dégénérées constituent des dérives dans l'emploi des stratégies; elles présentent des incohérences avec la fonction qui devrait présider à leur mise en œuvre. Nous examinons ces résultats dans les sections 1.3 et 1.4.

1.3. Les formes « régulières » du travail de l'erreur

La colonne gauche du tableau XV se résume assez rapidement. Nous y retrouvons onze stratégies de travail de l'erreur, dont neuf sont directement issues de la typologie des 26 stratégies d'intervention. Les deux autres stratégies (F_{i v} et G_i) correspondent à une version légèrement différente et non cataloguée des stratégies de Portugais; nous présentons ces variantes un peu plus loin dans la présente section (cf. infra, p. 278 et p. 292). D'un côté, nous comptons six stratégies d'intervention orientées sur le contrôle des actes (F), dont trois liées à l'approche de l'institutionnalisation primitive (F_i) et trois autres à l'approche par

⁶ Le lecteur notera que par stratégie « correcte », nous entendons une stratégie qui ne présente pas de défaillance dans la mise en œuvre de son contrôle, que celui-ci soit sémantique ou syntaxique (Portugais, 1995, p. 203).

remédiation (F_j). De l'autre côté, nous remarquons cinq stratégies d'intervention orientées sur le contrôle du sens (G). Celles-ci sont toutes liées à l'approche didactique (G_i) et nous ne retrouvons ainsi aucune stratégie adidactique (G_j). Ces données sont en soi peu indicatives et méritent d'être plus finement analysées.

Le tableau XVI présente l'occurrence de ces différentes stratégies dans les *situations du travail de l'erreur* observées dans le cadre de notre dispositif de recherche en classe ordinaire. Cela dit, mentionnons que quatre d'entre elles, les situations n° 3, 7, 15 et 19, comprennent uniquement des formes dégénérées de stratégies d'intervention de l'erreur; elles n'apparaissent donc pas dans ce tableau.

Tableau XVI
Stratégies d'intervention mobilisées dans les différentes situations du travail de l'erreur

| | Stratégie | Situations n° | Occurrences |
|----------|---|-----------------------------|-------------|
| F | F_{i1} Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel à l'élève et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive directe). | 2, 8, 11, 12, 16, 17, 18 | 7 |
| | F_{i2} Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive par élève interposé). | 1, 14, 17 | 3 |
| | F_{iv} Montrer la procédure correcte à l'élève sans désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel (institutionnalisation primitive directe). | 1, 2, 4, 5, 8, 13, 17 | 7 |
| | F_{j2} Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts). | 13 | 1 |
| | F_{j6} Désigner explicitement le lieu ou la cause de l'erreur et lui donner la règle transgressée. | 2 | 1 |
| | F_{j7} Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | 16, 18 | 2 |
| | G_{i1} Déclarer à l'élève qu'il y a erreur et demander de la préciser. L'élève a alors le contrat de recherche de l'erreur, non pour elle-même, mais pour l'expliquer. | 4 | 1 |

| | | | |
|----------|--|--------------|---|
| G | G_{i 6} Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite ⁷ . | 2, 4 | 2 |
| | G_{i 8} Faire utiliser les tables pour redonner à l'élève la possibilité de se centrer sur la taille numérique plutôt que sur les étapes de l'algorithme. | 10 | 1 |
| | G_{i 9} Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné. | 6 | 1 |
| | G_i Stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée. | 8, 9, 13, 17 | 4 |

Dans ce chapitre, nous n'exposons pas chacune des onze stratégies mobilisées en *situation du travail de l'erreur* et énumérées dans le tableau XVI. Leur description a été effectuée dans les différentes recherches de Portugais, dont celles publiées en 1992 et 1995. Nous avons choisi plutôt de porter un regard global sur les deux orientations du travail de l'erreur en présentant, lorsque nécessaire, le détail de certaines stratégies déployées. Ceci permet de mieux dépeindre le traitement de l'erreur réalisé par nos sujets et d'offrir quelques pistes d'interprétation de cette activité enseignante particulière.

1.3.1. Les stratégies d'intervention orientées sur le contrôle des actes

Le tableau XVI permet de constater que, malgré le fait que nos sujets mobilisent, en *situation du travail de l'erreur*, un nombre similaire de stratégies orientées sur le contrôle du sens (cinq) et de stratégies orientées sur le contrôle des actes (six), ces dernières sont mises en œuvre plus fréquemment. Ces stratégies d'intervention se retrouvent dans douze des quinze *situations du travail de l'erreur* comprenant des formes régulières de stratégies d'intervention⁸. Le phénomène de mobilité⁹ nous permet de mettre en relief leur prédominance.

⁷ Le lecteur se rappellera que le terme « preuve » est employé par les enseignants du primaire voulant identifier la multiplication effectuée en guise d'opération inverse de la division. Cette action est demandée afin que l'élève prouve la justesse de sa réponse. Dans le cadre de cette thèse, cette expression se rapporte uniquement à cette activité (cf. supra, p. 60).

⁸ Il s'agit des situations n° 1, 2, 4, 5, 8, 11, 12, 13, 14, 16, 17 et 18.

⁹ Le phénomène de mobilité, ou de la récurrence, représente ici le fait qu'une stratégie se retrouve dans différentes situations de travail de l'erreur. Dans le chapitre sixième, nous avons étudié la mobilité dans le cadre d'une même situation (apparition d'une même stratégie à plusieurs reprises dans une même situation) (cf. supra, p. 239). Ces deux formes distinctes du phénomène de la

Malgré les diverses tentatives des enseignants débutants pour intervenir sur le contrôle du sens de l'activité mathématique de l'élève, nous constatons qu'ils agissent davantage sur le contrôle des actes. Comme l'avait remarqué Portugais dans son dispositif auprès de futurs enseignants, le contrôle des aspects syntaxiques est plus répandu et plus spontané dans les *situations du travail de l'erreur* vécues en classe ordinaire par des maîtres en début de carrière (cf. supra, p. 64).

Dans le tableau XVI, nous remarquons également que les stratégies d'intervention liées à l'approche par remédiation (F_j) sont présentes dans quatre situations différentes (n° 2, 13, 16 et 18). Les stratégies liées à l'approche de l'institutionnalisation primitive (F_i) sont déployées de façon plus courante; elles apparaissent dans les douze situations mentionnées précédemment (soit dans toutes les situations où se retrouvent des stratégies orientées sur le contrôle des actes). En d'autres mots, lorsqu'une stratégie relevant de l'approche par remédiation (F_j) est déployée en fonction d'une erreur, elle se retrouve dans le voisinage d'une stratégie liée à l'institutionnalisation primitive. Ainsi, nous constatons que lorsque le contrôle des actes est assumé par nos sujets, l'institutionnalisation primitive est largement privilégiée.

En nous appuyant sur ces résultats, nous pouvons inférer que ces enseignants débutants possèdent des connaissances spécifiques au sujet des stratégies d'intervention orientées sur le contrôle des actes. Celles-ci sont opératoires dans l'action; leur mobilisation en *situation du travail de l'erreur* a pour but le traitement effectif de l'erreur arithmétique. Cette activité permet au maître novice d'obtenir des succès ; la mise en œuvre d'une stratégie orientée sur le contrôle des actes amène l'élève à prendre conscience de son erreur et à modifier sa procédure. De ce fait, cette forme d'intervention est reprise à plusieurs occasions. La mobilité des formes d'intervention orientées sur les aspects syntaxiques de l'activité mathématique est un indice important, car cela

mobilité avaient été identifiées dans notre cadre de référence (cf. supra, p. 115); elles correspondent à deux niveaux d'analyse distincts.

témoigne du fait que cette coordination des actions particulières est récurrente chez nos sujets. À notre avis, cette mobilité indique une forme invariante dans l'organisation de la conduite chez ces enseignants débutants.

Puisque ces propos renforcent l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur*, nous considérons que cette idée mérite d'être élucidée. Nous poursuivons notre description de l'activité orientée sur le contrôle des actes que réalisent nos sujets en situation, par la présentation de stratégies liées à l'approche de l'institutionnalisation primitive directe. Leur mise en œuvre *in situ* est d'ailleurs marquée de particularités n'ayant pas été repérées, jusqu'à maintenant, dans les écrits scientifiques portant sur le travail de l'erreur.

1.3.1.1. Les stratégies liées à l'institutionnalisation primitive directe (F_{i1} , $F_{i\vee}$)

L'analyse des protocoles d'observation et d'entretien nous a permis d'apporter une distinction importante concernant l'institutionnalisation primitive directe : la stratégie « *montrer la procédure correcte* » peut s'effectuer en désignant à l'élève le lieu de l'erreur (F_{i1}) ou non ($F_{i\vee}$). Malgré cette variation, la mise en place de ces deux stratégies demeure caractérisée par une coordination des actions, chez le maître novice, profondément axée sur le contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève.

Le premier aspect de ces stratégies que nous désirons examiner est la partie désignée par les termes « *montrer la procédure correcte à l'élève* ». Cette action est effectuée par l'enseignant soit en indiquant les étapes pour réaliser l'algorithme¹⁰, soit en posant des questions sur la démarche d'exécution du calcul. En 1995, Portugais avait identifié ce travail de questionnement soutenu en fonction des contraintes de son dispositif expérimental et l'avait identifié comme une « *recherche active de l'erreur* » (1995, p. 132). Nous croyons qu'il ne s'agit

¹⁰ Rappelons que, dans cette thèse, l'algorithme est compris comme un processus systématique d'exécution, dont l'organisation des étapes mène fatalement à un résultat (cf. supra, p. 37).

pas uniquement d'un « *travail de dépistage volontaire des erreurs produites* », mais également d'une forme d'intervention sur l'erreur¹¹. Nous nous expliquons.

Le but du questionnement est la verbalisation des actions par l'élève ciblé, pour que celui-ci prenne lui-même conscience de son erreur. Ainsi, l'enseignant l'assiste par des actes de langage au moyen desquels l'élève reprend les différents aspects syntaxiques de l'exécution d'un algorithme de division. Pour cette raison, la variante de la stratégie F_{i-1} tente de rendre l'élève légèrement plus responsable du contrôle de son calcul. Ce questionnement est illustré dans l'extrait ci-dessous, issu de la situation n° 4, lorsque Gina (G) interroge Michelle (Mi) qui a commis une erreur de segmentation (1.1a) dans son exécution de l'algorithme $9187 \div 17$ ¹².

Tableau XVII

Le travail d'intervention par F_{iV} effectué par Gina en fonction de l'erreur de segmentation (1.1a) de Michelle dans l'algorithme $9187 \div 17$

(G1-obs, lignes 1353-1312)

| | | |
|-----------|---|---|
| G | <i>Là t'as fait quoi?</i> | L'enseignante demande de verbaliser une étape particulière dans l'exécution de l'algorithme. |
| Mi | <i>J'ai fait 5 fois 17. Ça fait 85.</i> | Verbalisation des actions par l'élève |
| G | <i>Ça veut dire que 91, si tu le divises par 17 t'es capable d'en mettre?</i> | L'enseignante verbalise le calcul pour l'élève et lui demande le résultat. |
| Mi | <i>5.</i> | Réponse de l'élève |
| G | <i>Ça te fait combien?</i> | L'enseignante poursuit son questionnement. |
| Mi | <i>85.</i> | Réponse de l'élève. |
| G | <i>Reste?</i> | L'enseignante questionne. |
| Mi | <i>6.</i> | L'élève répond. |
| G | <i>Alors qu'est-ce que tu fais?</i> | L'enseignante demande de verbaliser une nouvelle étape particulière dans l'exécution de l'algorithme. |
| Mi | <i>J'abaisse ce chiffre-là.</i> | Verbalisation des actions par l'élève. |

¹¹ Dans ses travaux de recherches, DeBlois et Squalli avaient d'ailleurs repéré le questionnement à titre de moyen d'intervention (cf. supra, p. 72).

¹² Précisons que, dans cette situation, cette intervention n'amène pas l'élève à prendre conscience de son erreur. Une autre stratégie est mise en œuvre avant et après la F_{iV} .

| | | |
|-----------|--|---|
| G | 8. | Précision apportée par l'enseignante à la réponse de l'élève. |
| Mi | <i>Là ça fait 68 divisé par 17, ça fait 4.</i> | Verbalisation des actions par l'élève. |
| G | <i>Alors, tu peux en mettre 4 dans chacun.</i> | L'enseignante verbalise le calcul pour l'élève. |
| Mi | <i>Ça donne juste. [...]</i> | L'élève répond à l'enseignante. (La situation se poursuit, mais l'enseignante change ici de stratégie — fin de l'extrait). |

Cet extrait montre comment l'enseignant amène l'élève à verbaliser les différentes étapes de l'exécution de l'algorithme. Puisque le lieu de l'erreur n'est pas directement indiqué et que le contrôle des actes est effectué à l'aide d'un questionnement, nous voyons que la $F_{i\ v}$ peut être considérée comme une forme d'intervention légèrement plus dévolutive que la $F_{i\ 1}$.

Mentionnons que si nous avons observé les maîtres débutants déployer la stratégie $F_{i\ v}$ dans sept *situations du travail de l'erreur* différentes, ceux-ci précisent eux-mêmes, dans les différents entretiens, qu'ils emploient ce moyen d'intervention. Gina affirme utiliser cette stratégie auprès de différents élèves « *Je dois la guider dans ses multiplications* » (G1-apost, lignes 235-236) ou « *je suis intervenue, c'est ça, étape par étape, je les reprenais avec elle* » (G1-apost, lignes 260-263). Lors de la toute dernière entrevue, elle donne l'exemple suivant pour tenter de décrire comment elle intervient « étape par étape » : « *Premièrement, tu fais ça. Qu'est-ce que tu fais deuxièmement? Tu fais ça...* » (G1-apost, lignes 274-275). Elle conclut en affirmant : « *Je me dis : plus je vais faire ça tout seul, ça va peut-être venir d'eux-mêmes.* » (G1-apost, lignes 275-276). Soulignons qu'Anna et même Simon ont également soutenu qu'ils utilisent ce type de questionnement à titre de stratégie d'intervention. Puisqu'aucune erreur n'a été repérée dans la classe de Simon, nous n'avons pas été en mesure de vérifier les affirmations de ce dernier.

Nous avons remarqué que cette variation de la stratégie d'institutionnalisation primitive directe vient fréquemment prendre une forme beaucoup plus assidue que celle décrite précédemment. Le questionnement devient de plus en plus intense, c'est-à-dire que les affirmations de l'enseignant se font plus fréquentes, plus précises et plus pressantes. Lorsqu'il reprend avec l'élève les étapes d'exécution de l'algorithme, le maître débutant demande également d'expliquer ses actions, de préciser comment il effectue l'algorithme et pourquoi il procède ainsi. À titre d'exemple, Anna mentionne « *Pourquoi on pose la question combien de fois 2 rentre dans, par exemple, 4?[...] Ensuite, pourquoi on soustrait? Ok, c'est surtout au niveau de l'algorithme.* » (A2-apri, lignes 92-99). Bref, le questionnement intensif peut se centrer sur la cause des actions posées par l'élève ciblé. Cette forme d'intervention risque d'entraîner une dérivation dans l'objet d'intervention puisque l'élève n'est plus en évocation de son action, mais en instance de justification. Dans ces circonstances, la $F_{i v}$ nuit à la continuité des actions de l'élève; celui-ci n'a plus la responsabilité de verbaliser les étapes de l'algorithme ou de repérer son erreur, mais plutôt de répondre aux demandes incessantes de son enseignant. L'élève est alors assujéti aux questions, non plus à la tâche algorithmique¹³.

Mentionnons que, lorsqu'ils décrivent leurs actions et la forme de questionnement déployée, nos sujets n'emploient pas l'expression « montrer la procédure correcte ». Ils privilégient « faire verbaliser la démarche », « guider les actions » ou « mettre des mots sur les étapes ». Ces expressions sont en fait des manières courantes de décrire ces éléments de la culture enseignante. Nous y voyons une relation avec le Programme de formation de l'école québécoise (Gouvernement du Québec, 2001), dans lequel est présentée la compétence « *Communiquer à l'aide du langage mathématique* ». Cette communication peut

¹³ Toutefois, nous tenons à souligner qu'une question, telle qu'un « pourquoi », employée à la fin de l'exécution d'un algorithme, une fois la tâche terminée et l'erreur repérée, peut entraîner une discussion très intéressante. À ce moment, l'élève n'est pas déchiré entre la tâche à accomplir, l'erreur à repérer, et les demandes pressantes de son enseignant. Nous soutenons que ce type d'intervention, orientée sur le contrôle des actes, nous semble plus profitable pour l'élève qu'une série de questions intensives le bombardant durant l'exécution de sa tâche.

se faire à l'oral (tout comme à l'écrit). Les passages suivants, issus de ce programme, vont en ce sens :

« Communiquer à l'aide du langage mathématique permet à l'élève de renforcer, en les nommant, les apprentissages de processus et de concepts qu'il a réalisés à l'occasion d'activités diverses » [...]

« La communication peut intervenir à différentes étapes d'une démarche : lorsque les élèves s'approprient une situation problème à résoudre, présentent leurs pistes de solution, confrontent leur point de vue ou font part de leurs résultats »

(p. 132)

Si nous pouvons relier les expressions employées par nos sujets afin de décrire leurs actions à quelques théories explicites de la socioculture enseignante, nous considérons tout de même qu'il y a une distorsion entre leur façon d'intervenir et les stratégies qu'ils mettent effectivement en œuvre. Nous verrons, plus loin dans ce chapitre, que nos sujets font un effort conscient de dévolution; ils tentent d'amener l'élève à prendre lui-même conscience de ses erreurs et ils souhaitent intervenir sur le plan de la compréhension de l'opération de division. Toutefois, une fois plongés au cœur d'une *situation du travail de l'erreur*, ces maîtres novices exercent massivement un contrôle des actes et mobilisent fréquemment une stratégie d'institutionnalisation primitive directe.

Le second aspect des stratégies F_{i1} et F_{iv} que nous désirons examiner est la partie désignée par les termes « désigner le lieu de l'erreur », soit le point précis qui les distingue. À l'entrevue finale, lorsque nous avons présenté la stratégie « *Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel à l'élève et lui montrer la procédure correcte* », nos sujets ont tous réagi fortement vis-à-vis la première partie de l'énoncé. Anna décrit d'ailleurs pourquoi elle évite de fournir des éléments de réponse dans ses interventions : « *Si je leur dis oui, c'est ça, ils n'iront pas chercher plus loin. Puis ça, je le sais parce que c'est des élèves comme ça. Si je leur dis oui, tu l'as, ils vont arrêter là. [...]* Ils ne le feront pas parce qu'ils savent qu'ils ont la bonne réponse » (A-fin, lignes 330-345). Ainsi, elle conçoit que l'identification de l'erreur est perçue chez l'élève comme

l'achèvement de cette partie de leur relation didactique. Comme nous l'avons vu lors du chapitre précédent, le but du maître novice, en *situation du travail de l'erreur*, n'est pas seulement de permettre à l'élève de prendre conscience de son erreur, mais aussi de l'amener à modifier correctement sa procédure pour obtenir un calcul juste (cf. supra, p. 247). L'enseignant évite donc de donner des éléments de réponse à l'élève ciblé et l'amène plutôt à accomplir sa tâche algorithmique à l'aide d'une institutionnalisation primitive directe, sans même indiquer le lieu de l'erreur.

Simon va plus loin en rejetant complètement la stratégie. Il précise que ce choix s'appuie sur sa formation universitaire (en général). Mentionnons que c'est là la seule déclaration spontanée que nous avons rencontrée, liant la description du traitement de l'erreur et l'ancien système de formation :

« Désigner explicitement le lieu de l'erreur et démontrer... oui ben ça. C'est sûr qu'on n'aime pas ça, hein? Puis la réponse attendue c'est sûrement : non! c'est pas bon. Non pour vrai, [...] avec la formation qu'on a eue, c'est évident qu'il y a une personne qui va être pour ça. »

(S-fin, lignes 706-711).

Si cette déclaration est intéressante, nous ne pouvons toutefois montrer si cet enseignant met réellement de côté cette stratégie puisque aucune *situation du travail de l'erreur* n'a été observée dans sa classe. D'ailleurs, Simon ne va pas plus loin dans ses explications concernant le rejet de la stratégie d'institutionnalisation primitive et se limite à ce commentaire.

Le fait de « fournir la bonne réponse » ou « indiquer le lieu précis d'une erreur arithmétique » semble constituer, pour les maîtres novices de nos études de cas, une action à éviter, sinon à ne mettre en place qu'en dernier recours. Il s'agit d'une particularité sur laquelle ils ont tous insisté. De ce fait, nous considérons qu'elle constitue possiblement une forme de théorème-en-acte chez nos sujets. Ceux-ci semblent tenir pour vraie une proposition telle qu'« il ne faut jamais

donner des éléments de réponse à un élève » et tentent, dans la mesure du possible, d'organiser leur conduite en conséquence.

En évitant de dire « *tu t'es trompé ici* », ces maîtres novices croient laisser à l'élève une plus grande responsabilité et un plus grand contrôle sur la tâche. Toutefois, comme nous l'avons montré précédemment, leur questionnement intensif laisse à l'élève peu de contrôle sur sa propre activité mathématique; c'est l'enseignant qui garde la responsabilité d'exécuter l'algorithme. Ceci s'applique si la verbalisation est effectuée par l'enseignant ou par l'élève, car le maître lui indique comment procéder par son questionnement. L'élève n'évoque pas par lui-même ses actions; il est dirigé par les demandes constantes de son enseignant. Ceci entraîne une perte d'autonomie de la pensée mathématique chez l'élève, même si le lieu de l'erreur n'est pas indiqué.

Ces résultats nous conduisent à affirmer que la verbalisation, en guise de stratégie d'intervention sur l'erreur, constitue la plupart du temps un moyen orienté sur le contrôle des actes, apparenté à une approche d'institutionnalisation primitive directe. De plus, en considérant le fait que la F_{i-1} est déployée dans le voisinage de la F_{i-v} , dans les sept *situations du travail de l'erreur* où cette dernière stratégie apparaît (tableau XVI, cf. supra, p. 275), nous constatons que nos sujets arrivent difficilement à ne pas « *désigner explicitement* » le lieu de l'erreur à l'élève. En réalité, la distinction entre ces deux stratégies s'estompe; ce sont les déclarations de ces maîtres novices qui semblent dire autre chose. Nous nous expliquons.

L'action de « *ne pas désigner l'erreur* » représente *a priori* une stratégie d'intervention permettant d'injecter du sens dans l'activité mathématique. Elle est donc considérée comme étant appropriée par nos sujets. Il est possible qu'une verbalisation véritable, lors de laquelle l'élève est en évocation de son action, puisse représenter une stratégie plus dévoluante que la stratégie d'institutionnalisation primitive directe traditionnelle (F_{i-1}). Dans les faits, la

coordination des actions de ces enseignants novices expose toute la difficulté qu'ils éprouvent à transférer la responsabilité de l'activité mathématique vers l'élève. Nous constatons que le déploiement de ces deux stratégies témoigne d'un contrôle élevé des aspects syntaxiques de l'activité mathématique de la part du maître, peu importe si le lieu de l'erreur a été effectivement désigné ou non.

Quelques composantes du *schème-travail de l'erreur* sont donc appréhendées ici par l'analyse de l'organisation de la conduite des maîtres novices : en particulier à travers ces gestes d'institutionnalisation primitive dont la prégnance et la récurrence sont importantes. Malgré leurs efforts conscients d'éviter cette forme d'intervention, nos sujets montrent à la fois qu'ils possèdent des connaissances spécifiques à ce sujet et que la mise en œuvre effective de ces stratégies est délicate et difficile. Afin de renforcer l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur*, nous présentons certaines variables qui, lorsque présentes en situation d'enseignement spécifique, peuvent entraîner le déploiement d'une stratégie F_{i1} ou F_{iv} .

- Les situations marquées par la multiplicité des stratégies de l'enseignant débutant et la multiplicité des erreurs de l'élève

Nous avons remarqué la présence des stratégies d'institutionnalisation primitive directe dans les situations marquées par la multiplicité des stratégies d'intervention et dans celles marquées par la multiplicité des erreurs arithmétiques.

Premièrement, rappelons que l'étude du phénomène de la multiplicité des stratégies présentées dans le sixième chapitre (cf. supra, p. 236) a révélé que, dans certaines situations, la forme d'intervention déployée ne permet pas, pour une raison ou une autre, d'amener l'élève à prendre conscience de son erreur et de modifier correctement sa procédure. Nous voyons alors que le nouvel enseignant s'adapte en mettant en place un autre moyen. L'étude des onze *situations du*

*travail de l'erreur*¹⁴ révèle que la dernière forme d'intervention mise en place est habituellement orientée sur le contrôle des actes. Dans six situations plus spécifiquement, une stratégie d'institutionnalisation primitive directe est déployée en dernier lieu.

Deuxièmement, nous avons constaté que nos sujets déploient la F_{i-1} et la F_{i-v} dans les trois situations où nous retrouvons plusieurs erreurs arithmétiques, soit les situations n° 2, 8 et 17 (cf. supra, p. 236, 238, 240 et ann. XV). Réitérons que dans certaines situations, nous avons observé l'enseignant débutant travailler jusqu'à cinq erreurs. Plusieurs motifs peuvent soutenir la présence de plus d'une erreur dans une même situation et nous ne pouvons pas catégoriser ce phénomène à titre d'effet de la mise en œuvre d'une stratégie inappropriée. Toutefois, nous remarquons que, dans ce type de situation, ces enseignants débutants déploient de façon récurrente des stratégies liées à l'approche de l'institutionnalisation primitive directe.

Ces résultats indiquent que ces stratégies peuvent être utilisées dans des circonstances particulières où le maître novice constate que ses tentatives d'intervention sont inefficaces. En assurant un plus grand degré de contrôle des aspects syntaxiques, il reprend à sa charge l'activité mathématique de l'élève et limite ainsi les dérapages éventuels. Puisque d'autres moyens ont échoué à amener l'élève à prendre conscience de l'erreur et à ajuster sa procédure, il s'adapte en mobilisant ses connaissances spécifiques au sujet de l'institutionnalisation primitive. Il coordonne ses actions en fonction de cette approche, fait des inférences et calcule des règles d'action pour amener l'élève à prendre conscience de son erreur et à modifier sa procédure. Dans ces circonstances de « dernier recours », comme le souligne Gina, les stratégies d'institutionnalisation primitive directe représentent un choix d'action approprié.

¹⁴ Il s'agit des situations n° 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 16, 17 et 18.

Nos sujets disposent donc, dans leur répertoire de connaissances, des compétences nécessaires au traitement relativement immédiat de *situations du travail de l'erreur* particulièrement difficiles à gérer. Selon nous, la multiplicité des stratégies d'intervention et la multiplicité des erreurs constituent des variables internes à la situation d'enseignement qui peuvent entraîner le maître débutant à opter pour une stratégie d'institutionnalisation primitive.

Ces résultats nous permettent de dégager que le travail de l'erreur, dans ces circonstances particulières, est soutenu par une suite de décisions conscientes. La mise en œuvre d'une F_{i1} ou F_{iv} constitue une manifestation visible du caractère invariant de l'organisation de l'action de l'enseignant débutant. Ces propos rendent plus solide l'hypothèse du *schème-travail de l'erreur* chez ces enseignants en première année de carrière.

○ Les contraintes de temps

Les trois enseignants soulignent que les stratégies d'institutionnalisation primitive directe sont efficaces puisqu'elles permettent rapidement à l'élève de prendre conscience de son erreur et de modifier sa procédure pour obtenir un résultat juste. Comme le précise Simon :

« Désigner explicitement le lieu de l'erreur et démontrer... oui. [...] C'est sûr que c'est, pour le prof, c'est, on sauve incroyablement de temps. Le but n'est pas de nous épargner du temps, mais de permettre aux élèves de comprendre et d'apprendre. »

(S-fin, lignes 706-713).

Nos sujets sont conscients du fait que la F_{i1} ou la F_{iv} leur permet de traiter rapidement la situation, même lorsqu'ils considèrent qu'il ne s'agit pas d'un moyen approprié. En ce sens, l'économie du système les amène fréquemment à intervenir par le biais d'une institutionnalisation primitive directe. Cet extrait, dans lequel Gina décrit une intervention effectuée auprès d'une élève, décrit cette réalité :

« Je suis intervenue en lui disant, ah, c'est toutes des questions de situation, si je n'avais pas eu un laps de temps (...), c'est sûr que j'aurais procédé différemment. Là, quand tu as toujours la contrainte de temps durant une période de récupération, que c'est fait sur l'heure du dîner. Il n'y a pas juste ça, tu sais, tu veux qu'ils en voient le plus possible, qu'ils s'habituent à en faire. Cette fois-là, de mémoire, ça ne me surprendrait pas du tout, que je sois tout de suite allée la voir pour lui cibler, regarde, tu sais, t'en fais pas, je pense que c'est ça que je fais. Tout de suite, je lui ai ciblé l'erreur. (...) Le contexte a fait que j'ai dû m'adapter, c'était peut-être pas ce que j'aurais priorisé, ce que j'aurais voulu faire... »

(G-fin, lignes 110-120)

Gina poursuit cet entretien en mentionnant que, si la situation avait été différente, elle aurait demandé de faire la preuve (G_{i6}) ou elle aurait fait refaire le calcul à l'élève (F_{j7}). Ces résultats indiquent que, dans les *situations du travail de l'erreur* où les contraintes du temps entrent en ligne de compte, nos sujets mettent en œuvre une stratégie d'institutionnalisation primitive directe. Ainsi, ils préfèrent déployer un moyen d'intervention jugé comme étant « moins approprié » que de s'abstenir (choisir de ne pas agir). Ceci témoigne d'ailleurs de l'importance qu'accordent ces enseignants débutants au traitement de l'erreur.

La contrainte de temps est une variable externe à la *situation du travail de l'erreur* ayant un effet sur les choix, les décisions et les actions du maître novice. Plus précisément, nous croyons que sa présence, en situation d'enseignement spécifique, génère une règle d'action spécifique du type « *si la période de mathématiques prend fin, alors je mets en œuvre une institutionnalisation primitive directe en fonction de l'erreur repérée* ». Nous sommes donc conduits à considérer que nos sujets font des inférences et qu'ils retirent de la situation les informations pertinentes. Ils coordonnent leurs actions et déploient une stratégie F_{i1} ou F_{iv} puisqu'ils anticipent la mise en place de ce moyen spécifique, dans des circonstances particulières, ce qui permettra le traitement relativement immédiat de l'erreur.

○ Les élèves perçus comme étant « faibles en mathématiques »

Lors de l'analyse des micro-épisodes, nous avons constaté que nos sujets semblent favoriser des stratégies d'intervention orientées sur le contrôle des actes, et plus spécifiquement l'approche de l'institutionnalisation primitive, lorsqu'ils sont appelés à intervenir auprès d'élèves qu'ils se représentent comme étant « faibles en mathématique ». Simon explique qu'avec ce type d'élève « *Je prends son doigt et je le mets presque sur la bonne réponse (...). C'est une intervention beaucoup plus directive que pour les autres.* » (S-fin, lignes 156-160).

Ainsi, la représentation qu'a l'enseignant de son élève (ici il s'agit de l'individu comme tel) peut représenter une variable interne à la *situation du travail de l'erreur* puisque sa prise en considération amène le maître novice à mettre en place une F_{i-1} et F_{i-v} . Nous pouvons parler alors d'une règle d'action spécifique du type « *si tel élève commet une erreur, alors je mets en œuvre une institutionnalisation primitive directe* ». Ici encore, cette règle d'action permet de générer une organisation de la conduite en fonction du traitement du problème; l'institutionnalisation primitive directe constitue un moyen efficace, et surtout rapide, pour amener ces élèves particuliers à prendre conscience de l'erreur et à modifier la procédure.

Nos sujets possèdent des connaissances antérieures propres aux individus qui composent leur classe; ils s'appuient sur celles-ci pour régir leurs actions. Ce résultat nous permet d'affirmer que les stratégies ne représentent pas nécessairement des catégories d'intervention interchangeables d'un élève à un autre. En *situation du travail de l'erreur*, le maître s'adapte au déroulement des événements, principalement en fonction des erreurs repérées et des réactions des élèves aux interventions mises en place. Toutefois, la représentation qu'a le maître de l'élève et de ses habiletés en mathématique représente une variable interne à la situation pouvant, si elle est prise en compte, marquer la réalisation du travail de l'erreur. Chez nos sujets, nous avons constaté qu'un élève perçu comme « producteur d'erreur » ou « faible en mathématique » peut entraîner la mise en

œuvre d'une F_{i1} ou F_{iv} . Une composante du schème, liée à l'institutionnalisation primitive, est alors mobilisée, ce qui permet l'adaptation du travail de l'erreur en fonction de l'élève ciblé.

Nous demeurons toutefois prudente ici dans nos interprétations. Si nous remarquons une constance dans l'organisation des conduites de nos sujets, nous constatons que la mise en œuvre effective de la F_{iv} et F_{i1} n'est pas réservée à cet effet. À titre d'exemple, soulignons que dans un entretien Anna précise qu'elle pourrait déployer une F_{iv} auprès de Josiane, une élève considérée comme étant « douée ». Ainsi, nous considérons que les novices reconnaissent l'efficacité de la mise en œuvre d'un F_{iv} ou F_{i1} auprès d'élèves « producteurs d'erreurs », mais ne se limitent pas à cette organisation de la conduite. D'autres éléments, comme l'erreur produite et la réaction des élèves aux interventions, sont pris en considération afin d'amener l'élève à prendre conscience de son erreur et à modifier sa procédure. De tels éléments permettent, selon nous, de témoigner du caractère dynamique et adaptatif du *schème-travail de l'erreur*.

Nous mettons fin, ici, à la présentation de ces trois variables qui, lorsque présentes en situation d'enseignement spécifique, peuvent entraîner le déploiement d'une stratégie F_{i1} ou F_{iv} . Ces brèves remarques, issues de notre travail d'observation et d'analyse des interventions relevant du contrôle des actes, témoignent de la forme invariante que peut prendre l'organisation de la conduite de l'enseignant novice en *situation du travail de l'erreur*. Elles nous permettent surtout de soutenir l'idée de composantes du *schème-travail de l'erreur*, associées à l'institutionnalisation primitive et caractérisées par leur prégnance et leur récurrence.

En somme, nous considérons que la mise en œuvre d'une stratégie liée à l'approche de l'institutionnalisation primitive directe est généralement typique du processus d'assimilation. Nos sujets usent de connaissances spécifiques et de théorèmes-en-acte qui sont opératoires dans l'action. En prenant appui sur ces

invariants opératoires, et sur les informations recueillies en *situation du travail de l'erreur*, ces maîtres novices font des inférences, calculent des règles d'action et émettent des intentions didactiques. Ils font aussi des anticipations en fonction de ce but précis qu'est le traitement de l'erreur. Ils disposent donc les éléments conceptuels nécessaires pour exercer avec succès un contrôle des actes, surtout en ce qui concerne l'institutionnalisation primitive. En reprenant à leur charge la responsabilité de l'activité mathématique, nos sujets sont en mesure de traiter efficacement et rapidement la procédure erronée. C'est ainsi que nous mettons en évidence la portée et le fonctionnement du *schème-travail de l'erreur* chez les enseignants de nos études de cas, ou du moins, différentes composantes du schème se rattachant aux règles d'écriture et autres aspects syntaxiques, ainsi qu'aux stratégies d'intervention orientées sur le contrôle des actes.

1.3.2. Les stratégies d'intervention orientées sur le contrôle du sens

Lors du dernier chapitre, nous avons souligné le fait que nos sujets, placés en *situation du travail de l'erreur*, assurent avec plus de difficulté un contrôle des aspects sémantiques (cf. supra, p. 225). Notre analyse des stratégies didactiques mises en place confirme que leur mise en œuvre demeure un procédé laborieux. Ces dernières sont d'ailleurs peu diversifiées; le tableau XVI, présenté au début de la section 1.3 (cf. supra, p. 275), permet de constater que cinq stratégies dites didactiques (G_i) sont déployées dans huit *situations du travail de l'erreur*. Parmi celles-ci, mentionnons que deux d'entre elles comprennent une forme d'intervention unique (n° 9 et 10), tandis que les autres sont marquées par la multiplicité des stratégies. En les comparant aux formes d'intervention orientées sur le contrôle des actes, les stratégies G sont en général moins mobiles dans une même situation. De plus, les stratégies en elles-mêmes sont moins récurrentes et n'apparaissent pas fréquemment d'une situation à une autre.

Ces résultats sont tout de même révélateurs ; ils indiquent que ces enseignants novices possèdent des connaissances spécifiques des stratégies d'intervention orientées sur le contrôle du sens. Toutefois, la mobilisation

effective de ces stratégies, en *situation du travail de l'erreur*, est plus laborieuse et moins réussie que les stratégies liées à l'institutionnalisation primitive, par exemple. Par l'analyse des protocoles d'observation, mais également au moyen de l'analyse des entretiens, nous constatons que nos sujets essaient d'instaurer des moments de dévolution. Si l'actualisation du contrôle des aspects sémantiques est difficilement assurée tout au long d'une *situation du travail de l'erreur*, nous remarquons la présence d'efforts ponctuels ou de tentatives sporadiques pour réinjecter du sens dans l'activité mathématique de l'élève. Cette quête de dévolution est consciente ; ils cherchent à amener l'élève à prendre conscience par lui-même de ses erreurs en lui fournissant le moins possible des éléments de réponse. Afin de préciser ces propos, nous présentons ci-dessous, la stratégie G_i , une forme d'intervention ne s'associant à aucune des formes présentées dans la typologie des 26 stratégies d'intervention.

1.3.2.1. La stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée (G_i)

La stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée est, en réalité, une forme d'intervention « passive » où l'enseignant refuse d'agir malgré le fait qu'il a repéré une erreur. Cette stratégie se retrouve dans quatre *situations du travail de l'erreur* différentes; elle constitue donc l'intervention didactique la plus fréquente et la plus mobile (se retrouvant dans les situations n° 8, 9, 13, 17).

Nous avons observé Anna et Gina mettre en place des moments de dévolution à l'aide de cette stratégie particulière. Ceci est observable grâce à certains actes de langage, comme « *Essaie!* » ou « *Je ne sais pas moi?* », de même que des interventions non verbales, comme un haussement des épaules. Lorsqu'ils interviennent auprès d'un petit groupe d'élèves, ces enseignantes peuvent encourager le débat ou les échanges entre les élèves. Elles cherchent également à remettre à l'élève la responsabilité de son activité mathématique lorsqu'elles résistent aux demandes de guidage fréquemment observées chez les élèves. À ce sujet, Anna souligne « *Il faut qu'ils cherchent. [...] tu sais, pas tout dans le bec parce qu'eux autres, c'est ça qu'ils veulent. C'est tu bon? C'est quoi la réponse?* »

Il faut les habituer à chercher » (A-fin, lignes 332-336). Cette enseignante commente d'ailleurs à différentes reprises et, dans différents entretiens, cette pratique particulière.

Avec cette stratégie particulière, les sujets maintiennent le climat de recherche et relancent la recherche par des incitations soutenues, mais non orientées vers une voie de solution particulière. Cette organisation de la conduite démontre que les nouveaux maîtres de nos études de cas possèdent des connaissances antérieures sur la dévolution, même si, dans les faits, ils interviennent plus fréquemment sur le contrôle des actes. Nous observons qu'ils sont capables de faire des inférences à partir des variables présentes dans la *situation du travail de l'erreur*, mais aussi d'agir conséquemment en refusant d'intervenir « activement ». Cette forme d'intervention résulte d'une décision consciente qui vise à encourager l'autonomie de pensée mathématique chez l'élève.

De ce fait, nous croyons que certaines composantes du *schème-travail de l'erreur* liées spécifiquement à ce type de stratégie d'intervention dévolutive (orientées sur le contrôle du sens visent le contrôle conceptuel sur l'activité mathématique) sont en élaboration chez nos sujets. À partir des résultats obtenus concernant le réglage du contrôle du sens et la mise en œuvre effective des stratégies didactiques, nous pouvons affirmer que ce schème comprend plusieurs éléments cognitifs, sans pour autant avoir atteint un équilibre. La présentation des formes dégénérées du travail de l'erreur, dans la section suivante, nous permettra de maintenir cette dernière idée d'importance dans le cadre de cette thèse.

1.4. Les formes dégénérées du travail de l'erreur

Les formes dégénérées du travail de l'erreur, un phénomène identifié par Portugais en 1992 et 1995, constituent des déroutes dans l'emploi des stratégies. L'analyse de nos protocoles nous a permis de repérer et distinguer huit formes dégénérées du travail de l'erreur. Celles-ci ont rapidement été présentées au début

du chapitre, dans la colonne droite du tableau XV (cf. supra, p. 273). Dans le tableau suivant, nous dressons la liste des stratégies d'intervention dégénérées observées dans treize des dix-neuf *situations du travail de l'erreur* analysées dans le cadre de notre dispositif de recherche en classe ordinaire. Précisons que six d'entre elles, les situations n° 1, 9, 10, 11, 12 et 14, comprennent uniquement des formes dites « régulières » de l'erreur; elles n'apparaissent donc pas dans le tableau XVIII suivant présentant l'occurrence des différentes stratégies dégénérées en *situation du travail de l'erreur*.

Tableau XVIII

Stratégies dégénérées mobilisées dans les différentes situations du travail de l'erreur

| | Stratégie dégénérée | Situations n° | Occurrences |
|---|--|---------------|-------------|
| F | (F _{i2} + F _{i7})* Choisir un autre élève qui a fait juste et faire refaire le calcul aux deux élèves (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | 3 | 1 |
| | (F _{j2} + F _{j4})* Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position en présentant une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite. | 13 | 1 |
| | (F _{j2} + F _{j3} + F _{j4})* Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position, en faisant manipuler des objets (regroupement, échanges) et en présentant une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite. | 13 | 1 |
| | (F _{j7})* Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | 2, 8 | 2 |
| | (F _{i7} + G _{i4})* Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) et demander de comparer les résultats entre eux (l'ancien et le nouveau) pour faire prendre conscience de l'erreur (procédure, taille des nombres). | 16 | 1 |
| G | (G _{i3})* Refaire l'algorithme avec l'élève en ajoutant, à chaque étape de la résolution, un contexte de « problème » à la tâche algorithmique | 4, 5, 8, 13 | 4 |
| | (G _{i6})* Effectuer avec l'élève la preuve après le calcul et/ou établir pour celui-ci le lien preuve-calcul. | 2, 18 | 2 |

| | | | |
|--|---|----------------------|---|
| | (G _{i 9})* Lire ou répéter à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat pour l'élève dans le but de susciter une prise de conscience sur la taille numérique du résultat erroné. | 6, 7, 15, 17, 18, 19 | 6 |
|--|---|----------------------|---|

Le tableau XVIII révèle que, tout comme pour les formes régulières du travail de l'erreur, les stratégies dégénérées se rapportent à toutes les approches, à l'exception de l'approche adidactique (G_j), soit celles demandant le plus grand niveau de dévolution de la part de l'enseignant. Les formes dégénérées du travail de l'erreur sont principalement liées à l'approche par remédiation (F_j) ainsi qu'à l'approche didactique (G_i).

Ce tableau montre aussi que les stratégies dégénérées sont de façon générale, peu mobiles. À l'exception de la G_{i 9}* et G_{i 3}*, elles apparaissent dans un nombre restreint de *situations du travail de l'erreur* (entre une et trois situations). Ce résultat pourrait nous amener à considérer les stratégies dégénérées à titre de phénomène relativement marginal, comme l'avait fait Portugais en s'appuyant sur son dispositif expérimental ciblant les futurs enseignants.

Cependant, un second regard sur le tableau XVIII nous permet de constater que nous retrouvons deux formes distinctes de travail de l'erreur marquées par des dégénération. Il s'agit des stratégies dégénérées dites « simples » et celles que nous nommons « amalgamées ». Les premières constituent des déroutes dans l'emploi d'une stratégie particulière et représentent une forme « classique » de stratégie dégénérée. Les stratégies dites « amalgamées » sont nouvelles; elles constituent, comme leur nom l'indique, un amalgame de deux ou trois stratégies distinctes.

Dans les pages qui suivent, nous reprenons ces deux classes de stratégies dégénérées et présentons les huit formes d'intervention mobilisées. Ce travail analytique nous permet de mieux décrire les choix, les décisions et les actions du maître novice oeuvrant en classe ordinaire, mais surtout de montrer la prégnance des processus d'assimilation et d'accommodation en *situation du travail de*

l'erreur. Nous verrons ainsi que les stratégies d'intervention dégénérées ne sont pas nécessairement des cas isolés ou anecdotiques; elles constituent de véritables indices reflétant la présence, chez l'enseignant débutant, d'un important travail de conceptualisation.

1.4.1. Les formes « simples » des stratégies dégénérées

Les formes dégénérées du travail de l'erreur dites « simples » concernent la mise en œuvre d'une seule et unique stratégie d'intervention. Comme l'avait mentionné Portugais en 1992, ces formes d'utilisation des stratégies d'intervention témoignent d'une défaillance du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. En ce qui concerne les formes observées dans le cadre de ce travail de recherche, nous avons constaté que la dégénérescence est liée à une augmentation du contrôle des aspects syntaxiques de l'activité d'exécution de l'algorithme de division. Ceci s'accompagne d'une diminution du contrôle numérique et indique que l'enseignant débutant limite l'autonomie de pensée mathématique de l'élève. Encore une fois, pour nos sujets, c'est l'actualisation du contrôle des aspects sémantiques de l'activité mathématique qui est difficilement réalisée. La stratégie est dégénérée puisqu'elle présente des incohérences dans sa mise en œuvre effective.

En nous référant au tableau XVIII, nous remarquons quatre formes d'intervention dégénérées « simples », dont seulement une d'entre elles est liée à l'approche par remédiation (F_j). Dans les pages qui suivent, nous exposons ces différentes stratégies dégénérées. Toutefois, afin de mettre en relief les difficultés liées au réglage du contrôle sémantique de l'activité mathématique de l'élève, nous présentons d'abord celles se rapportant à l'approche didactique (G_i).

1.4.1.1. Forme dégénérée de la stratégie « Remise en contexte de l'opération de division en ajoutant un contexte de problème à la tâche algorithmique » (G_{i3})*

Nous avons observé la mise en œuvre d'une forme dégénérée de la stratégie G_{i3} , remise en contexte de l'opération par l'ajout d'une « situation problème » dans quatre *situations du travail de l'erreur* distinctes. Dans ces dernières, l'enseignant débutant guide l'élève dans son exécution en reprenant les étapes ou des parties de l'algorithme; il ajoute à ces dernières un contexte de situation problème. Ainsi, le contexte d'une situation problème est greffé à une institutionnalisation primitive directe.

Nous illustrons la mise en œuvre dégénérée de la stratégie G_{i3} , à l'aide de l'échange didactique suivant. Il s'agit d'un extrait de la situation n° 8, où Gina (G) interroge une élève, Cynthia (Cy), ayant commis une erreur non identifiée dans son exécution de l'algorithme $34\ 185 \div 32$ ¹⁵. L'élève refait au tableau son algorithme, mais l'enseignante intervient rapidement :

Tableau XIX

Extrait de la situation n° 8 où Gina met en place une stratégie G_{i3} * en fonction de l'erreur de segmentation (1.1a) de Cynthia dans l'algorithme

34 185 ÷ 32 (G3-obs, lignes 205-247)

| | | |
|-----------|---|--|
| G | <i>(...) Alors 34, tu penses que tu vas le faire combien de fois ce geste-là? Si t'en as 32 sacs?</i> | L'enseignante verbalise la première étape de cet algorithme à l'aide d'un contexte de situation problème où des objets doivent être divisés dans des sacs. |
| Cy | <i>Bien, juste une fois dans chaque.</i> | Réponse de l'élève; le multiple à choisir est 1, soit un objet dans chaque sac (en rapport avec le contexte de situation problème). |
| G | <i>Juste une fois dans chaque. Ok, ben oui, parce que 34 pis 32 ce sont des nombres très, très proches, hein? Ok?</i> | L'enseignante accepte la réponse de son élève et commente la taille numérique du début du dividende et du diviseur. |

¹⁵ Précisons que dans cette situation, plusieurs autres stratégies sont mises en œuvre.

| | | |
|----|---|--|
| Cy | <i>(murmure inaudible, arrêt du calcul)</i> | L'enfant murmure et ne semble pas trop savoir comment agir. |
| G | <i>Ça ici, c'est combien j'en ai dans 1 sac, ok.</i> | L'enseignante reprend son contexte de situation problème, avec la réponse de l'élève concernant le multiple partiel choisi, soit 1. |
| Cy | <i>(aucune réaction)</i> | L'enfant ne réagit pas à l'intervention du maître. |
| G | <i>(Elle montre l'espace vide où on doit inscrire le quotient.) Tu m'as dit que t'étais capable d'aller en porter?</i> | L'enseignante indique la procédure à suivre, en montrant explicitement le lieu où le nombre doit être inscrit. Toutefois, en parole, elle questionne l'élève à partir du contexte de situation problème. |
| Cy | <i>Une fois.</i> | L'élève répond au questionnement de son enseignante en fonction du contexte de situation problème proposé. |
| G | <i>Une fois.</i> | L'enseignante confirme la réponse de l'élève en la répétant. |
| Cy | <i>(Cynthia effectue le sous-calcul $1 \times 32, 34 - 32 = 2$. Elle abaisse le 1.)</i> | L'élève effectue son multiple partiel, sa soustraction et poursuit l'exécution de son algorithme. |
| G | <i>Ok, maintenant t'es rendue avec 21, pis t'as 32 sacs. Est-ce que t'es capable d'aller en porter pour que tous les sacs soient égaux?</i> | L'enseignante verbalise la prochaine étape de cet algorithme à l'aide du même contexte de situation problème (des objets partagés dans des sacs). |
| Cy | <i>Non.</i> | Réponse de l'élève au questionnement de son enseignante concernant le contexte de situation problème, soit aucun objet dans chaque sac. |
| G | <i>Non, quand on peut pas, qu'est-ce qu'on fait?</i> | L'enseignante ramène l'élève à la tâche algorithmique à effectuer à l'aide d'une question. |
| Cy | <i>Tu mets un 0. (...)</i> | Réponse de l'élève; le multiple à choisir est 0. (La situation se poursuit, mais l'enseignante change ici de stratégie — fin de l'extrait). |

Cet extrait montre que l'enseignante tente d'agir sur le contrôle du sens de l'opération de division en incorporant un contexte de situation problème (des objets à séparer dans des sacs). En intervenant sur l'erreur de son élève, Gina cherche à faire appel au sous-schème du partage. Nous remarquons alors que la réalisation effective du contrôle numérique se détache difficilement de l'approche numérale, presque clinique, assurée par la nouvelle enseignante. En reprenant chaque étape de l'algorithme, elle ne laisse pas à l'élève la responsabilité d'établir

un lien entre son algorithme et le contexte de situation problème proposé : elle le fait pour Cynthia. Il y a absence de dévolution et l'enseignante limite l'autonomie de pensée mathématique de l'élève. Si l'intention didactique qui sous-tend les actions du maître novice est d'agir sur les aspects sémantiques pour permettre le traitement de l'erreur, la mise en œuvre effective de la stratégie témoigne plutôt d'un contrôle des actes très étroit.

Cela dit, les trois enseignants débutants stipulent, en entrevue, qu'ils mobilisent la stratégie G_{i3} et soutiennent son importance. « *Il faut le faire au maximum* » dit Gina (G-fin, ligne 360). Nous pouvons d'ailleurs établir un lien entre la représentation positive qu'ont nos sujets de cette stratégie et sa popularité au sein de la communauté éducative actuelle. Dans le programme du Ministère, la compétence 1 en mathématique est de *Résoudre une situation problème mathématique* et la compétence transversale 2 est *Résoudre des problèmes*. Ceci correspond à la conception interactionniste soutenue par la socioculture ambiante reliée à l'enseignement des mathématiques (construction des connaissances par la confrontation à une situation problème). Ainsi, nous pouvons mettre en relation les recommandations ministérielles, le courant pédagogique qui l'alimente et la connotation positive que possèdent nos sujets de la stratégie G_{i3} . Toutefois, si nous considérons que son déploiement peut être encouragé de toutes ces manières, nous ne disposons pas ici des données suffisantes permettant de les identifier à titre d'éléments externes à la situation pouvant marquer la réalisation de travail de l'erreur. Nous demeurons donc prudente dans notre interprétation.

Cependant, à partir de l'analyse des protocoles d'observation et d'entretien, nous pouvons montrer que ces nouveaux enseignants possèdent des connaissances spécifiques au sujet de la stratégie G_{i3} . En revanche, son déploiement, en *situation du travail de l'erreur*, indique qu'ils laissent difficilement la responsabilité à l'élève d'établir le lien entre l'algorithme et le contexte de situation problème. Cette défaillance, sur le plan du contrôle des aspects sémantiques de l'activité cognitive de l'élève, témoigne possiblement du fait que ces novices en sont à leurs

premières expériences en matière d'intervention sur l'erreur. Quoi qu'il en soit, nous constatons ici que des composantes du schème, spécifiquement liées à la stratégie d'intervention par l'ajout d'un contexte de situation problème, sont en construction. Ceci rend plus solide l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur*, même si celui-ci n'a pas nécessairement atteint un équilibre chez les maîtres de nos études de cas.

1.4.1.2. *Forme dégénérée de la stratégie « Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite » (G_{i6})**

La stratégie G_{i6} , demander explicitement la preuve et établir le lien preuve-calcul ensuite, constitue une stratégie que nous avons vue, à deux occasions, prendre une forme « régulière » du travail de l'erreur. Toutefois, elle prend aussi une forme dégénérée dans trois des *situations du travail de l'erreur* observées dans le cadre de cette étude.

Mentionnons qu'il s'agit de la seule stratégie dégénérée, parmi les huit formes repérées dans notre dispositif de recherche, qui a été repérée par Portugais dans ses travaux ciblant le travail de l'erreur chez les futurs enseignants (1992,1995). Il s'agit d'une « *preuve sur-didactifiée* », car le contrôle de l'activité mathématique est exercé pour l'élève. L'enseignant effectue la preuve avec l'élève et il « *insiste tellement sur les étapes et la démarche de la preuve qu'il reprend tout à sa charge et ne dévolue plus à l'élève aucune part de la responsabilité du contrôle* » (1995, p. 202). En établissant à sa place le lien preuve-calcul, l'enseignant retire à l'élève sa part de responsabilité dans l'activité en cours.

Le fait d'intervenir sur une erreur de division à l'aide de la preuve constitue une pratique courante. Nous avons d'ailleurs observé les trois enseignants débutants mettre en place cette stratégie auprès d'élèves ayant effectué une procédure juste, c'est-à-dire sans erreur. Pour nos sujets, la preuve semble

même constituer une démarche requise lors de l'exécution d'une division, comme l'illustre l'extrait suivant :

Avant, j'étais pas pointilleuse sur la preuve. Là, je me rends compte que pour la division parce que c'est tellement mal compris, ils font tellement de petites erreurs d'inattention pas parce qu'ils ne savent pas; parce qu'ils ne sont pas concentrés et puis qu'ils se laissent avoir par les attrapes que je place. Oui, je la demande la preuve parce que je veux qu'ils aillent voir leurs erreurs. C'est pour ça que je la demande. Ce n'est pas systématique, mais je vais t'avouer que ça va devenir plus, disons, obligatoire. Avant, c'était facultatif, puis je me rendais compte que c'était seulement les plus forts qui l'utilisaient. Ceux qui ont de la difficulté, ils ne le font pas parce que, justement, ils ont déjà pris beaucoup de temps, ils sont tannés, puis pourtant, ça leur permettrait de voir s'ils sont bien enlignés donc c'est qu'ils ont la bonne réponse ou ils sont complètement sur une autre planète là, est-ce qu'il manque quelque chose?

(G1-apost, lignes 345-356)

L'analyse des micro-épisodes nous a permis d'identifier des moments où l'enseignant novice demande à l'élève de « terminer » son calcul. Dans certaines séances d'observation, nous avons même vu des cas où l'élève effectue la preuve sans qu'elle lui soit demandée, non pas parce qu'il en ressent la nécessité, mais parce que c'est ce qui est attendu de lui en exécution du calcul algorithmique. Il est risqué de demander explicitement la preuve à la suite de toutes les exécutions de l'algorithme; une telle conduite peut entraîner la banalisation de celle-ci. L'élève risque alors de ne pas voir le lien qui existe entre le résultat de l'algorithme et celui de la preuve, ce qui est fréquent. Pour respecter la fonction qui préside la mise en œuvre de cette stratégie didactique, le maître doit agir pour conserver le contrôle du sens que permet la preuve; il ne doit pas l'imposer comme une sous-routine de l'algorithme initial. La mise en place effective de la stratégie G_{i6} , telle que décrite, constitue donc une forme dégénérée du travail de l'erreur.

Somme toute, l'aisance avec laquelle ces enseignants débutants déploient la G_{i6} en situation d'enseignement et la facilité avec laquelle ils décrivent ces interventions nous frappent. Cependant, une distorsion très perceptible réside entre la représentation qu'ont les maîtres de leurs actions et la réalité du déroulement de

l'échange didactique avec les élèves. Ici, les déclarations des enseignants novices montrent qu'ils croient exercer un degré de contrôle du sens de l'activité mathématique de l'élève beaucoup plus important que ce qu'ils sont réellement en mesure de faire. Ils semblent surtout peu conscients du fait qu'ils établissent le lien-preuve à la place de l'élève et ignorent les risques liés à l'automatisation de la preuve. En réalité, ils ne perçoivent pas que leur réglage effectif du contrôle du sens, par la mise en œuvre de la stratégie G_{i6} , se détache difficilement d'une approche presque clinique, axée sur le contrôle des actes. Bref, s'ils possèdent des connaissances spécifiques au sujet de la preuve et du lien qu'elle entretient avec l'algorithme, nous constatons que le déploiement, en *situation du travail de l'erreur*, est encore quelque peu erratique.

1.4.1.3. Forme dégénérée de la stratégie « Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné » (G_{i9})*

Si nous avons observé la forme régulière de la G_{i9} dans une seule *situation du travail de l'erreur*, nous avons repéré sa forme dégénérée à plusieurs reprises. Dans le but de susciter une prise de conscience de l'erreur, l'enseignant lit ou répète à voix haute soit la tâche (algorithme) et le résultat, soit une partie de la tâche, soit seulement le résultat partiel. Cette stratégie a été observée dans six *situations du travail de l'erreur* distinctes; il s'agit de la forme dégénérée la plus mobile, apparaissant d'une situation à une autre.

Nous soutenons que, lorsque l'enseignant lit ou répète à voix haute la tâche, l'élève en déduit que sa procédure est erronée. Ceci se rapporte au contrat didactique : l'élève sait que l'enseignant ne dirait rien s'il n'y avait pas d'erreur. Les actions de l'enseignant ne sont pas axées sur le contrôle du sens puisqu'il identifie, par son intervention, le lieu de l'erreur. À titre d'exemple, reprenons un court extrait de protocole de la situation n° 17 (présentée à l'annexe XV). Lors de l'exécution de l'algorithme $834 \div 24$, l'élève commet une erreur de table (2.2b) en

obtenant 18 à la multiplication 7×4 . Anna intervient rapidement en disant : « *Hum, 7 fois 4?* » et l'élève réplique aussitôt « *24?* » (A3-obs, lignes 1280-1282). Si la stratégie G_{i9}^* ne permet pas, dans le cadre de cette situation, d'amener l'élève à se corriger en choisissant un multiple juste, cet exemple démontre toutefois comment cette stratégie d'intervention est orientée sur le contrôle numéral. L'élève sait que sa réponse est erronée et connaît exactement le lieu de son erreur. Cela dit, nous sommes consciente que cette stratégie constitue une forme de défaillance du contrôle de l'activité mathématique moins importante que celle constatée lors de l'analyse des stratégies G_{i3}^* ou G_{i6}^* , par exemple.

Il faut également reconnaître que la stratégie G_{i9}^* se révèle efficace dans d'autres circonstances. Dans les situations n° 6, 7, 15 et 19, la mise en place de cette stratégie permet, à elle seule, d'amener l'élève à prendre rapidement conscience de son erreur et à modifier correctement sa procédure. Selon nous, de tels succès encouragent le sujet à reprendre sa mise en œuvre. Puisqu'elle est fonctionnelle en *situation du travail de l'erreur*, cette forme d'intervention est représentée cognitivement par le maître novice à titre de stratégie efficace (elle a une connotation positive). Il n'est donc pas surprenant d'observer son déploiement dans sept *situations du travail de l'erreur* différentes.

Si la stratégie G_{i9}^* s'éloigne de la forme « correcte » de la stratégie G_{i9} apparaissant dans la typologie des 26 stratégies, nous reconnaissons qu'elle constitue une forme de dégénérescence légère. Rappelons que cet outil a été travaillé à titre de savoir didactique par nos sujets lorsque ceux-ci étaient en formation initiale. Le fait que la G_{i9}^* représente pour nous une forme dégénérée de travail de l'erreur ne constitue pas un élément relatif pour ces maîtres novices. Pour elles, la G_{i9}^* est seulement adaptée ou non à la situation particulière dans laquelle elles se retrouvent. L'apparition récurrente de cette stratégie en *situation du travail de l'erreur* est toutefois significative; elle indique que nos sujets ont construit leurs propres connaissances au sujet du traitement de la procédure erronée.

En ce qui concerne la forme d'intervention « lire ou répéter à voix haute la tâche (algorithme) et le résultat ou une partie de la tâche », l'enseignant débutant détient, dans son répertoire, les éléments requis pour agir rapidement. Selon nous, l'organisation de la conduite de ces maîtres en *situation du travail de l'erreur* témoigne ici du processus d'assimilation à la *situation du travail de l'erreur*. Il y a mobilisation *in situ* de composantes du *schème-travail de l'erreur*, liées à la stratégie $G_i \text{ } ^*$, pouvant entraîner le traitement relativement immédiat de la procédure erronée. Rappelons que le succès de sa mise en oeuvre ne peut toutefois être garanti, compte tenu du caractère imprévisible de la *situation du travail de l'erreur*. Rappelons que ceci est dû, en grande partie, à la difficulté de prévoir les réactions des élèves en fonction des interventions du maître.

1.4.1.4. Forme dégénérée de la stratégie « Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige » ($F_j \text{ } \gamma$)*

La forme dégénérée de la stratégie $F_j \text{ } \gamma$ se présente lorsque l'enseignant ne fait pas que demander à l'élève de refaire l'algorithme (ou un calcul partiel), il l'effectue avec lui. Le maître novice retire alors à l'élève sa part de responsabilité dans l'exécution de l'algorithme et la recherche de l'erreur. Puisqu'il limite son autonomie de pensée mathématique, cette forme d'intervention est marquée par une augmentation du contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique de l'élève. Ceci s'avère, même s'il s'agit d'une stratégie liée à l'approche par remédiation, gouvernée à la base par une orientation du contrôle des actes. Ainsi, le travail de l'erreur, même s'il est orienté sur les aspects syntaxiques, n'est pas à l'abri des variations de contrôle, des dégénérationes ou des incohérences.

Si cette forme d'intervention particulière a été observée dans le cadre de deux *situations du travail de l'erreur*, nous tenons à préciser que les trois enseignants débutants ont souligné lors des entretiens qu'ils adoptaient occasionnellement cette conduite. Leurs déclarations en entretien indiquent qu'ils sont conscients de la mise en oeuvre de la stratégie $F_i \text{ } \gamma^*$. Ils précisent d'ailleurs que l'acte de refaire le calcul avec l'élève se justifie par un besoin d'encourager

l'élève; ils désirent stimuler l'élève démotivé par son échec dans l'exécution de son algorithme. Nous repérons ici l'apparition d'une intention non didactique venant soutenir la mise en place de l'intervention $F_j \gamma^*$.

Ainsi, des connaissances liées à des sphères de l'éducation autres que la didactique peuvent entrer en ligne de compte lorsqu'il est question du traitement de l'erreur. Tout en demeurant prudente dans l'interprétation de ces résultats, rappelons que la théorie des champs conceptuels étudie les liens de filiation et de rupture entre les connaissances. Ouvrant en classe ordinaire, nos sujets possèdent différentes connaissances liées à la didactique de même qu'à d'autres domaines comme la psychopédagogie ou la psychologie, par exemple. Les liens qui existent entre ces connaissances sont tissés pas les enseignants en fonction des expériences vécues et des situations rencontrées. Nous ne sommes pas surprise des rapprochements qu'effectuent ces enseignants débutants entre une stratégie d'intervention particulière, la $F_j \gamma^*$ et des éléments psychopédagogiques, comme la motivation de l'élève. L'apparition d'une intention non didactique résulte d'un travail de conceptualisation *in situ*, tout comme les intentions didactiques. Sa présence n'enfreint pas ici la visée principale qui est d'amener l'élève à prendre conscience de l'erreur. Elle entraîne toutefois l'enseignant à reprendre à sa charge le contrôle de l'activité mathématique.

Ceci complète notre présentation des stratégies dégénérées dites « simples ». Cette section nous a surtout permis de montrer la difficulté qu'ont ces enseignants débutants à assurer le réglage du contrôle des aspects sémantiques et syntaxiques lors de la mise en œuvre de stratégies d'intervention. Toutefois, nous avons également illustré que nos sujets possèdent des connaissances spécifiques au traitement de l'erreur arithmétique. Celles-ci concernent le *schème-algorithme* et, plus précisément, ses composantes relevant des aspects sémantiques (comme la notion de partage, par exemple) et des stratégies d'intervention. Ces connaissances sont non seulement opératoires dans l'action, elles peuvent être inférées à partir de déclarations en entretien. La coordination des choix, décisions et actions du

maître, même si elle peut parfois être erratique et présenter des incohérences, nous permet ainsi de proposer l'existence de différentes composantes du *schème-travail de l'erreur*. Certains ont atteint un niveau d'élaboration plus avancé que d'autres, ce qui renforce l'idée que ce schème n'a toutefois pas encore atteint un équilibre chez nos sujets. De ce fait, nous ne considérons point les stratégies dégénérées dites « simples » à titre de phénomène marginal; elles reflètent l'activité conceptuelle d'un maître qui en est à ses premières expériences en ce qui concerne le travail de l'erreur arithmétique.

1.4.2. Les formes « amalgamées » des stratégies dégénérées

Lors de l'analyse des micro-épisodes, nous avons observé les enseignantes débutantes déployer conjointement deux à trois stratégies différentes en guise de travail de l'erreur arithmétique. Précisons qu'il ne s'agit pas ici de formes d'intervention mises en place une à la suite de l'autre (comme elles le sont dans les situations marquées par la multiplicité ou la cooccurrence des stratégies), mais d'un véritable amalgame. Ici, il y a dégénération du contrôle de l'activité mathématique de l'élève caractérisée par une hybridation de stratégies d'intervention.

L'analyse des micro-épisodes a révélé que des stratégies d'une même approche peuvent être combinées, telles que $(F_{j2} + F_{j4})^*$ ou $(F_{j2} + F_{j3} + F_{j4})^*$. Toutefois, cette forme amalgamée peut concerner des stratégies d'approches différentes, telles que $(F_{i2} + F_{j7})^*$ ou même des orientations opposées, telles que $(F_{j7} + G_{i4})^*$. Soulignons d'ailleurs que ces cas particuliers ont été identifiés par des cellules grises dans les tableaux XV et XVIII (cf. supra, p. 273 et p. 294). Si nous avons observé que la forme d'intervention dégénérée dite « amalgamée » touche principalement les stratégies liées à l'approche par remédiation (F_j), nous n'écartons pas la possibilité de la retrouver au sein des autres approches. Cependant, nous n'avons pas obtenu des données allant en ce sens à l'aide de notre dispositif de recherche.

Nous présentons, dès lors, les quatre formes « amalgamées » de stratégies dégénérées observées dans ce travail de recherche.

1.4.2.1. Amalgame des stratégies « Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige » et « Demander de comparer les résultats entre eux » ($F_{j7} + G_{i4}$)*

La stratégie ($F_{j7} + G_{i4}$)* est unique parce qu'elle combine les deux orientations de contrôle de l'activité mathématique. Elle apparaît dans la situation n° 16 où un élève a commis une erreur de multiplication (2.2b). Anna met d'abord en œuvre une forme régulière de la F_{j7} ; elle demande à l'élève de refaire le calcul partiel erroné. Cette nouvelle exécution de l'algorithme, même si elle donne une réponse juste, ne permet pas à l'élève ciblé de prendre conscience de son erreur. Afin de laisser à l'élève une plus grande autonomie de pensée mathématique, Anna lui demande de comparer les résultats obtenus aux deux calculs, d'où la juxtaposition des stratégies F_{j7} et G_{i4} . Cependant, cette intervention ne permet guère à l'élève de prendre conscience de l'erreur de table et Anna doit mettre en œuvre une autre stratégie (elle choisit de désigner le lieu exact et indiquer la procédure subséquente à suivre).

La stratégie ($F_{j7} + G_{i4}$)* est considérée à titre de forme dégénérée du travail de l'erreur puisque la mise en œuvre simultanée des deux stratégies indique une difficulté, de la part de la nouvelle enseignante, d'assurer le réglage du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. Or selon nous, cet amalgame représente, l'une de ces rares occasions saisies par le maître novice afin d'agir sur les aspects sémantiques de l'exécution de l'algorithme de division. Ainsi, elle représente une tentative de dévolution; l'enseignante essaie de transférer la responsabilité de la tâche vers l'élève. Il s'agit d'un bref moment où le maître tente d'injecter du sens dans une situation (n° 16) généralement orientée sur le contrôle des actes.

Cela dit, précisons que le moment choisi pour dévoluer n'est pas optimal puisqu'il se retrouve à la suite d'une remédiation; la mise en œuvre d'une $F_{j\ 7}$ précède le déploiement de la $(F_{j\ 7} + G_{i\ 4})^*$. Ce choix est moins profitable si l'intention didactique est d'agir sur les aspects numériques de l'activité mathématique. Ainsi, nous constatons que la mise en œuvre effective de l'amalgame $(F_{j\ 7} + G_{i\ 4})^*$ témoigne de la difficulté qu'a le maître novice à mettre en place et maintenir un contrôle sémantique de l'activité de l'élève. Elle indique toutefois qu'Anna détient des connaissances spécifiques au sujet de la dévolution et celles-ci sont mobilisées en *situation du travail de l'erreur*. Ceci s'avère même si ses tentatives ne sont pas nécessairement efficaces, comme c'est le cas ici.

1.4.2.2. Amalgame des stratégies « Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte » et « Faire refaire le calcul (ou un calcul partiel) à l'élève pour qu'il se corrige » $(F_{i\ 2} + F_{j\ 7})^*$

L'analyse des micro-épisodes nous a permis de repérer cette forme dégénérée du travail de l'erreur où le maître novice demande à un pair qui a déjà effectué la tâche de refaire l'algorithme avec un autre élève ayant commis une erreur. Comme pour la $F_{i\ 1}$ et $F_{i\ v}$ décrites plus tôt dans ce chapitre (cf. supra, p. 278), ceci est effectué en tentant d'éviter, autant que possible, de désigner explicitement le lieu de l'erreur. L'enseignant débutant insiste auprès du pair qui refait l'algorithme de ne pas fournir directement la réponse, mais de reprendre les étapes d'exécution avec l'élève ciblé.

L'amalgame $(F_{i\ 2} + F_{j\ 7})^*$ est particulièrement intéressant puisqu'il n'est pas seulement caractérisé par la mise en œuvre simultanée de deux stratégies, il est également marqué par une dégénération du contrôle des actes. Le maître novice retire à l'élève ciblé sa part de responsabilité dans l'activité de calcul et la recherche de l'erreur et il remet la charge à celui qui guide la nouvelle exécution de l'algorithme. Il y a alors une accentuation du contrôle des aspects syntaxiques,

même si le pair ne désigne pas explicitement le lieu de l'erreur. Cette demande précise indique que le maître novice est conscient des risques associés à cette forme d'intervention; il tente d'éviter de tomber dans une situation d'institutionnalisation primitive par un élève interposé. Ce choix témoigne du rôle déterminant que joue le théorème-en-acte « *il ne faut jamais donner des éléments de réponse à un élève* » dans l'organisation de ses conduites.

Nous avons constaté deux particularités liées à la mise en œuvre de cet amalgame. D'abord, l'analyse de la situation n° 3 a révélé un problème sur le plan des intentions de l'enseignant. Gina affirme que, par la mise en place de ce moyen, elle ne souhaite pas uniquement intervenir auprès de l'élève en difficulté pour lui montrer la procédure juste; elle désire agir en fonction de l'autre élève, celui qui a terminé, dans le but de l'occuper. Nous reprenons d'ailleurs ses commentaires à ce sujet :

Drew, lui, est allé aider. Une raison, une des premières raisons, c'est pour occuper ceux qui ont déjà terminé, [pour] que je puisse passer à l'autre problème en même temps. C'est plate parce qu'il y en a qui vont plus vite que d'autres, mais là pour les besoins de la cause, même de façon générale j'aime bien envoyer d'autres élèves. Une des raisons pour laquelle aussi, à part le fait que c'est pour l'occuper, puis qu'on se retrouve tout le monde en même temps, puis qu'on suive le même rythme; ça permet de voir parce qu'il l'a fait. Ce que je me rends compte bien souvent, c'est que les enfants le font et qu'ils ont besoin de leur feuille pour aller voir les réponses de l'autre. Quand, je lui demande d'aller aider quelqu'un d'autre, c'est comme si je lui demandais est-ce que tu es capable de le faire une deuxième fois?

(G1-apost, lignes 125-136)

Ainsi, la mise en œuvre de la stratégie $(F_i 2 + F_j 7)^*$ ne concerne pas uniquement l'élève ayant commis une erreur, mais celui qui a réussi l'algorithme. Faisant suite à ces propos, nous comprenons que cette stratégie n'est pas uniquement sous-tendue par des intentions didactiques. Le but de l'intervention est d'amener l'élève ciblé à prendre conscience de l'erreur et à modifier sa procédure erronée, mais également de fournir une nouvelle tâche à accomplir pour le pair. Ce double objectif contribue au caractère dégénéré du travail de l'erreur

réalisé ici par Gina : il est possible de se demander si la mise en œuvre de la $(F_{i2} + F_{j7})^*$ est appropriée pour l'élève dont la procédure est erronée ou pour le pair chargé de l'accompagner dans la nouvelle exécution de l'algorithme.

Un second problème est lié à cette forme d'intervention : que se passe-t-il si l'élève qui est choisi pour refaire l'algorithme avec l'élève ciblé par l'intervention n'est pas nécessairement en mesure de refaire l'algorithme en obtenant une procédure juste? Gina le dit elle-même; « *Est-ce que tu es capable de le refaire une deuxième fois?* ». Lorsque cette question est répondue par la négative, l'intervention n'est ni efficace ni bénéfique pour l'élève ciblé. Il y a alors une forte possibilité de confusion auprès de celui-ci : comment peut-il prendre conscience de ses propres erreurs si le modèle présenté est également fautif? Ce dénouement possible, n'ayant toutefois pas été observé à la situation n° 3, représente un risque lié à la mise en œuvre de la stratégie $(F_{i2} + F_{j7})^*$.

À partir des réponses obtenues en entretien, nous comprenons que la mise en place de cette forme d'intervention particulière résulte d'un choix conscient chez la nouvelle enseignante. Elle est d'ailleurs capable de prévoir certaines difficultés pouvant y être associées. Ceci indique qu'elle possède des connaissances au sujet du traitement de l'erreur que celles-ci soient de nature didactique (connaissances au sujet de la F_{j7} et la F_{i2}) ou non (connaissances relevant de la psychopédagogie, etc.)¹⁶. Lors de leur mobilisation, ces connaissances sont mélangées et imbriquées, ce qui engendre la mise en œuvre effective de l'amalgame $(F_{i2} + F_{j7})^*$. Cette hybridation de stratégies n'est donc pas considérée à titre d'aberration. L'organisation des conduites du maître représente ici une forme « intelligente » d'adaptation à la *situation du travail de l'erreur*; en référence aux mécanismes cognitifs, nous pouvons dire qu'elle est typique du processus d'accommodation.

¹⁶ Rappelons que les liens de parenté entre les connaissances sont tissés par les enseignants. La mobilisation de connaissances non didactiques lors de la mise en place d'une stratégie d'intervention n'est pas un phénomène anormal. Il indique que, sur le plan conceptuel du maître, il existe un lien de filiation entre ses connaissances « relatives au domaine de l'éducation » et ses concepts-en-acte « didactiques » concernant les stratégies d'intervention, par exemple.

1.4.2.3. Amalgames comprenant la stratégie « Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts) » ($F_{j2} + F_{j3} + F_{j4}$)* et ($F_{j2} + F_{j4}$)*

L'intervention par le travail de la valeur de position est privilégiée par Anna. En plus d'être déployée dans le cadre d'une *situation du travail de l'erreur*, elle constitue une stratégie anticipée dans les entretiens *a priori* (cf. supra, p. 270).

L'analyse des micro-épisodes nous a également permis de repérer deux amalgames concernant la stratégie F_{j2} . Ces formes complexes de dégénérescence se retrouvent à la situation n° 13 (présentée à l'annexe XV), au cœur d'une bifurcation dans le travail de l'erreur (cf. supra, p. 259). Celle-ci constitue une suite d'interventions axées sur la numération de position, s'éloignant du point d'origine de l'intervention (amener l'élève à prendre conscience de son erreur de multiplication (2.2b) dans l'algorithme $352 \div 23$). Rappelons que dans cette situation particulière, l'élève est incapable de répondre à la question « *C'est quoi la valeur de 35?* » (A3-obs, ligne 108). Anna se lance alors dans un questionnement intensif ayant pour objet de faire dire à l'élève qu'il s'agit de 35 dizaines ou 350 unités. Il s'agit d'une déroute de l'intervention sur la procédure erronée.

Pour arriver à ses fins, la nouvelle enseignante combine d'abord trois stratégies distinctes, identifiables à l'aide de cet acte de langage précis : « *Attention... On va faire un dessin. C'est pas grave. On prend des nombres plus petits, ok? J'ai deux dizaines, ça vaut combien d'unités ?* » (A3-obs, lignes 145-147). Elle poursuit pendant plusieurs minutes cette forme d'intervention particulière résultant de l'imbrication des stratégies F_{j2} (*intervention sur la numération de position*), F_{j3} (*manipulation d'objets pour travailler les regroupements et échanges*) et F_{j4} (*encourager la réussite à l'aide d'une autre tâche comprenant des nombres plus petits*).

Toutefois, après quelques tentatives, Anna abandonne le schéma et intervient uniquement sur la valeur de position à partir d'un exemple aux nombres peu élevés. En partant de la question « *T'as deux dizaines, ça vaut combien d'unités?* » (A3-obs, lignes 186-187), elle augmente graduellement la valeur jusqu'à 35. L'amalgame $(F_{j2} + F_{j4})^*$ s'avère ici partiellement efficace puisque sa mise en œuvre amène l'élève à prendre conscience du fait que 35 dizaines est équivalent à 350 unités. Ceci met un terme à la bifurcation, mais ne permet à l'élève ni de prendre conscience de son erreur, ni de modifier son calcul pour obtenir une réponse juste.

Rappelons que cette déroute aurait pu être évitée si l'enseignante avait donné la réponse à la question « *35 dizaines, ça fait combien d'unités?* » (A3-obs, ligne 133, cf. supra, p. 260). Toutefois, fidèle à ses intentions préalables, Anna souhaite travailler la numération de position, ce qu'elle réalise pendant son travail de l'erreur. Pour un élève dont le *schème-algorithme* n'a pas encore atteint un équilibre, la bifurcation peut entraîner un état de confusion. Une perte de sens est également occasionnée ici par la juxtaposition de stratégies. L'hybridation de trois formes d'intervention peut avoir un effet chaotique chez l'élève, car elle désorganise la réalisation de sa tâche algorithmique; celui-ci doit non seulement repérer son erreur et poursuivre son calcul, mais répondre aux questions ciblant la valeur de position et les nombres plus petits, en plus de faire un schéma. Le tissu de cet échange didactique est ainsi globalement affecté par cette forme dégénérée du travail de l'erreur.

Dans les faits, la démarche d'intervention n'est pas aussi transparente pour l'élève que pour la nouvelle enseignante. Anna maîtrise les savoirs mathématiques relevant de la numération de position, du schéma et de l'opération de division et son algorithme respectif. Contrairement à l'élève, elle est capable d'établir des relations de filiation entre ces éléments sur le plan conceptuel. Elle sait également qu'elle peut les utiliser à titre d'intervention sur l'erreur arithmétique. Bref, si l'amalgame de stratégies est le reflet d'une hybridation de connaissances

spécifiques chez le maître, il n'est pas sans effet sur la *situation du travail de l'erreur*; il peut occasionner d'importantes pertes de sens chez l'élève.

Au terme de cette présentation des stratégies dégénérées dites « amalgamées », rappelons que les amalgames, comme les formes d'intervention dégénérées dites « simples », témoignent de la difficulté qu'ont ces maîtres novices d'assurer le réglage du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. Ces défaillances sont surtout perceptibles lorsqu'il est question des aspects sémantiques.

Les formes amalgamées sont toutefois caractérisées par l'imbrication de connaissances relatives au travail de l'erreur, que celles-ci relèvent ou non du domaine de la didactique. Cela dit, compte tenu de la nature de cette activité enseignante, les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte mobilisés *in situ* concernent davantage les formes d'intervention sur l'erreur. L'hybridation de ces éléments est perceptible, sur le plan de la conduite, par une coordination des actions qui présente des défaillances et des incohérences. Ceci risque de perturber l'élève dans sa tâche d'exécution du calcul; d'ailleurs, la mise en œuvre d'une stratégie dégénérée amalgamée échoue fréquemment (seule la $(F_j \ 7 + F_i \ 2)^*$ a occasionné le traitement effectif de l'erreur dans la situation n° 3). L'organisation de la conduite est ici typique du processus d'accommodation. Ainsi, dans le cadre de cette étude, la description des stratégies dégénérées nous semble particulièrement captivante, car elle permet de mettre en relief les mécanismes conceptuels en jeu dans l'activité du traitement de l'erreur.

Ces résultats sont fondamentaux parce qu'ils nous permettent de mieux comprendre le fonctionnement de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur effectué dans ces situations d'enseignement. Par l'ampleur et la variété de leurs tentatives, comme de leurs difficultés à mettre en place de moyens pour gérer l'erreur, ces enseignants novices nous montrent à quel point leurs expériences en cette matière requièrent une constante adaptation au déroulement des interactions

avec leurs élèves. Derrière leurs essais répétés et leur mise en œuvre de connaissances qui leur sont propres, connaissances que nous avons mises en évidence jusqu'ici, se trouve donc une permanente réorganisation des conduites du maître. Ce sont là de grands mécanismes adaptatifs qui témoignent selon nous de l'activité intense du *schème-travail de l'erreur* au sein de ces situations.

Contrairement aux résultats de Portugais en 1995, nous ne considérons pas les formes dégénérées du travail de l'erreur comme un « *fait relativement marginal* » (p. 202). Il s'agit plutôt de précieux indices témoignant de l'important travail conceptuel réalisé par le maître en *situation du travail de l'erreur*. Comme les erreurs contenues dans les procédures des élèves, les formes dégénérées du travail de l'erreur ont un sens qui échappe à leur examen superficiel. De ce fait, nous les considérons à titre de « productions intelligentes » de la part de ces nouvelles enseignantes; elles sont originales et peuvent ou non diverger des formes de travail de l'erreur proposées en formation initiale¹⁷.

1.5. Erreurs repérées et stratégies d'intervention subséquentement déployées

Cette section a pour but d'examiner les relations qui existent entre les stratégies d'intervention mises en œuvre par les enseignants et les erreurs apparaissant dans les procédures des élèves. Pour procéder à ce travail analytique, nous passons en revue les différentes *situations du travail de l'erreur* dans lesquelles apparaît une seule erreur. Ceci nous permet d'étudier la coordination des choix, décisions et actions effectués en fonction du traitement de la procédure erronée et ainsi mettre en relief l'activité de conceptualisation qui sous-tend le travail de l'erreur chez ces maîtres novices. Nous poursuivons ainsi le travail analytique entamé dans les sections précédentes.

¹⁷ Par l'étude des typologies de Brun et Conne et de Portugais.

1.5.1. Les situations du travail de l'erreur de type 1

Le tableau suivant présente les situations d'enseignement où nos sujets ont eu à intervenir sur une erreur en rapport avec le traitement du dividende et plus spécifiquement sur une erreur de segmentation (1.1a).

Tableau XX

Les situations du travail de l'erreur de type 1.1a

| | |
|-----|--|
| N°4 | Intervention de Gina sur une erreur 1.1a <i>Tâche 9187 +17</i> |
| | Erreur 1.1a $\rightarrow G_{i6} \rightarrow G_{i1} \rightarrow F_{iv} \wedge \rightarrow (G_{i3})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (G) \rightarrow (F)</i> |
| N°5 | Intervention de Gina sur une erreur 1.1a <i>Tâche 9187 +17</i> |
| | Erreur 1.1a $\rightarrow F_{iv} \rightarrow (G_{i3})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |

Nous constatons que ces deux situations, se retrouvant l'une à la suite de l'autre dans la classe de Gina, se terminent par la mise en œuvre des deux mêmes stratégies, soit une F_{iv} et une G_{i3}^* . Dans la situation n° 4, l'enseignante tente d'abord d'intervenir sur le contrôle du sens à l'aide de deux stratégies didactiques. Ces actions ne permettent pas à l'élève de prendre conscience de son erreur. L'enseignante reprend alors les étapes de l'algorithme sans indiquer le lieu de l'erreur (F_{iv}), puis amène finalement son élève à prendre conscience de son erreur en ajoutant un contexte de situation problème à ses verbalisations. Lors de la situation n° 5, Gina met automatiquement en œuvre une F_{iv} suivie d'une G_{i3}^* . Dans les deux cas, un même contexte de situation problème est greffé à la reprise des étapes d'exécution de l'algorithme (des jetons à séparer entre des élèves).

Si nous ne possédons pas tous les éléments nous permettant de confirmer que les actions posées dans la seconde situation sont un reflet de la première, nous interprétons ces actions en relation avec un travail de conceptualisation de la part du maître novice. Le déploiement successif des stratégies F_{iv} et G_{i3}^* , compte tenu du succès de situation n° 4, prend alors une connotation positive. Parce que ces

interventions engendrent le traitement effectif de l'erreur, la conceptualisation du maître à propos de son action encourage la mise en œuvre de cette même séquence d'actions dans la situation n° 5. Rappelons que lorsqu'il déploie une stratégie d'intervention, le maître débutant cherche à agir sur la cognition de l'élève. La représentation des effets de son action permet de régir ses actes subséquents. Ainsi, comme le mentionne Vergnaud, c'est par le biais de l'interaction avec le réel que le sujet « *forme et éprouve ses représentations et conceptualisations, en même temps que celles-ci sont responsables de la manière dont il règle son action* » (1985, p.246). Cela dit, nous demeurons prudente dans notre interprétation compte tenu du nombre limité de données disponibles dans ce cas particulier.

1.5.2. Les situations du travail de l'erreur de type 2

Compte tenu de la récurrence de l'erreur de table de multiplication, nous avons cherché à comparer les formes d'intervention mises en place dans les situations où se retrouve cette erreur particulière (2.2b)¹⁸. Le tableau suivant présente, en version abrégée, les onze situations observées chez Gina et Anna.

Tableau XXI
Les situations du travail de l'erreur de type 2.2b

| | |
|------------|---|
| N°6 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur 2.2b → $G_{i9} \rightarrow (G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (G) → (F)</i> |
| N°7 | Intervention de Gina sur une erreur 2.1b <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur 2.2b → $(G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |

¹⁸ Précisons que nous avons observé les différentes *situations du travail de l'erreur* où se retrouve une erreur en rapport avec les opérations intermédiaires. Un regard jeté sur les situations n° 11 et 18, comprenant chacune une erreur de soustraction (2.1 ou 2.1a), a été peu révélateur, si ce n'est du fait qu'elles sont toutes deux orientées généralement sur le contrôle des actes.

| | |
|------|---|
| N°8 | Intervention de Gina sur une erreur non identifiée, 2.2b, 2.2b, 2.2b, 2.2b, et 1.1d <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur non identifiée $\rightarrow (F_{j7})^* \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow F_{iv} \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1} \rightarrow F_{iv} \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1} \rightarrow F_{iv} \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow F_{iv} \rightarrow$ (même 2.2b qui entraîne) 1.1d $\rightarrow F_{i1}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N°9 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 99 999 + 248</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_i$ <i>Orientation générale de la situation : (G)</i> |
| N°10 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 99 999 + 248</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_{i8}$ <i>Orientation générale de la situation : (G)</i> |
| N°12 | Intervention de Gina sur une erreur 2.2b <i>Tâche 34 185 + 32</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow F_{i1}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N°13 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b <i>Tâche : 352 + 23</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i9})^* \rightarrow F_{j2} \rightarrow$ Bifurcation ; $(F_{j3} + F_{j2} + F_{j4})^* \rightarrow (F_{j2} + F_{j4})^* ; \rightarrow (G_{i3})^* \rightarrow G_i \rightarrow F_{iv}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N°15 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b <i>Tâche 83 + 2</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N°16 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b <i>Tâche 834 + 24</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow F_{j7} \rightarrow (G_{i4} + F_{j7})^* \rightarrow F_{i1}$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |
| N°17 | Intervention d'Anna sur les erreurs 2.2b (5 fois) <i>Tâche 834 + 24</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow G_i \rightarrow F_{iv} \rightarrow 2.2b \rightarrow (G_{i9})^* \rightarrow F_{i2} \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1} \rightarrow$ retour à la première 2.2b $\rightarrow F_{iv} \rightarrow 2.2b \rightarrow G_i \rightarrow F_{iv} \rightarrow F_{i2} \rightarrow 2.2b \rightarrow F_{i1}^{\wedge\wedge}$ <i>Orientation générale de la situation : (G) \rightarrow (F)</i> |
| N°19 | Intervention d'Anna sur une erreur 2.2b <i>Tâche 442 + 16</i> |
| | Erreur 2.2b $\rightarrow (G_{i9})^*$ <i>Orientation générale de la situation : (F)</i> |

Si la majorité des *situations du travail de l'erreur* est généralement orientée sur le contrôle des actions, nous constatons que ce contrôle est réalisé grâce à la mise en œuvre d'une série de stratégies d'interventions différentes. Nous constatons, entre autres, la récurrence des stratégies liées à l'institutionnalisation primitive directe (F_{i1} et F_{iV}) et à la forme dégénérée de la G_{i9} qui est de « Lire ou répéter à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat pour l'élève dans le but de susciter une prise de conscience sur la taille numérique du résultat ».

Dans deux situations de Gina et deux situations d'Anna, nous observons que cette G_{i9}^* est la seule stratégie mise en œuvre en fonction d'une erreur de table de multiplication (2.2b). Dans les faits, son déploiement est réalisé rapidement et sans hésitation. Ici, la coordination des actions relève presque de l'automatisation. Tout semble indiquer que, dans cette classe de situation particulière (comprenant une 2.2b), nos sujets disposent, dans leur répertoire, des connaissances et compétences nécessaires au traitement relativement immédiat de la procédure erronée. Cette organisation de la conduite est ainsi caractérisée par le mécanisme de l'assimilation. Nous pouvons ainsi postuler que certaines composantes du *schème-travail de l'erreur* sont à la fois déjà construites et liées entre elles par des relations de filiation précises. Nous pouvons donc proposer l'hypothèse d'un sous-schème, le « schème d'action sur la 2.2b par la mise en œuvre d'une G_{i9}^* ».

Toutefois, nous sommes consciente que la stratégie G_{i9}^* n'est pas la seule forme d'intervention mobilisée à la suite d'une erreur de table de multiplication (2.2b). De plus, sa mise en œuvre ne garantit pas le traitement de la procédure erronée (c'est d'ailleurs le cas dans les situations n° 13 et 17). Puisque la *situation du travail de l'erreur* détient un caractère imprévisible, les nouveaux maîtres peuvent être appelés à déployer une nouvelle stratégie à la suite de l'échec de la G_{i9}^* . Ces résultats sont significatifs; ils indiquent, selon nous, que nos sujets continuent d'explorer les moyens à mettre en œuvre en fonction de l'erreur de

table de multiplication. De ce fait, nous demeurons vigilante dans notre interprétation de la coordination des pratiques de ces maîtres novices en ce qui concerne le travail d'intervention sur l'erreur 2.2b et la mise en œuvre de la stratégie G_{19}^* .

1.5.3. Les situations du travail de l'erreur de type 3

Puisque nous retrouvons uniquement trois situations où les enseignants débutants de nos études de cas interviennent sur une erreur en rapport avec le placement des chiffres dans le diagramme de division, nous avons opté pour leur présentation conjointe dans le tableau suivant.

Tableau XXII

Les situations du travail de l'erreur de type 3

| | |
|------|---|
| N°1 | Intervention de Gina sur une erreur 3.1a Tâche : 52 734 ÷ 53 |
| | Erreur 3.1a → $F_{i2} \rightarrow F_{iv}^{\wedge}$ Orientation générale de la situation : (F) |
| N°3 | Intervention de Gina sur une erreur 3.2 Tâche 19 112 ÷ 18 |
| | Erreur 3.2 → $(F_{i2} + F_{j7})^*$ Orientation générale de la situation : (F) |
| N°14 | Intervention d'Anna sur une erreur 3.2 Tâche 352 ÷ 23 |
| | Erreur 3.2 → F_{i2} Orientation générale de la situation : (F) |

La première situation concerne une erreur de placement du dividende (l'élève n'abaisse pas le chiffre et arrête, soit une 3.1a), tandis que les deux autres situations se rapportent à des formes variantes de l'erreur d'inversion (3.2). Dans chacune de ces situations, le maître novice, qu'il s'agisse de Gina ou d'Anna, déploie, entre autres, une stratégie d'institutionnalisation primitive par un élève interposé (F_{i2}). Celle-ci prend une forme dégénérée dans le cadre de la situation n° 3 et une forme régulière dans les deux autres cas.

Ayant peu de données concernant les erreurs en rapport avec le placement des chiffres dans le diagramme, nous effectuons avec prudence notre travail analytique. Toutefois, nous ne pouvons ignorer cette relation de filiation qui semble exister, sur le plan cognitif du maître novice, entre les connaissances au sujet des erreurs de type 3 et celles concernant les stratégies d'institutionnalisation primitive par un élève interposé. Mentionnons que la mise en œuvre effective de cette stratégie s'effectue grâce à la technique de modelage en invitant un élève à montrer à un pair la procédure correcte, au tableau par exemple.

Nos sujets précisent que, dans cette forme d'intervention, il est important pour l'élève interposé de ne pas identifier immédiatement la bonne réponse. Gina précise qu'elle entraîne ses élèves à intervenir auprès de leurs pairs en les questionnant sur la démarche et en reprenant les étapes de l'exécution. Malgré cette précaution, les élèves ont de la difficulté à ne pas fournir des éléments de réponse à leur camarade. Ceci nous surprend peu, considérant le fait que ces maîtres novices ont eux-mêmes peine à intervenir sans indiquer le lieu de l'erreur. Ces résultats renforcent cette idée qu'il existe, sur le plan cognitif, un théorème-en-acte du type « *il ne faut jamais donner des éléments de réponse à un élève* ». Le théorème-en-acte est, rappelons-le, une composante du schème selon la théorie des champs conceptuels. Nos sujets organisent leur conduite en fonction de cette règle implicite, même s'ils effectuent une institutionnalisation par un élève intermédiaire¹⁹.

¹⁹ Il nous est possible de tisser un lien entre la stratégie Fj 2, la façon dont elle est mise en œuvre et une pratique courante dans la culture enseignante : la coopération. Tous les enseignants de nos études de cas ont parlé, à un moment ou un autre lors des entretiens, de l'importance de cette pratique afin d'encourager l'échange entre les pairs. Sans douter des mérites attribués à la coopération lorsqu'il s'agit du travail didactique d'intervention sur l'erreur, nous considérons que le fait de demander à un élève d'intervenir en montrant la procédure correcte à un pair peut constituer une stratégie limitée. Or, ces enseignants débutants se disent conscients des désavantages que représente cette stratégie d'approche de l'institutionnalisation primitive. Simon reconnaît même de façon positive ces risques, comme le témoigne l'affirmation suivante : « *Au pire, si l'élève dicte à l'autre élève exactement quoi faire, bien même là, c'est un apprentissage parce que c'est une autre manière de dire. Et, au mieux, dans le sens que si l'élève fait juste le guider, bien là ça aide l'élève à débloquer aussi.* » (S2-apost, lignes 300-304). Ainsi, si l'enseignant offre à l'élève qui intervient un plus grand degré d'autonomie de pensée mathématique, il retire à l'élève ciblé la charge de sa propre activité de calcul. De plus, nous croyons que rares sont les enfants qui

Au terme de cet examen des liens entre les stratégies d'intervention mises en œuvre par les enseignants et les erreurs apparaissant dans les procédures des élèves, réitérons que nous demeurons prudente dans nos interprétations. Ayant repéré un nombre restreint de 29 erreurs arithmétiques, nous sommes limitée dans notre travail analytique. Nous considérons tout de même que les éléments présentés permettent de mettre en relief les relations de filiation qui existent entre les différentes connaissances que possèdent nos sujets concernant les deux volets du travail de l'erreur (le diagnostic et l'intervention).

1.6. Bref regard sur les profils

Dans cette section, nous jetons un coup d'œil sur les stratégies mobilisées individuellement par Gina et Anna. Ceci nous permet d'être attentive aux particularités communes et distinctes qui caractérisent la réalisation du travail d'intervention sur l'erreur chez ces deux sujets. Encore une fois, rappelons qu'aucune procédure erronée n'a été repérée dans la classe de Simon. Nous avons donc été dans l'impossibilité d'établir ici son profil.

1.6.1. Le profil de Gina

Le tableau suivant présente les stratégies d'intervention déployées par Gina, que celles-ci prennent une forme régulière ou dégénérée. Nous spécifions également leurs occurrences dans les douze *situations du travail de l'erreur* analysées dans le cadre de cette recherche.

Tableau XXIII
Stratégies d'intervention mobilisées par Gina

| | Stratégie | Situations n° | Occurrences |
|-----------|--|----------------------|--------------------|
| F | F_{i1} Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel à l'élève et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive directe). | 2, 8, 11, 12 | 4 |
| | F_{i2} Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive par élève interposé). | 1 | 1 |
| | F_{iv} Montrer la procédure correcte à l'élève sans désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel (institutionnalisation primitive directe). | 1, 2, 4, 5, 8 | 5 |
| | F_{j6} Désigner explicitement le lieu ou la cause de l'erreur et lui donner la règle transgressée. | 2 | 1 |
| G | G_{i1} Déclarer à l'élève qu'il y a erreur et demander de la préciser. L'élève a alors le contrat de recherche de l'erreur, non pour elle-même, mais pour l'expliquer. | 4 | 1 |
| | G_{i6} Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite. | 2, 4 | 2 |
| | G_{i8} Faire utiliser les tables pour redonner à l'élève la possibilité de se centrer sur la taille numérique plutôt que sur les étapes de l'algorithme. | 10 | 1 |
| | G_{i9} Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné. | 6 | 1 |
| | G_i Stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée. | 8, 9 | 2 |
| D* | (F_{i2} + F_{i7})* Choisir un autre élève qui a fait juste et faire refaire le calcul aux deux élèves (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | 3 | 1 |
| | (F_{j7})* Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | 2, 8 | 2 |
| | (G_{i3})* Refaire l'algorithme avec l'élève en ajoutant, à chaque étape de la résolution, un contexte de « problème » à la tâche algorithmique | 4, 5, 8 | 3 |
| | (G_{i9})* Lire ou répéter à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat pour l'élève dans le but de susciter une prise de conscience sur la taille numérique du résultat erroné. | 6, 7 | 2 |

Le tableau XXIII permet de relever les différentes particularités liées au travail d'intervention sur l'erreur qu'effectue Gina. D'abord, nous constatons que les stratégies d'institutionnalisation primitive sont privilégiées (F_i), spécialement en ce qui concerne les F_{i1} et F_{iv} . Nous remarquons aussi la mise en œuvre d'un amalgame comprenant la stratégie F_{i2} à une reprise. Ces résultats indiquent que toutes les stratégies relevant de cette approche sont mobilisées de façon récurrente chez cette enseignante.

Nous observons également qu'un nombre limité de stratégies liées à l'approche par remédiation (F_j) sont mises en œuvre par cette enseignante. Sur une possibilité de huit stratégies différentes, Gina met uniquement en œuvre la F_{j6} dans le cadre d'une seule *situation du travail de l'erreur* et différentes formes dégénérées de la F_{j7} dans trois situations distinctes.

Malgré l'absence des stratégies adidactiques (G_j), nous remarquons que cette nouvelle enseignante déploie une variété de stratégies didactiques (G_i). Nous constatons que dans six *situations du travail de l'erreur* distinctes, Gina réussit à mettre en œuvre la forme régulière de stratégies didactiques (soit la moitié des situations analysées chez cet individu). De plus, le tableau XXIII nous permet d'observer les nombreuses occasions où elle déploie une stratégie didactique dégénérée, prenant surtout une forme dite « simple ». Cela dit, le travail de l'erreur que réalise Gina est marqué par des stratégies peu mobiles d'une situation à une autre.

1.6.2. Le profil d'Anna

Le tableau suivant présente les stratégies d'intervention déployées par Anna dans les différentes *situations du travail de l'erreur* ainsi que leurs occurrences. Rappelons que nous avons analysé au total sept situations chez cette enseignante.

Tableau XXIV**Stratégies d'intervention mobilisées par Anna**

| | Stratégie | Situations n° | Occurrences |
|-----------|---|----------------------|--------------------|
| F | F_{i1} Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel à l'élève et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive directe). | 16, 17, 18 | 3 |
| | F_{i2} Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive par élève interposé). | 14, 17 | 2 |
| | F_{iv} Montrer la procédure correcte à l'élève sans désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que tel (institutionnalisation primitive directe). | 13, 17 | 2 |
| | F_{j2} Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts). | 13 | 1 |
| | F_{j7} Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige. | 16, 18 | 2 |
| G | G_i Stratégie d'intervention dévolutive non cataloguée. | 13, 17 | 2 |
| D* | (F_{j2} + F_{j4})* Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position en présentant une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite. | 13 | 1 |
| | (F_{j2} + F_{j3} + F_{j4})* Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position, en faisant manipuler des objets (regroupement, échanges) et en présentant une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite. | 13 | 1 |
| | (F_{j7} + G_{i4})* Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) et demander de comparer les résultats entre eux (l'ancien et le nouveau) pour faire prendre conscience de l'erreur (procédure, taille des nombres). | 16 | 1 |
| | (G_{i3})* Refaire l'algorithme avec l'élève en ajoutant, à chaque étape de la résolution, un contexte de « problème » à la tâche algorithmique | 13 | 1 |
| | (G_{i9})* Lire ou répéter à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat pour l'élève dans le but de susciter une prise de conscience sur la taille numérique du résultat erroné. | 13, 15, 17, 18, 19 | 5 |

L'observation du tableau XXIV révèle que le travail d'intervention sur l'erreur réalisé par Anna est principalement orienté sur le contrôle des actes (F). En plus de déployer les trois formes d'intervention liées à l'approche d'institutionnalisation primitive (F_i), elle mobilise une variété de stratégies se rapportant à l'approche par remédiation (F_j). Elle semble toutefois privilégier la F_{j2} et la F_{j7} , qui apparaissent toutes deux sous des formes régulières et dégénérées dans les différentes *situations du travail de l'erreur*. De plus, la stratégie G_{i9}^* constitue la forme d'intervention la plus récurrente chez Anna; celle-ci, rappelons-le est caractérisée par une orientation profonde du contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique (cf. supra p. 302).

Si le travail de l'erreur arithmétique réalisé par Anna est généralement orienté sur le contrôle des aspects syntaxiques de l'activité mathématique, nous notons que cette enseignante cherche à privilégier l'approche par remédiation. Les moments de dévolution mis en œuvre par Anna sont effectués à l'aide de la stratégie G_i de même que l'amalgame ($F_{j7} + G_{i4}$)*. Ils se retrouvent tout de même dans trois des sept situations analysées chez cette enseignante. Soulignons qu'aucune stratégie adidactique (G_j) n'a été observée.

1.6.3. Brève comparaison des profils

De prime abord, la présentation des stratégies déployées par Gina et Anna nous permet de constater une similarité entre ces deux profils par leur travail de l'erreur caractérisé par la récurrence des formes d'institutionnalisation primitive (F_i). Comme nous l'avons précisé précédemment (cf. supra, p. 278), ce résultat indique que ces enseignants novices possèdent, dans leur répertoire, des connaissances spécifiques à ce sujet de sorte qu'elles peuvent exercer efficacement un contrôle des actes. Toutefois, l'organisation des conduites *in situ*, puisqu'elle est marquée par des incohérences et des stratégies dégénérées, révèle un problème sur le plan du réglage du contrôle de l'activité mathématique de l'élève. C'est surtout l'actualisation du contrôle du sens qui demeure laborieuse pour les deux

sujets. L'absence de forme d'intervention adidactique (G_j) vient d'ailleurs renforcer cette idée.

Par le regard jeté sur les stratégies que déploie Gina, nous réalisons que cette enseignante tente régulièrement de mettre en place des stratégies orientées sur le contrôle du sens. La coordination de ses actions indique qu'elle cherche à mettre en place des moments de dévolution en *situation du travail de l'erreur*, même si ces tentatives ne sont pas toujours réussies. En considérant l'occurrence des différentes stratégies didactiques dégénérées et la récurrence des stratégies F, nous percevons certaines difficultés liées au maintien du contrôle des aspects sémantiques et son détachement du contrôle des actes (pour Gina, le travail du sens passe surtout par le travail des actes). De plus, l'économie du système l'amène fréquemment à intervenir par le biais d'une institutionnalisation primitive directe.

Anna, quant à elle, cherche plutôt à intervenir à l'aide de moyens de remédiation. La présence des différentes formes d'intervention dégénérées dites « amalgamées » témoigne qu'elle possède différentes connaissances au sujet des stratégies F_j . Toutefois, lors de leur mobilisation *in situ*, elles sont amalgamées, ce qui engendre des dégénérescences dans le travail d'intervention du maître et des pertes de sens pour l'élève. L'organisation des conduites du maître représente ici une forme « intelligente » d'adaptation du travail de l'erreur, typique du processus d'accommodation. Même si l'analyse des situations révèle qu'Anna met en œuvre des stratégies d'institutionnalisation primitive et ponctue son travail par des moments de dévolution, nous retenons surtout qu'un apprentissage du travail d'intervention par remédiations (F_j) est ici en cours. Ce procédé, s'il engendre des succès et des échecs, est surtout marqué par des découvertes concernant le traitement de l'erreur.

Précisons que cette section n'a surtout pas pour objectif de mettre en valeur le travail d'intervention d'un sujet au détriment de l'autre; nous voulons seulement

dégager les liens de similarité et de discordance qui résident globalement entre les profils. Par ce travail analytique, il nous est possible d'inférer les similitudes et les différences qui résident au sein des *schèmes-travail de l'erreur* respectifs de Gina et d'Anna. Expliquons cette idée.

Notre comparaison révèle des éléments communs; par exemple, nommons le théorème-en-acte « *il ne faut jamais donner des éléments de réponse à un élève* » qui règle la mise en oeuvre effective de certaines formes d'intervention, dont l'institutionnalisation primitive. Toutefois, les résultats obtenus indiquent aussi la présence de connaissances qui semblent diverger d'un profil à l'autre. Face à l'erreur, Gina cherche davantage à mettre en oeuvre une stratégie didactique tandis qu'Anna risque plutôt de privilégier l'intervention par remédiations. Précisons qu'il est ici question de possibilités envisageables; l'analyse des micro-épisodes révèle qu'il ne s'agit pas d'une garantie. Compte tenu du caractère imprévisible de la *situation du travail de l'erreur* et de tous les aspects devant être pris en compte dans le cadre de cette activité spécifique (le type d'erreur, les réactions des élèves aux interventions déployées, etc.), ces sujets ont plutôt avantage à choisir la stratégie la mieux adaptée pour traiter efficacement l'erreur de l'élève.

Nous avons effectué ici un rapprochement entre deux profils à la lumière de nos études de cas. Il s'agit moins pour nous de tenter de nous livrer à une mise en évidence de vérités globales, car ce n'est pas le propos de notre analyse, que de relever à cette occasion le caractère propre et unique à chaque individu des composantes du schème de travail de l'erreur. Chaque enseignant novice pouvant ainsi se présenter comme ayant son « style » propre du travail de l'erreur, tout en relevant de stratégies de base potentiellement communes ou encore de certaines autres similarités. Ainsi, la différenciation ne mène pas à une opposition. Nous pourrions employer une comparaison métaphorique ici : cela se passerait un peu avec le schème comme avec les isotopes d'un élément (exemple : carbone 12,

carbone 14, etc.) qui, en relevant d'une matrice commune, peuvent aussi comporter des « caractères » distincts.

À notre avis, ces résultats sont significatifs, puisque, rappelons-le, nos sujets ont obtenu, en milieu universitaire, la même formation sur le travail de l'erreur. C'est alors qu'elles avaient fait l'étude de la typologie de l'erreur et la typologie des 26 interventions, deux outils présentés à titre de savoir didactique. Le portrait dressé par cette étude comparative semble ainsi indiquer qu'Anna et Gina, ont élaboré de façon autonome, sans intervention de formation finalisée, plusieurs composantes différenciées de leur propre *schème-travail de l'erreur*. N'ayant point mis en place, dans le cadre de la présente recherche, les moyens nécessaires afin de témoigner d'une évolution des processus cognitifs du maître, nous demeurons ici prudente dans notre interprétation. Nous considérons toutefois qu'il s'agit là d'une intéressante piste de réflexion.

C'est ainsi que nous mettons fin au septième chapitre dédié à l'étude des stratégies déployées par nos sujets en *situation du travail de l'erreur*. Réitérons que nous avons tenté d'appréhender le travail d'intervention qu'effectue le maître novice en fonction de l'erreur de l'élève. L'analyse de l'organisation de la conduite de nos sujets nous a permis de montrer que le maître novice possède un réseau conceptuel comprenant des éléments cognitifs lui permettant d'intervenir sur les erreurs arithmétiques. Sachant que les éléments observables ne forment, comme le souligne Vergnaud, que la partie visible de l'iceberg de la conceptualisation, nous reconnaissons que nous n'avons pas identifié tous les concepts-en-acte et théorèmes-en-acte que possèdent nos sujets. Par l'analyse des stratégies d'intervention mises en œuvre en *situation du travail de l'erreur*, nous avons circonscrit des connaissances explicites, mis en évidence des intentions didactiques et repéré certaines règles d'action. L'identification et la description de différentes composantes nous ont permis de soutenir ici l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur*; un schème au fonctionnement dynamique qui demeure « en construction » chez ces maîtres en début de carrière.

CHAPITRE HUITIÈME

CONCLUSION DE LA RECHERCHE

Cette conclusion dresse le bilan de la thèse de manière à mettre en évidence le fonctionnement, chez les enseignants novices, de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire¹. Un retour sur les principaux résultats est l'occasion de réviser les questions et objectifs présentés lors de la problématique et de réexaminer nos hypothèses de travail. Nous présentons également les apports et les limites de ce travail. Enfin, nous avançons quelques pistes de recherches futures rattachées à notre objet d'étude.

1. BILAN DE LA RECHERCHE

1.1. Résultats de la recherche

Dans la présente étude, nous avons procédé à la description du diagnostic et de l'intervention du maître débutant en cherchant à mieux comprendre l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur. Pour ce faire, nous avons documenté les choix, décisions et actions de trois enseignants nouvellement en exercice. Ceci nous a permis de mettre en évidence une organisation invariante de la conduite pour les *situations du travail de l'erreur*. En prenant appui sur un cadre de référence élaboré en fonction de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud, nous avons procédé à l'analyse et l'interprétation de nos résultats. De par cette démarche, nous avons mis en évidence et caractérisé un schème spécifique au travail de l'erreur. Nous avons de même précisé son fonctionnement².

¹ Rappelons pour une dernière fois que, dans le cadre de ce travail, le travail de l'erreur concerne uniquement l'erreur dans la division. Rappelons également que le terme « algorithme » est compris comme un processus systématique d'exécution, dont l'organisation des étapes mène fatalement à un résultat.

² Le lecteur notera que les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche concernent uniquement les maîtres de nos études de cas ; ils ne peuvent être généralisés à l'ensemble de la

Au terme de ce travail, nous pouvons affirmer que nos résultats sont à la fois significatifs et satisfaisants, car ils nous ont permis d'atteindre l'objectif général fixé dans la problématique de recherche, au premier chapitre. En reprenant, dans les pages qui suivent, nos questions de recherches, nos objectifs et nos hypothèses de travail³, nous précisons comment cette thèse est parvenue à améliorer notre *compréhension de l'activité conceptuelle du maître débutant qui, dans le contexte de la classe ordinaire, se retrouve dans des situations d'enseignement où il est appelé à repérer et intervenir sur l'erreur arithmétique commise par un élève dans l'exécution d'un algorithme de division.*

1.1.1. Le repérage de l'erreur

L'étude du premier volet du travail de l'erreur a révélé que deux des enseignants débutants, Anna et Gina, identifient les erreurs que produisent leurs élèves lors de l'exécution de division en colonne. Rappelons qu'elles ont repéré 29 des 30 erreurs observées dans notre dispositif de recherche. Par l'analyse effectuée lors du chapitre cinquième, nous avons répondu à la question « *Quelles erreurs arithmétiques, commises par des élèves dans l'exécution de l'algorithme de la division, sont repérées par le nouveau maître?* », tout en mettant en évidence que nos sujets possèdent un réseau conceptuel propre comprenant des éléments cognitifs nécessaires à l'identification des erreurs arithmétiques.

C'est en prenant appui sur la théorie des champs conceptuels que nous avons exposé quelques connaissances particulières mises en oeuvre spécifiquement lors du repérage de l'erreur. Nous avons montré que l'activité de diagnostic est une activité conceptuelle qui nécessite, de la part du maître débutant, la référence à ses connaissances formées antérieurement. Celles-ci se rapportent à l'opération de la division et de son algorithme respectif, mais concernent également les erreurs arithmétiques des élèves.

population des enseignants novices. Les affirmations qui sont faites dans ce dernier chapitre doivent être comprises comme relatives à ces sujets.

³ Nos questions de recherche et nos objectifs ont été énoncés au chapitre premier (cf. supra, p. 21 et p. 24-25), tandis que les hypothèses ont été présentées à la fin du chapitre troisième (cf. supra, p. 131).

Nous avons alors constaté que certains concepts-en-acte, concernant les tâches algorithmiques et les erreurs, ont parfois un caractère d'incomplétude chez nos sujets. Citons, à titre d'exemple, le cas d'Anna qui, en ce qui concerne le choix des tâches soumises aux élèves, a une réaction hybride. D'un côté, elle fait appel aux savoirs didactiques en ayant recours à la documentation provenant du milieu universitaire. De l'autre, elle emploie un mode de pensée rejeté par la formation initiale; elle classe les divisions en tâches faciles ou difficiles, sans considérer l'incidence déterminante que peut avoir le choix des nombres sur les productions écrites des élèves. En prenant appui sur les travaux de Vergnaud, nous avons alors interprété l'opposition dans la conduite de la nouvelle enseignante comme une marque « d'exploration ». Elle vit ses propres expériences en classe ordinaire et possède différentes connaissances sur les tâches algorithmiques et les erreurs qui demeurent toutefois « en construction ». (cf. supra, p. 191-192).

Cela dit, nous soutenons dans l'ensemble que nos sujets sont tout à fait aptes à mobiliser le *schème-algorithme* de division lorsqu'il s'agit d'accomplir l'activité de diagnostic. Les données recueillies ont toutefois indiqué la présence d'un niveau de conceptualisation plus élaboré que celui pouvant être réalisé par l'élève. Ce point, déterminant pour la présente recherche, a servi d'ancrage pour cette idée de schème spécifique au travail de l'erreur chez les enseignants débutants. En décrivant certaines de ses composantes, nous avons mis en évidence quelques indices témoignant de la présence d'une structure conceptuelle n'ayant possiblement pas encore atteint un état d'équilibre chez nos sujets.

1.1.2. L'intervention sur l'erreur

L'étude du second volet du travail de l'erreur a été effectuée auprès de deux des trois enseignants débutants de notre échantillon⁴. L'analyse réalisée dans le cadre du chapitre sixième a révélé qu'Anna et Gina n'ignorent point les procédures erronées et cherchent à mettre en œuvre des moyens pour s'assurer que

⁴ Rappelons que Simon n'a pas diagnostiqué d'erreur et, ainsi, n'a pas effectué de travail d'intervention sur des procédures erronées pendant les séances d'enseignement observées (cf. supra, p. 192).

les élèves prennent conscience de leurs erreurs. Ayant observé ces sujets déployer des stratégies d'intervention sur toutes les erreurs repérées (soit 29/29), nous avons constaté que les erreurs arithmétiques commises par l'élève et identifiées par les enseignantes novices sont traitées par ces dernières.

L'analyse effectuée au chapitre septième a permis de répondre à la question spécifique « *Quelles sont les stratégies d'intervention mises en œuvre par l'enseignant débutant sur les erreurs repérées?* ». Nous avons repéré onze formes « régulières » de stratégies d'intervention⁵ et huit présentant une forme dégénérée⁶. Parmi ces dernières, nous avons identifié les stratégies dégénérées dites « simples » et celles que nous nommons « amalgamées ». Les premières représentent une forme classique de stratégie dégénérée (telles que repérées par Portugais dans le dispositif de 1995), tandis que les secondes sont nouvelles ; elles se forment par une hybridation de stratégies distinctes.

Rappelons que l'analyse de la mise en œuvre de stratégies dégénérées nous a permis de reconnaître que, pour certaines *situations du travail de l'erreur*, le maître novice ne possède pas tous les éléments cognitifs nécessaires au traitement relativement immédiat de l'erreur. Il y a tentative d'accommodation à la situation d'enseignement. Nous avons vu que ces formes dégénérées d'intervention témoignent non seulement d'un travail de conceptualisation actif chez le sujet, mais elles indiquent la présence d'une structure sur le plan supérieur. De plus, ceci rend plus plausible l'hypothèse d'un *schème-travail de l'erreur* en cours d'élaboration.

De façon globale, nous avons remarqué que les stratégies déployées en fonction d'une erreur arithmétique sont peu variées et fréquemment orientées sur le contrôle des actes. Nous avons aussi constaté que la dégénérescence des formes d'intervention est fréquemment liée à une augmentation du contrôle des aspects

⁵ Celles-ci correspondent aux stratégies décrites dans la typologie de Portugais.

⁶ Elles présentent des incohérences dans la fonction qui devrait présider leur mise en œuvre (cf. supra, p. 65 et 293).

syntaxiques de l'activité d'exécution de l'algorithme de division. Ce phénomène s'accompagne d'une diminution du contrôle numérique et montre que l'enseignant débutant limite ainsi l'autonomie de pensée mathématique de l'élève. Nous avons observé que le maître novice tend alors à prendre à sa charge l'exécution de l'algorithme et décharge ainsi l'élève de cette responsabilité.

Notre analyse a aussi révélé qu'Anna et Gina essaient d'instaurer des moments de dévolution lorsqu'elles interviennent sur une erreur. Si l'actualisation du contrôle des aspects sémantiques est difficilement assurée tout au long de l'échange didactique, nous avons remarqué la présence d'efforts ponctuels et de tentatives sporadiques pour réinjecter du sens dans l'activité mathématique de l'élève. Citons ici, à titre d'exemple, la mise en place d'une stratégie dévolutive non cataloguée (G_i) (cf. supra, p. 292).

En nous appuyant sur la théorie des champs conceptuels, nous avons mis en évidence l'implicite des connaissances mobilisées dans l'activité d'intervention réalisée par nos sujets. Nous avons montré que, pour traiter l'erreur, ces nouvelles enseignantes ont recours à des concepts-en-acte et à des théorèmes-en-acte qui sont opératoires dans l'action. Par cette analyse, nous avons constaté que le maître novice possède un réseau conceptuel comprenant des éléments cognitifs lui permettant d'intervenir sur les erreurs arithmétiques. Ces résultats sont venus renforcer l'idée d'un *schème-travail de l'erreur* : un schème autonome, propre à chaque enseignant.

1.1.3. La coordination du repérage et de l'intervention en situation du travail de l'erreur

Tôt dans notre analyse, nous avons retenu que l'activité de diagnostic obéit à une nécessité didactique : elle constitue un travail préparatoire au traitement de l'erreur. Puisque la procédure erronée n'est pas repérée pour de simples fins d'identification, nous avons pu rejeter la question du biais expérimental. Le repérage effectué par nos sujets n'assume ici, en aucune occasion, une fonction

d'agrément au contrat de recherche. Chez ces maîtres novices, œuvrant en classe ordinaire, la reconnaissance de l'erreur constitue une tâche préliminaire au traitement de celle-ci.

Vergnaud soutient que « *toute situation complexe peut être analysée comme une combinaison de tâches dont il est important de connaître la nature et la difficulté propres* » (1991a, p. 146). Ainsi, l'analyse des *situations du travail de l'erreur* nous a permis de constater que ces deux sous-tâches partagent des liens d'interdépendance. En classe ordinaire, ni le diagnostic, ni l'intervention sur l'erreur ne sont fortuits; il y a coordination des choix, décisions et actions du maître dans le but précis de traiter la procédure erronée qui a été repérée. L'erreur constitue donc l'élément déclencheur d'une situation d'enseignement spécifique où le maître novice met en œuvre une ou plusieurs stratégies d'intervention.

Nous remarquons dès lors que nos résultats et notre première hypothèse de travail convergent: en *situation du travail de l'erreur*, l'enseignant débutant organise sa conduite dans le but de traiter la procédure erronée. Il coordonne ses choix, ses décisions et ses actions afin d'amener l'élève à prendre conscience de l'erreur commise dans l'exécution de l'algorithme de division (H-1). Nous avons toutefois observé que, pour arriver à traiter la situation, Gina et Anna amènent non seulement l'élève à prendre conscience de son erreur, mais elles l'entraînent également à modifier sa procédure pour obtenir une réponse juste. Notre travail d'analyse, réalisé au sixième chapitre, a permis de repérer cette nouvelle facette du travail de l'erreur. Cela dit, en mettant en relief cette double visée, nous avons surtout montré comment le maître novice coordonne ces deux activités en situation d'enseignement spécifique au travail de l'erreur.

1.1.4. L'organisation de la conduite en situation du travail de l'erreur

En effectuant l'analyse des *situations du travail de l'erreur*, nous avons constaté que nos deux sujets se réfèrent à leur propre répertoire de connaissances afin de reconnaître les informations pertinentes de la situation d'enseignement.

L'erreur constitue la pierre angulaire de cette situation d'enseignement particulière. Toutefois, dans le contexte de la classe ordinaire, nous avons vu que ces nouveaux maîtres sont appelés à négocier la procédure de l'élève, de même que certains éléments pouvant marquer la réalisation du travail de l'erreur. Entre autres, nous avons remarqué que la contrainte de temps ou certaines caractéristiques de l'élève ciblé par l'intervention peuvent être prises en considération lors de la mise en œuvre d'une stratégie.

Ces résultats particuliers concordent avec notre seconde hypothèse de travail (H-2) stipulant que lorsque le nouvel enseignant est appelé, en classe ordinaire, à reconnaître et intervenir sur une erreur, il fait face à un problème à résoudre. Dans ces situations d'enseignement particulières, la procédure erronée n'est pas nécessairement la seule variable qui est prise en compte par le maître novice. Nous avons alors constaté que nos sujets font des inférences (raisonnements) à partir de la prise d'information sur la situation à traiter ainsi que de leurs réseaux de connaissances propres. Ces inférences les conduisent à ajuster leur activité d'enseignement *in situ*. Il s'agit ici de modifications, dans le travail d'intervention, réalisées en fonction du déroulement des événements. En *situation du travail de l'erreur*, Anna et Gina calculent les règles d'action et émettent les intentions didactiques les mieux adaptées au traitement effectif de l'erreur arithmétique.

En ce sens, nous avons vu que pour une situation donnée, nos sujets peuvent poser plusieurs sortes d'actions en réponse au problème que constitue l'erreur. Nous avons montré que la coordination des choix, des décisions et des actions diffère selon le contexte des *situations du travail de l'erreur*. Par exemple, la mise en œuvre de différentes stratégies d'intervention est envisageable et possible en fonction d'une erreur donnée. Parce qu'elle s'oriente vers le traitement effectif de l'erreur, c'est l'organisation de la conduite qui est invariante (et non les actions en elles-mêmes).

En établissant une analogie avec la notion d'erreur arithmétique chez l'élève, nous considérons le travail de l'erreur du maître novice à titre de production, c'est-à-dire un tout organisé, qui se déroule dans le temps et qui est susceptible d'adaptation. Nos résultats nous engagent à penser que cette organisation de la conduite est régie par une véritable structure sur le plan conceptuel, à la fois dynamique, robuste et fiable globalement.

1.1.5. Le processus d'adaptation et les mécanismes cognitifs

En montrant la capacité qu'ont nos sujets à ajuster leur travail de l'erreur *in situ*, nous avons constaté que les stratégies déployées ne constituent pas des catégories d'intervention arbitraires ou interchangeableables. Elles résultent de choix conscients, déterminés par un travail de conceptualisation effectué pendant la *situation du travail de l'erreur*. Nos résultats correspondent à notre troisième hypothèse de travail stipulant qu'en classe ordinaire, le maître débutant régule son travail de l'erreur en fonction du déroulement de la situation dans laquelle il se retrouve. L'activité de conceptualisation, réalisée sur le plan supérieur, lui permet d'effectuer ses ajustements (H-3). Si nous considérons toujours que ce sont les passages de la représentation cognitive à l'action et de l'action à la représentation cognitive qui régulent l'activité enseignante, le travail analytique réalisé au sixième chapitre nous amène à apporter ici quelques précisions.

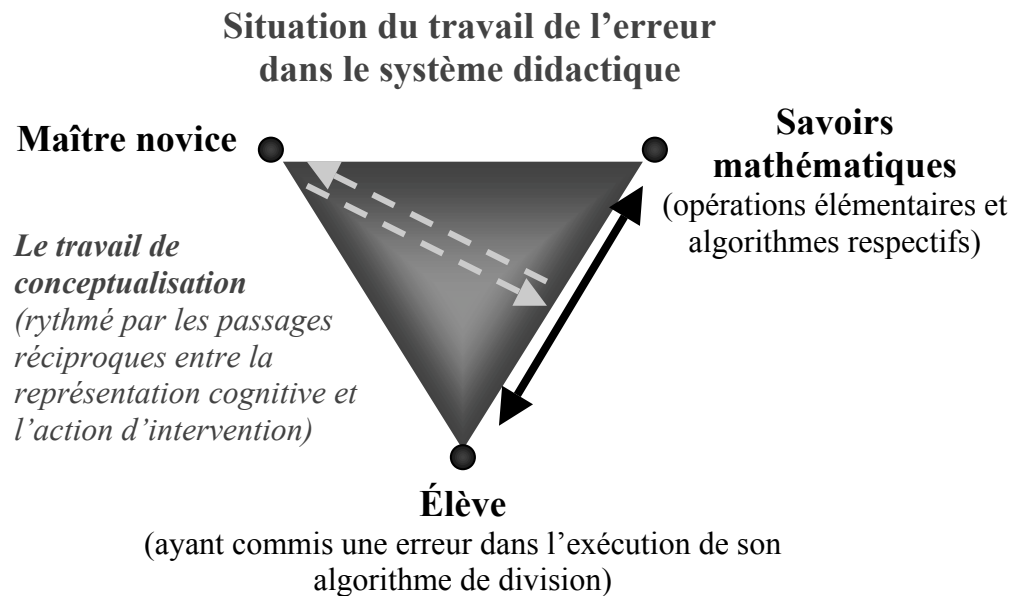
Rappelons que la procédure erronée est considérée comme une trace de la construction progressive du *schème-algorithme* chez l'élève. Dans le cadre de la présente étude, la mise en place, par nos sujets, d'une stratégie d'intervention est interprétée en tant qu'action sur la cognition de l'élève. Ainsi, nous concevons qu'en *situation du travail de l'erreur* l'enseignant qui intervient sur la procédure erronée agit sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève. Il se représente, de façon consciente, les effets de son action sur l'individu ciblé par l'intervention, à partir des éléments observables dans la situation. Puisque ce maître n'a pas directement accès à la cognition de l'élève, il doit se référer aux actions et verbalisation de celui-ci. Cette nouvelle représentation cognitive des résultats de

son action sur les composantes du *schème-algorithme* de l'élève l'amène à réguler son action en situation. Il peut alors opter pour le maintien d'une stratégie ou préférer un changement d'approche. C'est en ce sens que nous entendons que le travail de l'erreur est sous-tendu par une importante activité conceptuelle.

La figure 7 schématise cet acte de conceptualisation en le situant dans l'axe agissant sur la relation élève / savoir mathématique. Mentionnons que nous sommes inspirée ici de la modélisation théorique de la position du savoir d'expérience dans le système didactique proposé par Portugais (1995, p. 283).

Figure 7

Schéma de l'activité conceptuelle du maître en situation du travail de l'erreur



Les réactions de l'élève aux interventions du maître étant de nature imprévisible, nos sujets s'adaptent continuellement aux contraintes et aux possibles de la *situation du travail de l'erreur*. Les passages de la représentation cognitive à l'action et de l'action à la représentation cognitive s'effectuent à grande vitesse, le maître novice s'ajustant non seulement aux particularités initiales de la situation d'enseignement, mais aussi au déroulement de celle-ci.

Cette capacité d'adaptation entraîne la mise en œuvre d'interventions plus appropriées et rend possible un traitement efficace de l'erreur.

En reprenant notre quatrième hypothèse de travail (H-4), nous soutenons que l'organisation de la conduite du nouveau maître témoigne de ce processus d'adaptation. Nous avons révélé la présence des mécanismes cognitifs qui soutiennent le travail de l'erreur à travers une série de signes, de traces et d'indices. Examinons cela de plus près.

D'un côté, les conduites automatisées, les réajustements rapides et la mise en place de stratégies d'intervention montrent une véritable prise de contrôle de l'activité conceptuelle de l'élève (qu'elle soit numérale ou numérique). Ceci nous permet de montrer quels éléments cognitifs sont déjà construits. Ayant observé peu de moments d'hésitation, nous avons été frappée par la fluidité de la mise en œuvre du travail de l'erreur en classe ordinaire. Selon nos résultats, les maîtres novices Anna et Gina possèdent plusieurs connaissances spécifiques nécessaires au traitement des situations du travail de l'erreur (en amenant l'élève à repérer l'erreur et corriger sa procédure). L'ensemble de ces facteurs a permis de témoigner du processus d'assimilation des connaissances du travail de l'erreur, un des pôles de l'activité adaptative du *schème-travail de l'erreur*⁷.

⁷ Il est nécessaire de préciser, en ce qui concerne les réajustements rapides en situation de travail de l'erreur, que les modifications de stratégies témoignent aussi des mécanismes d'accommodation. Expliquons cette idée à l'aide d'un exemple : en fonction de l'erreur X, il y a mise en œuvre de la stratégie Y. Puisque celle-ci échoue dans sa tentative d'amener l'élève à prendre conscience de son erreur, le maître déploie la stratégie Z. Ce réajustement rapide lui permet de traiter la procédure erronée. Il y a alors recombinaison sur le plan des éléments cognitifs; (erreur X → Y) devient (erreur X → Y → Z), donc accommodation, puisque la combinaison initiale n'avait pas permis le traitement immédiat de l'erreur. Toutefois, soulignons que le maître possède des connaissances spécifiques, non seulement à propos de la première (Y), mais de la seconde stratégie déployée (Z), c'est-à-dire des éléments cognitifs permettant le traitement relativement rapide de l'erreur. Ici, il y a mise en œuvre successive de deux stratégies distinctes pour une même procédure erronée et non le déploiement d'une forme amalgamée de stratégie. Vus sous cet angle, nous considérons que les réajustements rapides témoignent plutôt du mécanisme d'assimilation, puisqu'il y a mobilisation, sur le plan conscient, de composantes d'un seul et même schème, le *schème-travail de l'erreur*.

D'un autre côté, quelques incohérences du discours et le déploiement de certaines stratégies dégénérées⁸ montrent qu'il y a occasionnellement, de la part du maître novice, un manque de contrôle de l'activité conceptuelle de l'élève (peu importe que cette activité soit numérale ou numérique). Nous avons vu que les connaissances sont parfois accommodées, conjuguées, décombinées, recombinaées et même amalgamées pour aboutir à un traitement de l'erreur qui peut à l'occasion être paradoxal. À la lumière de la théorie des champs conceptuels, nous avons interprété ces conduites à titre de tentatives d'accommodation du maître novice ; il ne semble pas posséder tous les éléments cognitifs nécessaires au traitement relativement immédiat de la situation d'enseignement dans laquelle il se retrouve. Cela s'avère, même si l'élève a repéré son erreur et a corrigé sa procédure. À notre avis, il s'agit là d'un second pôle de l'activité adaptative du *schème-travail de l'erreur*.

Par l'étude des *situations du travail de l'erreur*, nous avons pu répondre à la troisième question spécifique « *Comment le maître novice travaille-t-il l'erreur arithmétique dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire?* ». Mais plus encore, en analysant la coordination des choix, des décisions et des actions de nos sujets, nous avons trouvé des éléments de réponse à la quatrième question spécifique « *Quels indices, observables dans la conduite du nouvel enseignant en situation du travail de l'erreur, témoignent des connaissances et des mécanismes cognitifs de ce sujet?* ». Nous considérons que ces derniers indiquent la présence d'une structure conceptuelle, à la fois robuste et stable. En nous appuyant sur l'idée que l'action est « *l'expression la plus directive de la cognition* » (Vermersch, 1990, p.228), nous avons procédé à l'analyse des conduites observables de nos sujets et dégagé des éléments permettant de témoigner de son caractère dynamique et de son fonctionnement adaptatif dans le cadre de situations d'enseignement spécifiques. De ce fait, nous avons soutenu notre cinquième hypothèse de travail en caractérisant le *schème-travail de l'erreur*

⁸ Rappelons que ce ne sont pas toutes les formes de stratégies dégénérées qui témoignent du mécanisme d'accommodation. Certaines d'entre elles, comme la $G_{1,9}^*$, indiquent plutôt la présence de connaissances construites antérieurement et sont plutôt caractéristiques de l'assimilation.

(H-5), soit une organisation invariante de la conduite pour les *situations du travail de l'erreur*.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons situé le *schème-travail de l'erreur* en extension du *schème-algorithme* de division, constitué par l'adjonction d'éléments cognitifs supplémentaires. Par conséquent, nous considérons qu'il permet non seulement au sujet de coordonner *in situ* les connaissances numérales et numériques nécessaires à l'exécution d'une division, mais également de procéder au repérage de procédures erronées et au travail d'intervention. Nous croyons qu'il peut aussi être mobilisé lors de la conception des tâches algorithmiques, dans le but de faire apparaître certaines erreurs.

Même si toutes les composantes du *schème-travail de l'erreur* n'ont pu être mises en évidence, nous avons repéré suffisamment d'indices convergents afin de postuler que ce schème est bel et bien constitutif du travail de l'erreur. Ce schème comprend des connaissances spécifiques et constitue une structure remarquablement robuste à travers ses mécanismes d'assimilation et d'accommodation. Il contient à la fois des éléments relevant des opérations élémentaires et de ses algorithmes respectifs, ainsi que des éléments relatifs aux procédures erronées et aux stratégies d'intervention.

Réitérons que nos résultats ont aussi indiqué que certains éléments faisant partie de cette structure conceptuelle, s'ils sont parfois explicitement conscients chez nos sujets, n'ont pas nécessairement atteint un état d'équilibre achevé chez nos sujets. Il s'agit notamment des composantes se rapportant aux stratégies d'intervention dévolutives. En prenant appui sur notre cadre de référence, élaboré à partir de notions issues de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud, nous avons soutenu l'idée d'un *schème-travail de l'erreur* qui demeure « en élaboration » chez Gina et Anna. Cet aspect de la cinquième hypothèse de travail demeure selon nous plausible. En effectuant un parallèle avec l'erreur arithmétique chez l'élève, nous considérons que les incohérences du discours, les

difficultés liées au réglage du contrôle de l'activité mathématique de l'élève et même certaines formes de stratégies dégénérées doivent être comprises en tant que traces progressives d'un *schème-travail de l'erreur* « en construction ». Nous croyons qu'elles indiquent que le nouveau maître, placé dans le contexte de la classe ordinaire, s'adapte et fait ses propres expériences en matière d'intervention sur les procédures erronées⁹.

Au terme de ce bilan, réitérons que nos résultats sont à la fois significatifs et satisfaisants, d'abord et avant tout, parce qu'ils nous ont permis d'atteindre l'objectif général fixé lors de notre premier chapitre. En mettant en relief l'articulation du *schème-travail de l'erreur*, mais surtout par la description de sa nature adaptative et son fonctionnement dynamique, nous avons réussi à acquérir *une meilleure compréhension de l'activité conceptuelle du maître débutant qui, dans le contexte de la classe ordinaire, se retrouve dans des situations d'enseignement où il est appelé à repérer et intervenir sur l'erreur arithmétique commise par un élève dans l'exécution d'un algorithme de division* (cf. supra, p. 24).

1.2. Les apports de la recherche

Ancrée dans le domaine de la didactique des mathématiques, la présente recherche s'articule autour d'un cadre de référence précis, élaboré à partir d'éléments constitutifs de la théorie des champs conceptuels. En prenant appui sur une méthodologie combinant les techniques de l'observation et de l'entretien, nous avons réussi à « *identifier les erreurs arithmétiques repérées ainsi que les stratégies d'intervention mises en œuvre par le nouvel enseignant* », à « *décrire le travail de l'erreur réalisé par le maître novice dans le cadre des situations d'enseignement vécues en classe ordinaire* », et à « *identifier, dans la conduite du nouvel enseignant, des indices qui témoignent des connaissances et mécanismes*

⁹ Nous retenons ici que contrairement à l'élève ou le futur enseignant, pour qui la situation a été mise en place avec l'intention de lui faire apprendre quelque chose (ou de lui permettre de travailler un savoir mathématique particulier), l'enseignant s'adapte à une situation qui n'a pas d'intention didactique particulière.

cognitifs qui sous-tendent le travail de l'erreur ». Divers apports à la didactique découlent de l'atteinte de ces trois objectifs spécifiques.

Tout d'abord, en adoptant une approche descriptive, nous avons réussi à rendre compte des réalités didactiques du travail de l'erreur effectué dans le contexte de la classe ordinaire. Nous avons ainsi dégagé, de la vie quotidienne du professionnel, des phénomènes particuliers que nous avons ensuite interprétés à la lumière des travaux de Vergnaud. Rappelons quatre phénomènes mis en évidence lors de notre analyse : la multiplicité des stratégies d'intervention, la mobilité des stratégies d'intervention¹⁰, la cooccurrence des formes orientées sur le contrôle du sens et des formes orientées sur le contrôle des actes, de même que ce que nous avons appelé la bifurcation dans le travail de l'erreur. Ces phénomènes permettent d'obtenir une meilleure compréhension du travail de l'erreur, mais également de mettre en relief toute la complexité de la tâche de l'enseignant en classe ordinaire.

Ensuite, en ciblant les situations d'enseignement vécues par nos sujets, nous avons rendu compte de la spécificité du travail de l'erreur réalisé par des novices. Rappelons que cette population demeure peu présente dans les écrits scientifiques de la didactique, malgré le fait que le cadre expérimental de la classe ordinaire a acquis une certaine popularité depuis les dernières années. L'une des contributions significatives de cette étude effectuée auprès de sujets libérés des contraintes du système de formation concerne les formes dégénérées du travail de l'erreur. Nous avons montré que celles-ci ne constituent pas un « *fait relativement marginal* » comme des recherches antérieures l'avaient postulé (Portugais, 1992, 1995). Il s'agit plutôt de précieux indices témoignant de l'important travail conceptuel réalisé par le maître en *situation du travail de l'erreur*.

En établissant un rapprochement avec les erreurs contenues dans les procédures des élèves, nous avons avancé que les stratégies dégénérées constituent des « productions intelligentes », caractérisées par une logique interne. Elles ne

¹⁰ Que cette mobilité des stratégies ait lieu entre les micro-épisodes ou dans une même *situation du travail de l'erreur*.

sont dues ni au hasard, ni à la distraction; elles manifestent plutôt le recours à une ou plusieurs connaissances. Nous pouvons presque toujours relier celles-ci à des pratiques valables dans le domaine de l'enseignement des mathématiques ou, à l'occasion, de l'enseignement en général. En ce sens, nous pouvons dire que les formes dégénérées du travail de l'erreur ont un sens qui échappe à leur examen superficiel.

Enfin, en proposant la notion de *schème-travail de l'erreur*, nous avons donné une explication rationnelle et cohérente du travail de l'enseignant en situation de gestion de l'erreur arithmétique. L'analyse de la coordination de ses choix, ses décisions et ses actions a permis de mieux saisir le rôle que jouent les situations d'enseignement quotidiennes dans le processus de conceptualisation de ce professionnel. Pour cela, il aura fallu nous centrer sur les mécanismes adaptatifs caractéristiques des maîtres en première année de carrière, même si, bien évidemment, nous n'avons pas vidé la question du fonctionnement de l'action du maître dans ces situations. Nous sommes donc convaincue que d'autres recherches placées sous le contrôle de la théorie des champs conceptuels aideraient à comprendre encore davantage le processus d'adaptation et les mécanismes cognitifs en jeu dans l'activité du maître. Au-delà même des enseignants novices, nous croyons que de telles recherches effectuées à l'égard de ceux que l'on reconnaît dans le milieu de l'enseignement comme des experts « chevronnés » constitueraient une approche des plus intéressantes.

1.3. Les limites de la recherche

Ayant présenté quelques apports intéressants engendrés par la présente recherche, nous considérons maintenant ses limites.

Nous devons d'abord rappeler que nos résultats concernant le travail de l'erreur ne sont pas généralisables aux autres sphères concernées par l'enseignement des mathématiques. Ainsi, nous ignorons si notre dispositif de recherche permettrait de témoigner des mécanismes cognitifs qui sous-tendent

d'autres activités du maître en classe ordinaire ou s'il serait possible d'inférer la présence d'un schème relatif à celles-ci. De même, nous ne pouvons pas nous prononcer sur la généralisation de nos résultats à l'ensemble de la population des enseignants de mathématiques. De ce fait, nous réitérons que la portée de la présente recherche se limite aux activités de diagnostic et d'intervention sur les erreurs de division des élèves qu'effectuent nos sujets. Il s'agissait d'un travail descriptif, quasi exploratoire, dont les visées étaient reliées à la recherche d'une compréhension fine de la régulation interne des actions du maître novice.

Nous ne prétendons pas avoir dégagé ici des invariants caractéristiques de toute action enseignante en contexte d'intervention sur les erreurs, la portée de nos études de cas n'étant évidemment pas de cette nature. Le maître novice en général n'était pas non plus l'objet de nos conclusions, puisque nous avons ciblé explicitement des maîtres ayant des connaissances précises sur les erreurs des élèves à travers les typologies qu'ils ont étudiées en didactique des mathématiques lors de leur formation initiale à l'enseignement. On peut légitimement se demander à quels types de conduites aboutiraient des maîtres privés de ces connaissances et surtout si les schèmes seraient analogues. Notre travail ne permet aucune inférence à ce sujet et il faudra de nouvelles études pour en prendre la mesure. Ce n'est peut-être qu'à ce prix que des conclusions un peu plus globales pourraient être établies au regard du rôle de ces connaissances sur les conduites des enseignants en situation de travail de l'erreur.

S'il est vrai que nous n'avons pas jeté la lumière sur toutes les composantes du *schème-travail de l'erreur* chez nos sujets, nous considérons que nous avons présenté des données essentielles quant à sa nature et son fonctionnement. En reprenant la métaphore de Vergnaud, nous pouvons affirmer que nous avons documenté la partie visible de l'iceberg que constitue la conceptualisation du maître en *situation du travail de l'erreur*. Nous savons que « sans la partie cachée formée par les invariants opératoires, cette partie visible ne serait rien » (1991a, p. 145). Ainsi, nous sommes consciente qu'il existe

d'autres composantes du *schème-travail de l'erreur*, dont nous n'avons pas témoigné dans la présente étude.

Mentionnons aussi que nous n'avons pas repris tous les éléments de la théorie des champs conceptuels lors de l'élaboration de notre cadre de référence. Nous avons notamment laissé de côté certains éléments en rapport aux aspects langagiers. Ce choix théorique s'appuie d'abord sur l'importance que nous accordons aux apports de la thèse de Zaragosa (2000), à propos de cette facette de l'activité enseignante. En prenant appui sur les travaux de Trognon et ses collègues (1991, 1993, 1997 et 1998), ce chercheur a distingué du langage courant le langage professionnel, en montrant que celui-ci s'adapte aux situations d'enseignement. Ainsi, Zaragosa a été en mesure d'inférer l'existence d'un *schème d'interaction verbale didactique*. Par ailleurs, précisons rapidement que, pour le travail de l'erreur, ce ne sont pas seulement les actes de langage qui doivent être pris en compte dans l'étude de l'échange didactique, mais aussi l'ensemble des gestes et interactions non verbales. À titre d'exemple, rappelons qu'un simple haussement des épaules peut être considéré comme une intervention sur l'erreur, tout comme la présentation d'un schéma. Dans ces deux cas, la langue et l'interaction verbale ne sont pas utilisées. Pour ces raisons distinctes, nous avons tiré de la théorie des champs conceptuels les éléments nécessaires à l'élaboration d'un cadre de référence répondant spécifiquement aux besoins de la présente recherche.

1.3.1. Retour sur quelques choix méthodologiques

Ayant présenté les limites de la recherche, nous aimerions insister sur nos choix méthodologiques qui, en combinaison avec nos choix théoriques, nous ont permis de dégager l'implicite dans l'organisation de la conduite des enseignants débutants ciblés par cette étude. En combinant les techniques de l'observation et de l'entretien, de même qu'en prenant certaines précautions méthodologiques comme les triangulations, nous avons réussi non seulement à témoigner des

mécanismes cognitifs qui sous-tendent le travail de l'erreur, mais aussi d'assurer la validité interne de la présente recherche qualitative.

Un de ces choix a été de se référer à la technique de verbalisation lors de l'entrevue faisant suite aux séances observées. Notre recours aux travaux de Vermersch, portant sur l'entretien d'explicitation, nous a permis de bâtir un instrument de collecte de données à partir duquel l'interviewé se retrouve en évocation de son action. L'entrevue *a posteriori* a été, pour nous, un outil précieux; nous avons pu voir si, immédiatement après sa séance d'enseignement, le maître débutant a conscience « à chaud » du travail de l'erreur qu'il a réalisé et, conséquemment, des décisions didactiques et des actions réelles qu'il a effectuées.

Un autre de ces choix méthodologiques a été de restreindre notre échantillon à trois sujets. Si ce dernier pouvait être considéré à titre de limite, précisons ici qu'il résulte plutôt d'un choix conscient, effectué en fonction de la nature de la présente recherche descriptive. Il n'aurait pas été possible pour nous de mener de telles analyses sans le recours à la méthode de l'étude de cas. Cette option nous a permis d'obtenir des résultats détaillés, pour ainsi atteindre nos objectifs.

Au terme de cette section consacrée aux limites de la recherche, nous insistons sur le fait que nous ne prétendons pas détenir tous les morceaux du « puzzle » que représente le *schème-travail de l'erreur* chez les enseignants débutants. Le type de travail descriptif que nous avons mené, fortement tributaire d'un cadre de référence à caractère cognitiviste, ne permet évidemment pas de lever le voile sur l'ensemble des composantes du schème et encore moins de prendre la pleine mesure du processus de conceptualisation à l'œuvre derrière ces actions et stratégies d'intervention diverses. Cependant, nous avons pu préciser un bon nombre d'éléments de ce schème de travail de l'erreur que les travaux antérieurs dans ce domaine ne faisaient que postuler. Nous voulons donc inscrire nos efforts non comme un aboutissement d'une démarche de recherche, mais plutôt comme

une étape d'une course à relais qui peut s'étaler sur une longue durée. Nous sommes consciente du caractère encore fragmentaire du portrait du schème que nous avons tenté de dessiner. En ce sens, nous considérons que de nouvelles recherches dans cette perspective sont nécessaires afin de développer une meilleure compréhension de cette activité enseignante spécifique.

1.4. Quelques nouvelles pistes de réflexion

La présente thèse a permis de trouver des éléments de réponse à la question générale de recherche « *chez l'enseignant débutant, quel est le fonctionnement de l'activité conceptuelle qui sous-tend le travail de l'erreur réalisé en classe ordinaire?* ». En prenant appui sur la théorie des champs conceptuels, nous sommes venue spécifier la nature et le fonctionnement du *schème-travail de l'erreur* chez des enseignants débutants. Par notre analyse des situations où le maître novice repère et intervient sur des procédures erronées, il nous a été possible de montrer l'importance de l'organisation des conduites intégrées à ce schème particulier. Nous avons dégagé certaines connaissances, de même que des règles d'action, des intentions didactiques et surtout des buts précis reliés au traitement de la procédure erronée. En identifiant ces composantes, nous avons ainsi repéré plusieurs indices témoignant de la présence d'une structure conceptuelle n'ayant pas nécessairement atteint un état d'équilibre chez nos sujets.

Ce résultat particulier engendre un nouveau questionnement : *Comment le schème-travail de l'erreur évolue-t-il chez le maître? Pouvons-nous identifier les phases de son développement? Qu'est-ce qui permet à ce schème inachevé et ouvert sur l'avenir d'atteindre un état d'équilibre? Quel rôle jouent les situations du travail de l'erreur dans son élaboration? Le schème-travail de l'erreur peut-il atteindre l'équilibre chez les enseignants oeuvrant en classe ordinaire ou demeure-t-il dans un mode de développement perpétuel?*

Au terme de cette étude, plusieurs pistes de réflexion s'offrent à nous. Diverses avenues de recherches sont envisageables pour l'étude de la construction

de connaissances et compétences professionnelles se rapportant aux activités de repérage et d'intervention sur les procédures erronées. En nous intéressant aux mécanismes cognitifs qui sous-tendent cette activité professionnelle, nous avons ciblé une nouvelle facette de l'étude du travail de l'erreur. Or, beaucoup reste à faire si nous voulons un jour appréhender toute la complexité et la richesse du rôle que joue l'enseignant auprès des élèves qui font des erreurs arithmétiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ARTIGUE, M. (1988). « Ingénierie didactique », dans *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, vol. 9, n° 3, La pensée Sauvage, Grenoble, p. 281-308.
- ASTOLFI, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*, ESF, Paris, [en ligne], site Diversifier sa pédagogie, <http://francois.muller.free.fr/diversifier/ERREUR.htm>
- BÉLANGER, M. (1990-1991). « Les erreurs en arithmétique, un siècle de présomption américaine », dans *Petit x*, n° 26, CIRADE, Université du Québec à Montréal, Montréal, p. 49-71.
- BENAVENT, C. (2005). *Méthodologie de la recherche : « la méthode d'étude de cas »*, Université catholique de Louvain, Louvain, (juin), 12 p., [en ligne], http://christophe.benavent.free.fr/IMG/pdf/EtudededeCas_UCL_2005.pdf
- BLANDO, J.A., KELLY, A.E., SCHNEIDER, B.R. et SLEEMAN, D. (1989). « Analysing and Modeling Arithmetic Errors », dans *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 20, n° 3, p. 301-308.
- BLOCH, I. (2006). *Erreurs et obstacles*, d'après un texte de formation de Annie Berté et Jean Lafourcade, IUFM d'Aquitaine, Aquitaine, (août), 10 p., [en ligne], www.edumathcamer.net/cours/pedago/Prof/erreurs1.pdf
- BOUTIN, G. (1999). « Le développement de l'identité professionnelle du nouvel enseignant et l'entrée dans le métier », dans Héту, J.-C., Lavoie M. et Baillauquès S. (Éds), *Jeunes enseignants et insertion professionnelle. Un processus de socialisation? De professionnalisation? De transformation?*, Coll. Perspective en éducation, De Boeck Université, Bruxelles, p. 43-59.
- BROUSSEAU, G. (1983). « Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques », dans *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 4, n° 2, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 165-198.
- BROUSSEAU, G. (1986). « Fonctionnements et méthodes de la didactique des mathématiques », dans *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 7, n° 2, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 33-115.
- BROUSSEAU, G. (1988a). « Le contrat didactique : le milieu », dans *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 9, n° 3, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 309-336.
- BROUSSEAU, G. (1988b). « Les différents rôles du maître », *Bulletin de l'Association Mathématique du Québec*, conférence prononcée à l'UQAM.
- BROUSSEAU, G. (1991). *Glossaire de didactique*, inédit, transmis à la 6^e école d'été de didactique des mathématiques, 3 p.
- BROUSSEAU, G. (1994). « Perspectives pour la didactique des mathématiques », dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Travnigot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France, Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud*, La pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 51-66.

- BROUSSEAU, G. (1995). « L'enseignant dans la théorie des situations didactiques », dans Noirfalise R., Perrin-Glorian M.-J. (eds.), *Actes de la VIII^e École d'été de didactique des mathématiques*, IREM de Clermont-Ferrand, Clermont-Ferrand, p. 3-46.
- BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques, didactique des mathématiques 1970-1990*, La Pensée Sauvage, Grenoble, 395 p.
- BROUSSEAU, G. (2000-2001). « Les erreurs des élèves en mathématiques. Études dans le cadre de la Théorie des Situations Didactiques », dans *Petit x*, IREM de Grenoble, Grenoble, p. 5-30.
- BROWN, I. S. et al. (1995). « Mathematics Teacher Education », dans *Handbook of Research on Teacher Education*, Macmillan Publishing Company, New York & London, p. 689-656.
- BROWN, J.S. et R.R. BURTON (1978). « Diagnostic Models for Procedural Bugs in Basic Mathematical Skills », dans *Cognitive Science*, vol. 2, n^o 2, p. 155-192.
- BROWN, J.S. et K. VAN LEHN. (1980). « Repair Theory: A Generative Theory of Bugs in Procedural Skills », dans *Cognitive Science* vol. 4, n^o 4, p. 379-426.
- BROWN, J.S. et K. VAN LEHN (1982). « Towards a Generative Theory of Bugs », dans T. Carpenter, J. Moser et T. Romberg, (Eds.), *Addition and Subtraction: A Cognitive Perspective*, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., p. 117-135.
- BRUN, J. (1994). « Évolution des rapports entre la psychologie du développement cognitif et la didactique des mathématiques », dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Travignot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 67-83.
- BRUN, J. et F. CONNE (1990). « Analyses didactiques de protocoles d'observation du déroulement de situations », dans *Éducation et Recherche*, vol. 3, p. 261-286.
- BRUN, J. et F. CONNE (1991). « Analyse de brouillons de calcul d'élèves confrontés à des items de divisions écrites », dans *Proceedings of PME XV International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Assis, Italy, 1, p. 239-246.
- BRUN, J., CONNE, F., LEMOYNE, G. et J. PORTUGAIS (1994). « La notion de schème dans l'interprétation des erreurs des élèves à des algorithmes de calcul écrit », dans *Cahiers de la Recherche en Éducation*, vol. 1, n^o 1, p.117-132.
- BRUN, J., CONNE, F., CORDEY, A., FLORIS, R., LEMOYNE, G., LEUTENEGGER, F. et J. PORTUGAIS (1994). « Erreurs systématiques et schèmes algorithmes », dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Travignot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud, La pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 203-209.

- BUSWELL, G.T., et JOHN, L. (1926). « Diagnostic Studies in Arithmetic », *Supplementary Educational Monograph*, n°30, Chicago, University Press.
- BUSWELL, G.T. et C.H. JUDD, (1925). *Summary of Educational Investigations Relating to Arithmetic*, Chicago, University Press.
- CANGE, C. et J.-M. FAVRE (2003). « L'enseignement des mathématiques dans l'enseignement spécialisé est-il pavé de bonnes analyses d'erreurs ? », dans *Éducation et francophonie*, vol. 31, n° 2, 17 p., [en ligne], www.acelf.ca/revue/31-2/articles/09-cange.html
- CAVERNI, J.-P. (1988). « La verbalisation comme source d'observables pour l'étude du fonctionnement cognitif », dans *Psychologie cognitive : modèles et méthodes*, Presses universitaires de Grenoble, Grenoble, p. 253-273.
- CHEVALLARD, Y. (1997). « Familiale et problématique la figure du professeur », dans *Recherche en didactique des mathématiques*, vol. 17, n° 3, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 17-54.
- COLLARD, P. et FLAJOLET, P. (2009). Article « Algorithme », Encyclopédie Universalis, La Nouvelle édition 2009.
- CONNE, F. (1985). *Points de repère pour l'analyse de protocoles*, Inédit.
- CONNE, F. (1989). « Comptage et écriture en ligne d'égalité numérique », dans *Recherche en Didactique des Mathématiques*, vol. 9, n° 1, La pensée sauvage, Grenoble, p. 71-115.
- COX, L. (1974). *Analysis, Classification and Frequency of Systematic Error Computation Patterns in Addition, Substraction, Multiplication and Division Vertical Algorithms for Grade 2-6 and Special Education Classes*. University of Kansas Medical Center, Kansas City.
- DEBLOIS, L. (1997). « Des significations ancrées dans une culture », dans Gattuso L. et P. Blouin, *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*, Actes de colloque tenu au 65e Congrès de l'ACFAS, Modulo, Coll. Astroïde, Montréal, p. 79-82.
- DEBLOIS, L. (2003). « Interpréter explicitement les productions des élèves : une piste... », dans *Éducation et francophonie*, vol. XXXI, n° 2, Association canadienne d'éducation de langue française, Québec, (automne), p. 176-198.
- DEBLOIS, L. et H. SQUALLI (1997) « L'analyse des erreurs des élèves en mathématiques par des étudiantes et des étudiants en formation initiale à l'enseignement », dans *Continuité et rupture dans la formation des maîtres au Québec*, Les Presses de l'Université Laval, Saint-Nicholas, p. 125-143
- DEBLOIS, L. et H. SQUALLI (2002) « Une modélisation des savoirs d'expérience chez des orthopédagogues intervenant en mathématiques », dans *Enseignement et difficulté d'apprentissage*, Édition du CRP, Sherbrooke, p. 155-178.
- FORTIN, M.-F. (1996). *Le processus de la recherche. De la conception à la réalisation*, Décarie Éditeur inc., Ville Mont-Royal, Québec.

- FLÜCKIGER, A. (2004). « Analyse didactique et schème : une étude qui articule théorie des situations et théorie des champs conceptuels », dans *Recherche en Didactique des Mathématiques*, vol. 24, n° 2.3, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 169-204.
- GIRODET, M.-A. (1996) *L'Influence des cultures sur les pratiques quotidiennes de calcul*, Didier, coll. CRÉDIF Essais, p.7
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION DU QUÉBEC (2001). *Programme de formation de l'école québécoise*, Québec.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, (page consultée le 14 avril 2008). *Banque de dépannage linguistique*, site de l'Office québécois de la langue française, [en ligne], <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/bdl.html>
- GRAEBER, A. et TIROSH, D. (1990). « Evoking Cognitive Conflict to Explore Preservice Teachers' Thinking About Division » dans *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 21, n° 2, p.98-108.
- GRAEBER, A. et WALLACE, L. (1977). *Identification of Systematic Errors ; Final Report*, Research for Better Schools Inc., Philadelphia.
- GRAEBER, A., TIROSH, D. ET GLOVER, R. (1989). « Preservice Teachers' Misconceptions in Solving Verbal Problems in Multiplication and Division », dans *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 20, n° 1, p. 95-110.
- GROSSNOCKLE, F.E. (1935). « Realiability of Diagnosis of Certain Types of Errors in Long Division with a One-Figure Divisor », dans *Journal of Experimental Education*, (septembre).
- HERBERT, E. et T. WORTHY (2001). « Does the First Year of Teaching Have to Be a Bad One? A case study of success » dans *Teaching and Teacher education*, vol. 17. Pergamon, p. 897-911.
- HÉTU, J.-C. (1999). « Pratique réflexive, démarche d'interprétation et recherche de sens chez les novices ; vers un mode d'accompagnement d'un processus de transformation », dans HÉTU, J.-C., LAVOIE M. & BAILLAUQUÈS S. (Éds), *Jeunes enseignants et insertion professionnelle. Un processus de socialisation ? De professionnalisation ? De transformation ?* coll. Perspective en éducation, De Boeck Université, Bruxelles, p. 61-83.
- HOUEMENT, C. et KUZNIAK, A. (1996). « Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématique » dans *Recherche en didactique des mathématiques*, vol. 16, n° 1, La Pensée Sauvage, Grenoble, p. 289-322.
- HUBERMAN, M. (1989). *La vie des enseignants. Évolution et bilan d'une profession*, Delachaux et Niestlé, Lausanne.
- KATZ, J. (1972). *Semantic Theory*, New-York, Harper and Row
- LEGENDRE M.-F. et PORTELANCE L. (2001). « Les études de cas comme modalité de mise en discours de la pratique : leur contribution au développement de la compétence professionnelle des futurs enseignants », dans Beauchesne, A., Martineau, S. et Tardif, M., *Le développement en éducation et le développement de la pratique professionnelle en enseignement*, Éditions du CRP, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, p. 17-48.

- LEGENBRE, R. (1993). *Dictionnaire actuel de l'éducation*, 2^e édition, Guérin, Éditeur limité, Montréal, Québec, Éditions ESKA, Paris.
- LEGENBRE-BERGERON M.-F. (1980). *Lexique de la psychologie du développement de Jean Piaget*, Gaëtan Morin, Montréal.
- LESSARD-HÉBERT M., GOYETTE, G. et G. BOUTIN, (1996). *La recherche qualitative, fondements et pratique*, 2^e édition, Éditions Nouvelles, Montréal, 124 p.
- LEUTENEGGER, F. et J. BRUN (1994). *Didactique des mathématiques et formation des enseignants : préparation de séquences didactiques autour du thème de calcul*, Rapport de recherche, FPSE, Université Genève, 54 p.
- MERCIER, A. (1999). « Comment appréhender le cognitif depuis la didactique », dans *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, p. 133-149.
- MEYERS, G.C. (1924). « Persistence of Errors in Arithmetic », *Journal of Educational Research*, (juin) p. 19-24.
- MILES M. B. et HUBERMAN M. (2003). *Analyse des données qualitatives*, 2^e édition, De Boeck, Bruxelles, 626 p. (Il s'agit ici d'une réédition du HUBERMAN M. et MILES M. B. (1991). *Analyse des données qualitatives, recueil de nouvelles méthodes*, De Boeck, Bruxelles, 626 p.)
- MILHAUD, N. (1980). *Le comportement des maîtres face aux erreurs des élèves*, Mémoire de D.E.A., Études en didactique des mathématiques, Université de Bordeaux 1, 49 p.
- NAULT, T. (1993). *Études exploratoires de l'insertion professionnelle des enseignants débutants au niveau secondaire*, Thèse de doctorat, Département de psychopédagogie et d'andragogie, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal, Québec.
- NOTES DE COURS PERSONNELLES (2000). DID 3505 Didactique des mathématiques II, Université de Montréal, (automne).
- NOTES DE COURS PERSONNELLES (2002). ETA 6032 Méthode et recherche en éducation, Université de Montréal, (automne).
- PERRENOUD, P. (1992). « Formation des maîtres et recherche en éducation : apports respectifs », *Analyser et gérer les situations d'enseignement-apprentissage*, sous la direction de Audigier, F. et Baillat G., Paris, INRP, p. 339-354, [en ligne],
http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1992/1992_02.html
- PERRENOUD, P. (2000) *Du curriculum aux pratiques : question d'adhésion, d'énergie ou de compétence?* Inédit, conférence présentée à Québec le 10 octobre 2000.
- PERRET-CLERMONT, A.-N., BRUN, J., CONNE, F. et M.-L. SCHUBAUER-LEONI (1982). « Décontextualisation et recontextualisation du savoir dans l'enseignement des mathématiques à de jeunes élèves », dans *Interactions didactiques*, n° 1, (juillet), Université de Genève, Genève, 33 p.

- PERRIN-GLORIAN, M.-J. (2002). « Chapitre 8 – Didactique des mathématiques », dans *Les stratégies de l'enseignant en situation d'interaction*, Programme École et Sciences Cognitives, Bressoux, (février), pp 167-196, [en ligne], <http://edutice.archives-ouvertes.fr/docs/00/00/17/90/PDF/Bressoux.pdf>
- PIAGET, J. (1947). *La prise de conscience*, Presses universitaires de France, Paris.
- PIAGET, J. (1967a). *La psychologie de l'intelligence*, A.Colin, Paris.
- PIAGET, J. (1967b). *Biologie et connaissance*, Gallimard, Paris.
- PIAGET (1972). « La psychologie génétique », dans *Pédagogie et éducation: évolution des idées et des pratiques contemporaines*, recueil de textes présentés et commentés par Salines, La Haye et Mouton, Paris, p. 219-240.
- PORTUGAIS, J. (1992). *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*, thèse de doctorat, Université de Genève, 339 p.
- PORTUGAIS, J. (1994). « De futurs instituteurs formés à la didactique des mathématiques, une étude de cas », dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Travnogot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud, La Pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 283-290.
- PORTUGAIS, J. (1995). *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*, Peter Lang, Berne, 311 p.
- PORTUGAIS, J. (1996). *Le futur enseignant face au savoir didactique ; que se passe-t-il si on lui donne la recette ?* Recherche sur l'injection de résultats de recherche en didactique dans le système de formation de l'enseignant, Université de Genève, 57 p.
- PORTUGAIS, J. (1998a). « L'analyse de protocoles d'observation de séquences didactiques dans le cadre de la formation à l'enseignement des mathématiques : une visite guidée du côté de chez Christyne », dans *L'analyse de protocole entre didactique et psychologie cognitive*, Éditions Interactions didactiques.
- PORTUGAIS, J. (1998b). *Esquisse d'un modèle des intentions didactiques*, dans *Méthodes d'étude du travail de l'enseignant*, Genève, Éditions Interactions didactiques, Actes des Secondes Journées de didactique des mathématiques de La Fouly, Valais, Suisse, 18-21 avril 1996, p. 57 à 88.
- PORTUGAIS, J. (1999a). « L'intentionnalité et le cognitif », dans G. Lemoyne et F. Conne, *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, p. 71-102.
- PORTUGAIS, J. (1999b). « Qu'est-ce que la transposition didactique en mathématique ? », dans *Mathématique, enseignement des mathématiques : l'apport du XX^e siècle*, L'Association mathématique du Québec, les Éditions le Griffon d'Argile, 25 p.
- PORTUGAIS, J. (1999c). « La formation des enseignants comme terrain de recherche en didactique », *Actes de la X^e école d'été de didactique de mathématiques*, Houlgate. p. 113-126.

- PORTUGAIS, J. (2000a). « Quelques pistes de recherche sur le travail de l'enseignant dans la classe de mathématique », *Présentation du séminaire de recherche en didactique des mathématiques à l'UQAM*, le 2 octobre 2000.
- PORTUGAIS, J. (2000b). *Recueil de textes DID 3505 Didactique des mathématiques 2*, Université de Montréal (automne).
- PORTUGAIS, J. (2002a). *À Propos de la typologie des erreurs de calcul*, DID 3505 Didactique des mathématiques 2. Université de Montréal.
- PORTUGAIS, J. (2002b). *Recueil de textes DID 3505 Didactique des mathématiques 2*, Université de Montréal (automne).
- PORTUGAIS, J. et J. BRUN. (1998). « La rupture entre didactique et psychopédagogie des mathématiques : une perspective historique », *Enseignement de la matière dans un contexte du travail pédagogique en classe : L'articulation didactique-pédagogique comme enjeu de formation*, Colloque ACFAS 1998, Ouvrage collectif sous la direction de Y. Lenoir. Presses de l'Université Laval, Québec, 11 et 12 mai 1998.
- POUPART, DESLAURIERS, GROULX, LAPERRIÈRE, MAYER, PIRES. (1997). *La recherche qualitative : Enjeux épistémologiques et méthodologiques*, Gaëtan Morin Éd., Boucherville, 405 p.
- RICCO, G. (1992). *Psychologie cognitive et didactique. Constitution d'une nouvelle approche concernant l'appropriation des connaissances scolaires*. Thèse d'habilitation à diriger des recherches. Notes de Synthèses. Université Pierre Mendès, 140 p.
- RICE, J.M. (1902). *Educational Research : A Test in Arithmetic*, Forum XXXIV, (octobre-décembre), p. 281-297
- RICE, J.M. (1903). *Educational Research : Causes of Success and Failure in Arithmetic*. Forum XXXIV, (janvier-mars), p. 437-452.
- RIOPEL, M.-C. (2006). *Apprendre à enseigner : une identité professionnelle à développer*, Les presses de l'Université Laval, Saint-Nicolas, 206 p.
- ROUCHIER, A. (1999). « La prise en compte du cognitif : jalons pour une évolution », dans *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, p. 177-195.
- SALIN, M.-H. (1976). *Le rôle de l'erreur dans l'apprentissage des mathématiques à l'école primaire*, Mémoire de D.E.A de Didactique des mathématiques. IREM de Bordeaux.
- SCHUBAUER-LEONI, M.-L. (1986a). *Maître-élève-savoir : Analyse psychosociale du jeu et des enjeux de la relation didactique*, Thèse de doctorat, Université de Genève, 349 p.
- SCHUBAUER-LEONI, M.-L. (1986b). « Le contrat didactique : un cadre interprétatif pour comprendre les savoirs manifestés par les élèves en mathématique » dans *European Journal of the Psychology for Education*, vol. 2, p.139-153.
- SIERPINSKA, A. (1999). « Interaction des perspectives épistémologique, cognitive et didactique », dans G. Lemoyne et F. Conne, *Le cognitif en didactique des mathématiques*, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, p. 151-176.

- SIERPINSKA, A. (2006) « Entre l'idéal et la réalité de l'enseignement mathématique », *Annales de didactique des mathématiques et de sciences cognitives*, vol. 11, IREM de Strasbourg, Strasbourg, p. 5-39.
- STAKER, M. (1917). « A Study of the Mistakes in the Fundamental Operation in Arithmetic », dans *Diagnostic Studies in Arithmetic*, Bushwell G.T. et John, L., 1926, Supplementary Educational Monograph, n°30, University of Chicago Press, p. 119.
- SYLVAIN, F. (2006). *Guide de présentation des citations et des références bibliographiques*, 2^e édition revue et augmentée, École nationale d'administration publique, Université du Québec, 39 p., [en ligne], <http://archives.enap.ca/bibliotheques/2006/09/11528441.pdf>
- TARDIF, J. (1997). *Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive*, Les éditions logiques, Montréal, 474 p.
- TARDIF, M. (1993). « Savoirs et expérience chez les enseignants de métier », dans Hensler, H., *La recherche en formation des maîtres ; détour ou passage obligé sur la voie de la professionnalisation ?*, Éditions du CRP, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, p. 53-86.
- TARDIF, M. (2001). « Quelques indicateurs de l'attribution des nouveaux enseignants de la formation professionnelle au Québec », dans Beauchesne, A., Martineau, S. et Tardif, M., *Le développement en éducation et le développement de la pratique professionnelle en enseignement*, Éditions du CRP, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, p. 131-141.
- TARDIF, M. et C. LESSARD (1999). *Le travail enseignant au quotidien. Contribution à l'étude du travail dans les métiers et les professions d'interactions humaines*, Les presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, Québec.
- TARDIF, M., LESSARD, C. & LAHAYE, L. (1991). « Les enseignants des ordres d'enseignement primaire et secondaire face aux savoirs. Esquisse d'une problématique du savoir enseignant », *Sociologie et Sociétés*, XXIII, n° 1, p. 55-69, [en ligne], <http://www.erudit.org/revue/socsoc/1991/v23/n1/001785ar.pdf>
- TAVIGNOT (1994). « Réflexion sur les aspects méthodologiques de la recherche en didactique des mathématiques », dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Travnigot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud, La pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 410-415.
- TREMBLAY, M.A. (1968). *Initiation à la recherche dans les sciences humaines*, Montréal : McGraw-Hill.
- TROGNON, A. (1991). « L'interaction en général : sujets, groupes, cognitions, représentations sociales », *Connexions*, 57, 9-27.
- TROGNON, A. (1998). « Éléments d'analyse interlocutoire », In Gilly M., Roux J.P. (eds) *Apprendre dans l'interaction*. Chapitre 2, pp. 69-94. P.U. Nancy.
- TROGNON, A. et R. GHIGLONE (1993). *Où va la pragmatique?* Grenoble : PUG.

- TROGNON, A. et KOSTULSKI (1997). « L'analyse de l'interaction en psychologie des groupes : économie interne et dynamique des phénomènes groupaux », *Connexions*, 68, Erès.
- TURGEON, M. (2003). *Les défis des facultés d'éducation au Québec*, Affaires universitaires, 2 p., [en ligne], www.universityaffaires.ca
- VAN DER MAREN, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation*, 2^e édition, Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 502 p.
- VANNIER-BENMOSTAPHA, M.-P. (2002). *Dimension sensible des situations de tutelle et analyse du travail de l'enseignant de mathématique. Étude de cas dans trois institutions scolaires en CLIPA, 4^{ème} Technologique agricole et CM2*, Thèse de Doctorat en Science de l'Éducation, Université de Paris V René Descartes.
- VERGNAUD, G. (1981a). *L'enfant, la mathématique et la réalité*, Peter Lang, Berne, 218 p.
- VERGNAUD, G. (1981b). « Quelques orientations théoriques et méthodologiques des recherches françaises en didactique des mathématiques », dans *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, vol. 2, n^o 2, La Pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 215-232.
- VERGNAUD, G. (1983). « Introduction : Didactique et acquisition du concept de volume », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 4, n^o 1, La pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 9-25.
- VERGNAUD, G. (1985). « Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation », dans *Psychologie Française*, vol. 30, n^o 3-4, p. 245-252.
- VERGNAUD, G. (1990). « Développement et fonctionnement cognitif dans le champ conceptuel des structures additives », dans G. Netchine-Grynberg (Éd.), *Développement et fonctionnement cognitifs*, Presses universitaires de France, Paris, p. 261-277.
- VERGNAUD, G. (1991a). « La théorie des champs conceptuels » *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 10, n^o 2-3, La pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 133-170.
- VERGNAUD, G. (1991b). « Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques », dans *Revue Française de Pédagogie*, p. 79-86.
- VERGNAUD, G. (1994). « Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel », dans M. Artigue, R. Gras, C. Laborde & P. Travignot (Éds), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*, Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud, La Pensée Sauvage éditions, Grenoble, p. 177-191.
- VERGNAUD, G. (1996). « Au fond de l'action, la conceptualisation », dans Barbier, J.-M., *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, Paris, PUF.
- VERMERSCH P. (1990). « Questionner l'action : l'entretien d'explicitation », dans *Psychologie Française*, vol. 35, n^o 3, p. 227-255.
- VERMERSCH, P. (1991). « L'entretien d'explicitation », dans *Les cahiers de Beaumont*, n^o 52 bis-53. Beaumont sur Oise, p. 63-70.

- VERMERSCH, P. (1996). « L'explicitation de l'action », dans *Cahiers de linguistique sociale*, n° 28-29, Communication de colloque de Rouen 1995 p. 113-120.
- VERMERSCH, P. (2006). « Rétention, passivité, visée à vide, intention éveillante. Phénoménologie et pratique de l'explicitation », dans *Expliciter*, n° 65, (juin), CNRS, GREX, p. 14-28
- WEVA, K. W. (1999). « Insertion professionnelle des nouveaux enseignants : responsabilité de l'administration scolaire », Héту, J.-C., Lavoie, M. et S. Baillauquès, (Éds), *Jeunes enseignants et insertion professionnelle. Un processus de socialisation ? De professionnalisation ? De transformation ?* coll. Perspective en éducation, De Boeck Université, Bruxelles, p. 187-204.
- YIN, R. K. (1984). *Case Study Research (1st ed.)*, Thousands Oaks, Sage Publishing, Beverly Hills, CA.
- YIN, R. K. (1994). *Case Study Research (2nd ed.)*, Thousands Oaks, Sage Publishing, Beverly Hills, CA.
- ZAGEFKA, P. (1995). « Savoirs et curricula : Questionnement et mises en perspective sociologique », dans Margolinas C., *Les débats de didactique des mathématiques*, La Pensée Sauvage, Grenoble, p.169-188.
- ZARAGOSA, S. (2000) *Les interactions verbales dans le processus de dévolution*. Thèse sous la direction de G. Vergnaud, Université René Descartes, Paris V, La Sorbonne.
- ZARAGOSA, S. (2006). « Méthodologie d'analyse d'interactions verbales », *Recherche en didactique des mathématiques*, La Pensée Sauvage, Grenoble, vol. 26, n° 1, p. 89-126.

ANNEXES

ANNEXE I
LA TYPOLOGIE DES ERREURS LORS DE CALCULS DE
DIVISION

LA TYPOLOGIE DES ERREURS (BRUN ET CONNE, 1991)

1. Erreurs en rapport avec le contrôle des relations dividende / diviseur / quotient / reste, à chaque étape de l'algorithme.

1.1 Traitement du dividende

- 1.1a Segmentation : Abaisser d'un coup une partie du dividende ce qui entraîne l'absence des zéros intercalaires au quotient.
- 1.1b Mettre 1 au quotient à la place de 0 parce qu'un dividende partiel $<$ que le diviseur.
- 1.1c Faire une suite de soustractions successives ce qui entraîne une suite de 1 au quotient.
- 1.1d Un même dividende partiel divisé deux fois ce qui entraîne l'écriture successive de 2 chiffres au quotient.

1.2 Traitement du quotient

Le choix d'un quotient inférieur implique un dividende partiel plus grand que le diviseur. L'élève poursuit le cycle de la division en abaissant à nouveau un chiffre d'où :

- 1.2a L'écriture d'un nombre à deux chiffres au quotient
- 1.2b L'écriture d'une suite de neuf

1.3 Traitement du diviseur

Le diviseur est découpé en une suite de chiffres non emboîtés.

1.4 Traitement du reste

- 1.4a Reste final plus grand ou égal au diviseur
- 1.4b Reste final divisé bien que plus petit que diviseur, d'où un 0 supplémentaire au quotient.

2. Erreurs en rapport avec les opérations intermédiaires.

2.1 Erreurs de soustraction

- 2.1a L'inversion
- 2.1b Erreur de table
- 2.1c Les emprunts

2.2 Erreurs de multiplication

- 2.2a Erreur sur le nombre d'additions successives lors de la recherche d'un produit
- 2.2b Erreur de table

3. Erreurs en rapport avec le placement des chiffres dans le diagramme de la division.

3.1 Placement du dividende

- 3.1a N'abaisse pas le chiffre de la colonne et arrête.
- 3.1b N'abaisse pas le chiffre de la colonne et inscrit 0 au quotient.
- 3.1c Abaisse un 0 (erreur liée aux divisions des nombres décimaux).

3.2 Inversions

- 3.2a Le reste est écrit à l'emplacement du quotient.
- 3.2b Le produit est écrit à l'emplacement du quotient.
- 3.2c Le dividende est découpé en allant de droite à gauche en conservant la même technique de placement des chiffres dans le quotient.

D'après Brun et Conne (1991), révisé par Portugais (1995).

ANNEXE II
LA TYPOLOGIE DES 26 STRATÉGIES D'INTERVENTION SUR
L'ERREUR

LA TYPOLOGIE DES 26 STRATÉGIES D'INTERVENTION

(PORTUGAIS, 1995)

Les stratégies orientées sur le contrôle des actes (F)

L'approche d'institutionnalisation primitive (F_i)

- F_{i1} Désigner explicitement le lieu de l'erreur en tant que telle à l'élève et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive directe).
- F_{i2} Choisir un autre élève qui a fait juste pour qu'il désigne explicitement l'erreur à l'élève qui l'a produite et lui montrer la procédure correcte (institutionnalisation primitive par élève interposé).

L'approche par remédiations (F_j)

- F_{j1} Retravailler les bases (numération).
- F_{j2} Retravailler et/ou intervenir sur la numération de position (valeur des retenues et des emprunts).
- F_{j3} Faire manipuler des objets (regroupement, échanges).
- F_{j4} Présenter une autre tâche avec des nombres plus petits pour que cela permette ou encourage la réussite.
- F_{j5} Faire une séquence corrective de travail sur les échanges entre colonnes (changements de statut lors du passage à la colonne voisine).
- F_{j6} Désigner explicitement le lieu ou la cause de l'erreur et lui donner la règle transgressée.
- F_{j7} Faire refaire le calcul à l'élève (ou un calcul partiel) pour qu'il se corrige (en donnant une consigne à l'effet que ceci va permettre de ne plus refaire cette erreur à l'avenir).
- F_{j8} Séquence corrective de travail sur les tables en insistant sur des valeurs spéciales (ex. : 0-3 et 3-0, 6-7 et 7-6, etc.) puis mise en garde adressée aux élèves sur ce type d'erreur.

Les stratégies orientées sur le contrôle du sens (G)

L'approche didactique (G_i)

- G_{i1}** Déclarer à l'élève qu'il y a erreur et demander de la préciser. L'élève a alors le contrat de recherche de l'erreur, non pour elle-même, mais pour l'expliquer. (N.B. ne pas confondre avec F_{j7}). Variante : demander à l'élève, pour induire le doute sur la taille numérique du résultat, si la réponse obtenue et/ou la procédure exécutée semble(nt) correcte(s).
- G_{i2}** Déclarer aux élèves qu'il y a erreur quelque part et laisser ceux-ci débattre entre eux sur cette question.
- G_{i3}** Remise en contexte de l'opération, c.-à-d. ajout d'un contexte de « problème » à la tâche algorithmique (N.B. les guillemets indiquent qu'il ne s'agit pas d'une véritable situation de problème, mais plutôt de la greffe d'aspects réalistes sous forme de problème, ce qui est très différent d'un point de vue didactique).
- G_{i4}** Demander de comparer les résultats entre eux (un juste et un faux) pour faire prendre conscience de l'erreur (procédure, taille des nombres). Variante : demander de comparer le résultat de l'algorithme avec celui de l'estimation faite avant pour centrer sur la différence des tailles (intervention sur le numérique – N.B. dans ce cas, l'élève aura eu recours de lui-même à l'estimation).
- G_{i5}** Demander explicitement d'estimer avant le calcul et établir le lien estimation-calcul ensuite.
- G_{i6}** Demander explicitement la preuve après le calcul et établir le lien preuve-calcul ensuite.
- G_{i7}** Introduire une décomposition du calcul algorithmique en plusieurs sous calculs (ex. : $6399 \div 3$, faire en chaîne $6000 \div 3$, $300 \div 3$, $90 \div 3$, $9 \div 3$) et débattre de la validité de cette procédure avec les élèves.
- G_{i8}** Faire utiliser les tables pour redonner à l'élève la possibilité de se centrer sur la taille numérique plutôt que sur les étapes de l'algorithme (ex. : pour $15\ 450 : 15$ faire travailler en parallèle 15×10 , 15×100 , 15×1000 , ...).
- G_{i9}** Demander de lire à haute voix la tâche (algorithme) et le résultat dans le but de susciter une prise de conscience de l'élève sur la taille numérique du résultat erroné.

L'approche adidactique (G_j)

- G_{j1}** *Inciter à estimer et laisser le lien à établir aux élèves (validation dévolue des aspects numériques).*
- G_{j2}** *Inciter à prouver et laisser le lien à établir aux élèves (validation dévolue des aspects numériques).*
- G_{j3}** *Introduire une tâche impossible (en relation avec les tâches précédentes ayant suscité des erreurs) pour débattre du sens.*
- G_{j4}** *Remise en question de la tâche en proposant une tâche analogue (susceptible d'engendrer la même erreur, mais sous des contraintes différentes).*
- G_{j5}** *Remise en question de la tâche en tentant de mettre l'élève en conflit avec sa procédure/réponse erronée(s) en lui soumettant une tâche différente qui produira un résultat identique (mais juste dans ce cas) à son résultat erroné.*
- G_{j6}** *Débattre avec les élèves d'une ou plusieurs procédures erronées introduite(s) volontairement par le formé et présentée(s) comme étant la (les) sienne(s). Variante : présenter simultanément plusieurs procédures mêlées dont certaines sont justes et d'autres erronées et débattre avec les élèves à partir de là.*
- G_{j7}** *Introduire une situation problème pour travailler le sens des opérations.*

ANNEXE III

**LES CLASSIFICATIONS ET TYPOLOGIES DES ERREURS DE
STAKER (1917), ASTOLFI (1997) ET BLOCH (2006)**

La classification des erreurs selon Staker (1917)¹

| | NIVEAU | | | | | TOTAL |
|--------------------------------|------------|------|-----|-----|-----|-------|
| | secondaire | | | | | |
| | | VIII | VII | VI | V | |
| Nombre total d'erreurs | 190 | 61 | 70 | 104 | 145 | 570 |
| Combinaisons | 15 | 19 | 14 | 29 | 13 | 90 |
| Emprunt | 9 | 2 | 1 | 3 | 5 | 20 |
| Soustraction | 43 | 4 | 7 | 18 | 19 | 91 |
| Persistance d'un nombre | 0 | 6 | 2 | 2 | 3 | 13 |
| Retenue | 25 | 7 | 5 | 14 | 13 | 64 |
| Inversion des chiffres | 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 6 |
| Multiplication | 18 | 3 | 3 | 12 | 10 | 46 |
| Surestimation | 13 | 17 | 16 | 14 | 38 | 98 |
| Sous-estimation | 9 | 9 | 13 | 42 | 27 | 100 |
| Mauvaise association | 14 | 13 | 9 | 27 | 12 | 79 |
| Aucune association (au hasard) | 1 | 3 | 5 | 2 | 1 | 12 |
| Non classé | 3 | 12 | 11 | 2 | 5 | 24 |
| Incomplet | 51 | 7 | 9 | 11 | 10 | 93 |

La typologie des erreurs des élèves d'Astolfi (1997)²

1. Des erreurs relevant de la compréhension des consignes
2. Des erreurs résultant d'habitudes scolaires
3. Des erreurs témoignant de conceptions ou représentations
4. Des erreurs liées aux opérations intellectuelles impliquées
5. Des erreurs portant sur les démarches adoptées
6. Des erreurs liées à une charge cognitive trop importante
7. Des erreurs ayant leur origine dans une autre discipline
8. Des erreurs causées par la complexité du contenu

¹ Tel que cité dans BÉLANGER, M. (1990-1991). « Les erreurs en arithmétique, un siècle de présomption américaine », dans *Petit x*, n° 26, CIRADE, Université du Québec à Montréal, Montréal, p. 49-71.

² ASTOLFI, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*, ESF, Paris, [en ligne], site Diversifier sa pédagogie, <http://francois.muller.free.fr/diversifier/ERREUR.htm>

La typologie des erreurs proposée par Bloch (2006)³

a) Erreurs A liées à l'élève

Limitation du sujet à un moment de son développement psychogénétique. Les didacticiens parlent d'obstacles ontogénétiques. Ils disparaissent avec le développement normal.

b) Erreurs B liées au savoir

Obstacle connu et repéré dans l'histoire des sciences. On parle d'un obstacle épistémologique.

c) Erreurs C liées au rapport entre l'élève et le savoir

Elles ont pour origine une conception de l'élève, un modèle plus ou moins implicite dans sa tête, et sont dues à un savoir ancien qui fait obstacle ; il s'agit donc d'une connaissance antérieure, mal appliquée ou appliquée en dehors de son domaine de validité. Les didacticiens parlent d'un obstacle culturel ou didactique inévitable dans la construction du savoir mathématique.

d) Erreurs D liées aux choix didactiques du professeur

Certains choix faits dans l'enseignement renforcent les obstacles culturels . On parle d'obstacle didactique. Il est parfois évitable par d'autres choix, parfois non : il est difficile d'introduire d'emblée des suites oscillant vers leur limite, les moyens techniques de leur étude n'étant pas à la portée des élèves.

e) Erreurs E liées à la relation didactique

Ce sont des erreurs provenant de ce que l'élève imagine des attentes du professeur. On parle d'erreurs liées au contrat didactique.

³ Afin de réduire la densité du texte, nous avons retiré les exemples fournis par l'auteur. Le lecteur désirant parfaire ses connaissances à propos de cette typologie spécifique peut se référer au texte original : Erreurs et obstacles, IUFM d'Aquitaine - Formation PLC (Professeurs Lycées et Collèges), mathématiques, Isabelle Bloch – Maître de Conférences – IUFM d'Aquitaine (D'après un texte de formation de Annie Berté et Jean Lafourcade), 10 pages, août 2006.

ANNEXE IV
LES FORMES DÉGÉNÉRÉES DU TRAVAIL DE L'ERREUR

Les formes dégénérées du travail de l'erreur

Dans son livre Didactique des mathématiques et formation des enseignants (1995, p. 200-202), Jean Portugais présente les formes dégénérées du travail de l'erreur observées dans le cadre de son dispositif de recherche. Nous présentons ci-dessous l'extrait décrivant chacune de ces stratégies considérées, par le didacticien, comme des défaillances du contrôle.

- Fj 3*** *Consistait à faire manipuler des objets dans le but de travailler les regroupements et échanges, mais à contresens. [...] Nous avons appelé cette stratégie « Fj 3 dégénérée » parce que le formé faisait faire des retraits de petits bâtons identiques dans des pots de telle sorte que des emprunts soient nécessaires au pot voisin (par analogie avec les colonnes dans l'algorithme de soustraction). Mais ceci était contraire au sens de l'emprunt dans l'algorithme, car le passage d'une colonne à l'autre correspond toujours à un saut quantitatif important (une centaine passant dans la colonne des dizaines vaut alors 10 dizaines) alors que dans la manipulation effectuée, les objets identiques empêchaient de prendre en compte le changement fondamental de statut qui intervient lorsqu'un bâton est prêté à l'autre pot.*
- Gi 4*** *Consistait à demander de comparer, pour prendre conscience de l'erreur, des résultats entre eux mais dont les deux étaient faux. Le débat devient en effet impossible à gérer dans la mesure où le faux ne peut pas être comparé au faux pour en déduire le vrai. Il s'agit d'une erreur de logique de la part du formé.*
- Gi 5*** *Consistait à demander explicitement d'estimer puis de faire ensuite le calcul pour valider ou invalider le résultat de l'estimation obtenue. Il s'agit là d'une inversion de fonction tout à fait sérieuse puisque l'estimation ne permet plus d'exercer un contrôle numérique sur le travail arithmétique, car il devient un objet en soi ; comme si c'était un jeu de devinette qui nécessitait un contrôle de validité (« qui est le plus près de la réponse ? », le vainqueur était identifié avec le calcul algorithmique).*

- Gi 5**** *Consistait à demander explicitement d'estimer mais d'une manière que l'on pourrait qualifier de sur-didactique. En effet, le formé insiste alors tellement sur les étapes et la démarche d'estimation qu'il reprend tout à sa charge et ne dévolue plus à l'élève aucune part de la responsabilité du contrôle. Les formes de cette dégénérescence sont par exemple : guider à tous les instants, imposer la procédure d'estimation, faire soi-même (le formé) toutes les mises en relation, etc. On l'appellera « estimation sur-didactifiée » parce que le contrôle n'est plus exercé avec l'élève, mais à sa place.*
- Gi 5***** *Consistait à demander explicitement d'estimer puis, par dérive rapide, en arriver à centrer la discussion avec les élèves sur « les chiffres qui sont les plus faciles à calculer [...] ». La bifurcation au niveau du sens est alors importante puisque le travail ne porte plus sur le numérique mais uniquement sur le numéral (« quand il y a des zéros à la fin c'est plus commode »); ce qui ramène l'estimation à un rôle technique et scolaire et non plus centré sur le contrôle du sens.*
- Gi 6*** *Consistait à demander explicitement de faire la preuve mais comme Gi 5 **, d'une manière sur-didactique. En effet, le formé insiste alors tellement sur les étapes et la démarche de preuve qu'il reprend tout à sa charge et ne dévolue plus à l'élève aucune part de la responsabilité du contrôle. Les formes de cette dégénérescence sont par exemple : guider à tous les instants, imposer la procédure de preuve avec l'opération inverse, faire soi-même (formé) toutes les mises en relation, etc. On l'appellera « preuve sur-didactifiée » parce que le contrôle n'est plus exercé avec l'élève mais à sa place.*

ANNEXE V

LES TROIS TYPOLOGIES DE MILHAUD (1980)

La Typologie des erreurs selon Milhaud (1980)⁴

1. erreur de confusion
2. erreur de logique
3. erreur d'explication
4. erreur de consigne
5. erreur d'application
6. erreur de stéréotype
7. erreur de vision
8. erreur grossière
9. erreur du n'importe quoi
10. erreur d'étourderie
11. erreur de compréhension
12. erreur de connaissance inachevée

La typologie des diagnostics selon Milhaud (1980)

1. connaissance
2. compréhension
3. consigne
4. manque de logique
5. codage
6. inaptitude
7. explication
8. confusion
9. étourderie

La typologie des décisions didactiques selon Milhaud (1980)

1. Approcher la notion de manière différente
2. Refaire des manipulations
3. Se mettre en colère
4. Bachotage
5. Laisser le temps
6. Revoir
7. Mise en commun des résultats – comparaison
8. Refaire à partir de situations proches de la réalité de l'élève
9. Remettre en cause sa pédagogie

⁴ Ces trois typologies sont tirées de MILHAUD, N. (1980). *Le comportement des maîtres face aux erreurs des élèves*, Mémoire de D.E.A., Études en didactique des mathématiques, Université de Bordeaux 1, 49 p.

ANNEXE VI
LA GRILLE D'OBSERVATION

GRILLE D'OBSERVATION

| | |
|---------------------|--|
| Enseignant : | |
| Date : | |
| Lieu : | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|--|--|
| Activité prévue : | | | |
| Durée prévue : | | | |
| Nombre d'élèves présents : | élèves | | |

| Temps vidéo | Heure réelle | R | I | Descriptions / Commentaires | Questions |
|-------------|--------------|---|---|-----------------------------|-----------|
| | | | | | |

| Temps vidéo | Heure réelle | R | I | Descriptions / Commentaires | Questions |
|--------------------|---------------------|----------|----------|------------------------------------|------------------|
| | | | | | |

| | |
|----------------------------|--|
| Activité réalisée : | |
| Durée réelle : | |

ANNEXE VII
LES QUESTIONS POSÉES EN ENTREVUE A POSTERIORI

Les questions posées en entrevue a posteriori

Nous listons ici les questions et sous questions posées à nos trois sujets lors des entrevues a posteriori.

Gina

- Tu as commencé par une division de 29 divisé par 4, accompagnée de manipulations de petits cubes. Comment savais-tu que c'était par ce problème là que tu voulais commencer?
- Qu'est-ce que tu veux dire par c'est le contraire ?
- C'est dans le 2^e atelier celui-là ?
- Je voulais te demander, comment tu es intervenue, qu'est-ce que tu leur as dit ?
- Quand l'élève a dit « je sais pas comment faire la preuve », puis tu as dit « qui peut lui dire comment faire la preuve? ». Tu as envoyé un élève au tableau ou une autre façon, tu as dit « peux-tu aller regarder voir si tu peux l'aider, peux-tu le faire ? » Tu sembles chercher à amener les élèves à faire des interventions. Peux-tu me décrire ça un peu plus ?
- Comment tu identifies quel élève va faire quoi et à quel moment ?
- Refais-le à côté d'elle?
- Est-ce que tu leur as montré comment aider les autres ou c'est naturel ?
- Est-ce que l'on peut continuer avec cet élève ou s'était-il trompé ?
- Comment tu t'es prise avec Anne-Caroline?
- J'ai vu que tu intervenais en reprenant les éléments de difficultés et puis tu y allais « premièrement, deuxièmement » étape, par étape...
- Les étapes, moi je voulais savoir un peu plus sur les étapes, pourrais-tu faire me dire qu'elle étape est la première, quelle étape est la deuxième, va-y...
- Mais t'oublies d'aller inscrire le chiffre au quotient?
- La preuve, j'ai vu qu'il y a des élèves qui la faisaient comme ça, sans la leur demander. Puis il y en a d'autres élèves que tu devais leur dire « fais ta preuve ». Décris...
- Tu avais préparé 6 tâches. Nous avons eu le temps seulement pour quelques-uns. Peux-tu me les décrire? M'en parler?

- Est-ce que tu as des commentaires à ajouter aujourd'hui, sur la période d'aujourd'hui?
- Qu'est-ce qui est mieux ?
- Tu dis « les faire comprendre ». Qu'est-ce que tu cherches exactement, qu'est-ce que tu cherches à leur faire comprendre ?
- Il y a l'élève qui a rencontré une difficulté en ce qui concerne le reste, ayant un reste qui était trop grand par rapport à son diviseur. Peux-tu me décrire comment ça s'est passé, puis comment t'as réagi à cette erreur-là ? Est-ce que tu t'en rappelles ?
- Peux-tu me donner un exemple d'erreur que t'as pu rencontrer, pour un de tes élèves, puis comment tu as réagi ?
- D'autres exemples?
- Pour la division de 29 par 4 en manipulant, ils disaient 4 reste 1, 28 reste 1 au lieu de 7 reste 1 ?
- C'est comment tu réagis par rapport à ça ?

Anna

- Quand les enfants ont commencé à travailler, je crois que certaines, certains élèves, certaines équipes ont eu des problèmes au niveau de la compréhension du problème... Quelle opération choisir, tout ça... Comment est-ce que tu es intervenue, parce que moi j'étais loin...
- Si on parle du dessin, comment es-tu intervenue concernant le dessin...
- Qu'est-ce tu lui as dit quand elle disait, je l'ai dans ma tête, mais...
- J'ai eu de la misère à les entendre parce qu'à un moment donné, leur volume a augmenté...
- Dans le fond, ce que tu essaies de dire, si je comprends bien, c'est que c'était d'identifier que signifie chaque nombre.
- On en a parlé aussi, un petit peu plus tôt... Je t'ai rarement vue ou entendue dire oui c'est ça vous l'avez ou je t'ai jamais entendue dire non. [...] J'ai toujours entendu la demande pourquoi.

- Moi ce que je veux savoir, c'est... Qu'est-ce que tu cherches à savoir quand tu leur demandes pourquoi.
- Peux-tu me donner un autre exemple [...] d'une autre difficulté que les enfants ont rencontrée durant la période ?
- Est-ce que tu es intervenue pour les gens qui faisaient la multiplication ?
- Si je comprends bien, tu intervies en mettant des mots sur ce qu'ils font ?
- Quand ils faisaient leur division, est-ce que tu as vu s'il y en a qui avaient fait des erreurs de calcul ?
- Quand tu circulais, qu'est-ce que tu regardais ?
- Est-ce que tu as des commentaires à ajouter ?
- J'aimerais que tu me donnes un exemple de problème que tu as rencontré en tant que prof.
- Comment tu as fait pour t'en sortir ?
- Comment t'as fait pour les amener à dire ce que tu voulais ?
- Est-ce que tu crois qu'elle l'a vu vers la fin ?
- Je t'ai vue, justement on en parlait, que tu as travaillé beaucoup en demandant aux élèves de décomposer les nombres, de trouver la valeur de position. Qu'est-ce que tu cherchais à faire comprendre aux élèves avec ça ?
- Qu'est-ce qui te fait dire ça... « qu'ils n'ont pas tous compris ? »
- C'est parce qu'ils n'ont pas fait le lien entre les deux ?
- Tu dis que l'algorithme a « l'air d'être su »?
- En quoi la séance d'aujourd'hui ressemble ou ne ressemble pas à ce que tu fais habituellement?
- J'aimerais qu'on prenne le cas d'un élève, un cas que tu as aidé aujourd'hui, celui de ton choix. Pourquoi l'élève t'a appelée ? Pourquoi il t'a demandé de l'aide ?
- Comment es-tu intervenue avec lui ?
- Ensuite, après lui avoir trouvé une page plus simple, un numéro plus simple, comment es-tu intervenue après avec lui ?
- C'est quoi le type d'erreur qu'il faisait ?
- Est-ce que tu avais déjà remarqué ça, chez cet élève-là ?

- Comment as-tu reconnu que ton intervention était terminée avec lui ? Que c'était le temps de passer à autre chose?
- J'aimerais qu'on discute de la question qu'un élève t'a posée. Il faisait la division 442 divisé par 16, puis il t'a demandé « Si je me pose la question est-ce que 16 entre dans 4 ? Pourquoi je me pose pas la question est-ce que 1 entre dans 4 ? » ...
- Comment as-tu réagi ? Comment es-tu intervenue ?
- Quelle a été la réaction de l'élève après ton explication ?
- Comment t'as su « qu'il ne comprenait pas »?
- J'aimerais ensuite qu'on parle de la dernière intervention que tu as faite, auprès de l'élève qui t'a demandé « est-ce que c'est normal que mon reste soit 26 »?
- Comment t'es intervenue?
- J'aimerais que tu me donnes tes commentaires sur les tâches que tu as données aux élèves.
- Qu'est-ce qui, dans cette page, a posé des difficultés aux élèves ?
- Est-ce que t'as d'autres choses à ajouter sur ça ?
- Est-ce que tu aimerais discuter d'un autre problème qu'un enfant a eu aujourd'hui?
- Est-ce que tu as des commentaires à ajouter?

Simon

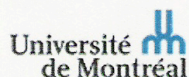
- As-tu eu le temps de faire tout ce que tu avais prévu ?
- Comment, penses-tu que tu savais que c'était terminé ?
- Tu as commencé avec les opérations de division, avec un chiffre au diviseur. Comment savais-tu par quoi commencer ?
- Tu parlais des tables...
- Peux-tu me donner un exemple de difficulté qu'a rencontrée un élève et comment tu as réagi ?
- Comment tu le fais se questionner ?
- Comment tu fais intervenir l'élève ?
- J'ai vu qu'une élève avait une feuille avec les tables qui étaient inscrites.

- Est-ce que tous les élèves ont accès à un répertoire comme ça ?
- Quand tu demandes aux élèves « est-ce qu'il y a quelqu'un qui a une objection? Y a-t-il une erreur ? Êtes-vous d'accord ? » Qu'est-ce que tu cherches à savoir auprès des élèves ?
- Est-ce que tu peux me dire les autres interventions, autres, que tu as dû faire durant la séquence ?
- Y a-t-il d'autres interventions que tu as faites?
- Entre la preuve et le reste ?
- J'ai vu, mais j'ai surtout entendu que tu as dit « la preuve est toujours demandée » ou quelque chose comme ça. Tu la demandes...
- Premièrement, lorsqu'il y avait les tableaux au tableau, j'ai vu... c'est là que je me suis aperçue que les enfants se bâtissaient un répertoire. Est-ce que c'est une exigence ou un choix de l'élève ?
- Ensuite, on a procédé à un travail en équipe, avec preuve? Peux-tu me décrire la tâche?
- Quand tu circulais entre les équipes, qu'est-ce que tu regardais ?
- Tu dis « relancer les élèves ». Comment tu relances ?
- Est-ce que tu leur dis : tu as une erreur là ?
- Non? Tu fais comment?
- Peux-tu me le décrire?
- Je vais revenir à la grande blonde dont tu parlais tout à l'heure là... Je sais qu'à un moment elle a bloqué là-dessus : « Je comprends rien ! ». Comment es-tu intervenu?
- Il y a aussi, j'ai vu que Gaëlle avait eu des difficultés en faisant son algorithme. Quelles sont les principales difficultés, premièrement, qu'elle avait?
- Donc, comment tu es intervenu, avec elle ?
- Qu'est-ce que tu te rappelles ?
- J'ai remarqué aussi que tu encourageais les interactions par les pairs, que tu encourageais l'entraide pour l'exécution. Comment tu fais ça?
- Qu'est-ce que tu cherches à obtenir avec ça ?

- Comment tu amènes les élèves à interagir comme ça ?
- On a parlé de certaines difficultés qui sont rencontrées par les élèves. Est-ce que tu peux m'en nommer d'autres ? On a parlé d'abaisser des nombres, des erreurs de calcul. Est-ce qu'il y en a eu d'autres ?
- Tu as commencé ta séance avec un exemple qui provenait du manuel, tu as employé une procédure... Alors, peux-tu me décrire comment tu as procédé avec les élèves pour exécuter la tâche?
- Comment savais-tu, parce qu'il y en avait d'autres problèmes dans le manuel, que c'était avec cette tâche-là que tu voulais commencer ?
- Puis tu as dit justement que c'était une tâche typique... Qu'est-ce qui te poussait à croire que c'était typique ?
- Tu l'as trouvé ça où?
- Quand tu as demandé « pourquoi la réponse est 40 » aux élèves au terme de cette tâche-là, qu'est-ce que tu cherchais à savoir ? Qu'est-ce que tu cherchais à obtenir comme réponse ?
- Parfois, tu leur as donné le droit à la calculatrice. J'aimerais que l'on revienne sur qu'est-ce qui t'a motivé à leur permettre cet outil.
- Qu'est-ce que tu regardais ?
- As-tu repéré des erreurs ?
- Donc comment tu es intervenu ?
- Quand tu circulais entre les équipes, qu'est-ce que tu regardais ?
- Tu encourageais les interventions entre les élèves? Comment?
- Puis aussi j'ai remarqué que les enfants te posaient des questions aussi. Est-ce que tu te rappelles les types de questions ou les exemples de questions qui t'étaient posées?
- Comment ?
- Tu parles de procédure à suivre. Qu'est-ce que tu veux dire?
- Est-ce que tu fais un lien avec la procédure à suivre ?
- Comment tu fais ?
- As-tu d'autres choses à ajouter?

ANNEXE VIII

LE FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR LA DIRECTION



Montréal, le 28 février 2003

Objet : Projet de recherche sur l'enseignement des mathématiques

Monsieur, Madame,

Nous demandons une autorisation de votre part afin que _____ et son groupe participent à un court projet portant sur les interactions entre les élèves et leur enseignant lors d'activités mathématiques.

Le déroulement habituel de la classe ne sera aucunement perturbé, puisque nous venons simplement observer les discussions entre les élèves et leur enseignant. Puisque nous désirons enregistrer sur bande vidéo ces échanges, nous devons également solliciter l'autorisation des parents. Ces données seront ensuite analysées pour nous aider à mieux comprendre les échanges entre les enseignants et les élèves du primaire, lors d'activités mathématiques. Les retombées de cette recherche visent l'amélioration de la formation universitaire des futurs enseignants.

Ces séances auront lieu entre le 17 mars et le 2 mai 2003. Il va de soi que les normes déontologiques usuelles seront respectées (confidentialité, utilisation à des fins de recherche et non d'évaluation, aucune diffusion de ce document ne sera autorisée en dehors du champ d'utilisation prévu, etc.).

Si vous souhaitez obtenir de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec nous, via courriel ou téléphone, à l'adresse ci-dessous. Il est également possible de se fixer un rendez-vous afin de discuter du projet.

Les efforts de recherche en éducation sont essentiels à l'amélioration de la qualité de la formation universitaire et, par conséquent, à l'amélioration de l'enseignement offert aux enfants. Votre collaboration est précieuse et nous anticipons la possibilité de travailler au sein de votre école.

Recevez, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.

ANNEXE IX

LE FORMULAIRE DE CONSENTEMENT POUR LES PARENTS

Montréal, le 7 mars 2003



Objet : Projet de recherche sur l'enseignement des mathématiques

Chers parents,

Nous demandons une autorisation de votre part afin que votre enfant participe à un court projet portant sur les interactions entre les élèves et leur enseignant lors d'activités mathématiques.

Le groupe entier fut sélectionné pour participer à ce projet. Le déroulement habituel de la classe ne sera aucunement perturbé, puisque nous venons simplement observer les discussions entre les élèves et leur enseignant. Nous sollicitons votre autorisation afin d'enregistrer sur bande vidéo ces interactions. Ces données seront ensuite analysées pour nous aider à mieux comprendre les échanges entre les enseignants et les élèves du primaire, lors d'activités mathématiques. Les retombées de cette recherche visent l'amélioration de la formation universitaire des futurs enseignants.

Ces séances auront lieu entre le 17 mars et le 2 mai 2003. Il va de soi que les normes déontologiques usuelles seront respectées (confidentialité, utilisation à des fins de recherche et non d'évaluation, aucune diffusion de ce document ne sera autorisée en dehors du champ d'utilisation prévu, etc.).

Si vous avez une objection concernant la participation de votre enfant, veuillez nous en aviser en nous faisant parvenir le coupon ci-dessous (via votre enfant), avant lundi, le 17 mars 2003. Nous verrons à ce que votre volonté soit respectée. Si vous souhaitez obtenir de plus amples renseignements, n'hésitez pas à nous rejoindre !

En espérant, de votre part, un consentement à ce sujet, nous vous remercions de votre compréhension et de votre précieuse collaboration.

Je refuse que mon enfant participe au projet de mathématique.

Nom de l'enfant : _____

Signature du parent : _____

ANNEXE X
LES RÉSULTATS DU TEST DE FIABILITÉ

Les résultats du test de fiabilité

Pour nous assurer de la fiabilité des observations, nous avons procédé à l'analyse de trois extraits de protocoles, choisis au hasard. Ils ont été codés et analysés par l'observateur principal et un spécialiste, puis comparés.

○ Protocole A : notation concordante à 80 %

Les notateurs s'accordent, considérant l'intervention comme la mise en oeuvre de stratégies successives : deux stratégies dégénérées⁵ appartenant à l'approche didactique se succèdent ($G_{i\ 9}^*$ *Demander de lire à voix haute la tâche et le résultat* et $G_{i\ 6}^*$ *Demander explicitement la preuve*) avant le déploiement de la stratégie $F_{j\ 7}$ *Faire refaire le calcul erroné*. Les notateurs sont également en accord, considérant que l'ensemble de cette intervention est gouverné par l'approche par remédiations (F_i). Les notateurs, par contre, ne s'accordent pas concernant la notation de certains actes de langage, considérés comme la mise en place d'une stratégie d'institutionnalisation primitive (F_i) par le notateur principal et comme faisant partie de la stratégie dégénérée $G_{i\ 6}^*$ par le notateur expert.

○ Protocole B : notation concordante à 78,6 %

Les notateurs s'accordent sur le fait qu'il y a mise en place de la stratégie $G_{i\ 3}$ *Remise en contexte de l'opération en ajoutant un contexte de situation problème* et dégénération de celle-ci en $G_{i\ 3}^*$. Le désaccord réside à l'endroit où la dégénération débute, de même qu'au terme de l'extrait où le notateur principal démarque la présence d'une stratégie orientée sur le contrôle du sens (G_i).

○ Protocole C : notation à 100%

Les notateurs sont en accord avec le fait qu'il s'agit de la mise en oeuvre d'une seule stratégie appartenant à l'approche de l'institutionnalisation primitive, soit la $F_{i\ 1}$ *Désigner explicitement le lieu de l'erreur et montrer la procédure correcte*.

⁵ Nous identifions ici qu'il s'agit de stratégies dégénérées et expliquons, lors du chapitre septième, ce en quoi elles consistent (cf. supra, p. 293).

ANNEXE XI
LES RÉSULTATS DU TEST DE STABILITÉ

Les résultats du test de stabilité

Pour nous assurer de la stabilité des observations, nous avons procédé à l'analyse de trois extraits de protocoles, choisis au hasard. Ils ont été codés et analysés par l'observateur principal. Cette démarche a été reprise au terme du codage et comparée avec l'analyse initiale.

○ Protocole A : notation concordante à 83,3 %

Dans son ensemble, la notation de cet extrait est stable. Il y a toutefois une interaction didactique au début de ce court extrait qui n'avait pas été codé lors de la première notation. Celle-ci a été marquée comme faisant partie de la stratégie dégénérée de la $G_{1\ 9}^*$, *Demander de lire à voix haute la tâche*, lors de la seconde notation. Ce changement dans notre notation explique cette discordance.

○ Protocole B : notation concordante à 85,7%

Dans son ensemble, la notation de cet extrait est relativement stable, à l'exception de quelques actes de langage qui ont d'abord été codés comme étant une stratégie $F_{1\ 1}$ *Désigner explicitement le lieu de l'erreur et montrer la procédure correcte* dans la première notification. Dans la seconde notation, ceci a été modifié en incluant ces interactions dans la forme dégénérée de la stratégie dégénérée $G_{1\ 3}^*$ *Remise en contexte de l'opération en ajoutant un contexte de situation problème*.

○ Protocole C : notation concordante à 100%

Dans le cas du protocole C où la stratégie unique mise en place est une $F_{1\ 1}$ *Désigner explicitement le lieu de l'erreur et montrer la procédure correcte*, nous ne remarquons aucune discordance entre la première et la seconde notation.

ANNEXE XII
LA COPIE DU CERTIFICAT D'ÉTHIQUE



COMITÉ PLURIFACULTAIRE D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE (CPÉR)

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

Le Comité plurifacultaire d'éthique de la recherche a examiné le projet de recherche intitulé :

« Le travail des erreurs arithmétiques par les nouveaux maîtres : Quelle est l'influence des savoirs didactiques étudiés en formation initiale sur la pratique enseignante? »

soumis par : *Marie-Pierre Normandeau, étudiante au doctorat, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation*

Le Comité a conclu que le projet respecte les normes de déontologie énoncées à la « Politique sur la recherche avec les êtres humains » de l'Université de Montréal.

Ce certificat est émis conditionnellement au fait que le questionnaire «Suivi des projets de recherche» nous soit transmis annuellement, dûment rempli et signé, à défaut de quoi, le présent certificat deviendra nul et sans effet.

ANNEXE XIII
LES TÂCHES ALGORITHMIQUES PROPOSÉES PAR
LES TROIS SUJETS

Les tâches algorithmiques proposées par les enseignants débutants de notre échantillon

Nous présentons ici les tâches algorithmiques proposées qui ont été travaillées par les nouveaux maîtres et leurs élèves lors des séances d'observation (que ceux-ci aient ou non entraîné des procédures erronées). Leur ordre d'apparition a été respecté.

| <u>Gina</u> | <u>Anna</u> | <u>Simon</u> |
|----------------------|-----------------|----------------|
| $29 \div 4$ | $945 \div 28$ | $450 \div 5$ |
| $52\ 734 \div 53^*$ | $1890 \div 28$ | $512 \div 2$ |
| $19\ 112 \div 18^*$ | $425 \div 25$ | $504 \div 9$ |
| $9187 \div 17^*$ | $352 \div 23^*$ | $672 \div 12$ |
| $34\ 185 \div 32^*$ | $83 \div 2^*$ | $900 \div 25$ |
| $99\ 999 \div 248^*$ | $834 \div 24^*$ | $2047 \div 23$ |
| | $442 \div 16^*$ | $4875 \div 65$ |
| | $344 \div 53$ | $66 \div 2$ |
| | | $15 \div 4$ |
| | | $699 \div 29$ |
| | | $3600 \div 90$ |

Le lecteur notera que les algorithmes $29 \div 4$, $9187 \div 17$, $34\ 185 \div 32$ et $352 \div 23$ ont été travaillés à plus d'une reprise par Gina ou Anna auprès d'élèves différents. De plus, mentionnons que nous avons identifié des erreurs commises par des élèves dans les algorithmes marqués qu'un astérisque (*).

ANNEXE XIV

EXTRAIT DE PROTOCOLE :

ERREUR 1.4A NON IDENTIFIÉE PAR ANNA

Extrait de protocole : Erreur 1.4a non identifiée par Anna

Dans l'extrait de protocole suivant (A3-obs, lignes 451-513), un élève (É) commet une erreur 1.4a dans l'exécution de l'algorithme $352 \div 23$ qui n'est pas repérée par l'enseignante (A). Nous rapportons ici les propos d'Anna qui est en train de reprendre, étape par étape, l'exécution de l'algorithme avec l'élève concerné. Elle effectue cette démarche en ajoutant d'abord un contexte de situation problème à l'algorithme, contexte qu'elle avait préalablement employé. Ensuite, elle travaille la valeur de position. Précisons toutefois que ces interventions ne sont pas effectuées dans le but de traiter l'erreur : elles permettent à Anna de discuter des aspects sémantiques et syntaxiques de la division. Le lecteur notera que nous ne cherchons pas ici à analyser ce travail d'intervention puisqu'il n'est pas effectué en fonction d'une erreur repérée. Nous voulons seulement montrer que l'erreur 1.4a n'est pas identifiée par l'enseignante.

| | | |
|---|--|---|
| | (...) | |
| A | <i>Ok. Là qu'est-ce que tu fais?</i> | |
| É | <i>4 fois 23, 92. 122 moins 92. Il me reste 30.</i> | Erreur 1.4a : le reste final est plus grand que le diviseur. |
| A | <i>Ok, ok, il reste 30. On a parlé d'argent, 30 c'est quoi?</i> | Elle mentionne le reste qui est 30 et elle reprend son contexte de situation problème. Elle ne remarque pas l'erreur. |
| É | <i>30 dizaines.</i> | |
| A | <i>Attention, on a parlé de dollars. On est 23 élèves dans la classe, il y a 352 dollars à distribuer. Tu as distribué tes dollars. Il t'en reste combien?</i> | L'enseignante reprend son contexte de situation problème. |
| É | <i>(Murmures, inaudibles)</i> | |
| A | <i>Je veux savoir, il t'en reste combien?</i> | |
| É | <i>30.</i> | Le reste est plus grand que le diviseur. |
| A | <i>Ok, il te reste... Le 30 ça vaut quoi?</i> | Anna poursuit son intervention, mais elle ne constate toujours pas l'erreur. |
| É | <i>Dollars...</i> | |

| | | |
|---|--|--|
| A | <i>Dollars... Alors, tu as trouvé 14. Moi là, le 1 c'est quoi? Je vais te poser la question : 1, c'est quoi? C'est une unité, une dizaine, une centaine?</i> | L'enseignante délaisse le contexte de situation problème pour travailler la valeur de position. |
| É | <i>Une dizaine</i> | |
| A | <i>Oui. Regarde bien, je vais te montrer quelque chose, comme j'expliquais d'ailleurs au début, ok? 1. Une dizaine, ça vaut combien d'unités?</i> | |
| É | <i>10.</i> | |
| A | <i>10, puis j'ai 4 unités. (...)Tu me dis 10. 10 fois 23 ça fit combien?</i> | |
| É | <i>230.</i> | |
| A | <i>230. 352 moins 230?</i> | |
| É | <i>122.</i> | |
| A | <i>Ah! Est-ce que tu comprends pourquoi on abaisse le 2?</i> | En intervenant à propos de la valeur de position, elle cherche à savoir si l'élève sait pourquoi il abaisse un nombre lors de l'exécution de son algorithme. |
| É | <i>Bien oui.</i> | |
| A | <i>Dans le fond là, c'est comme s'il y avait un 0. Ok? C'est parce que c'est trop long. Si je te dis « on va tout décomposer », tu vas me dire que 1 c'est une dizaine, ça vaut 10 unités, pis que 4 c'est 4 unités, pis que 10 plus 4 ça fait 14.</i> | |
| É | <i>(L'élève fait signe que oui et pointe l'autre algorithme)</i> | |
| A | <i>Ok, vas-y donc!</i> | Fin de l'échange entre l'enseignant et l'élève. Ce dernier change alors de tâche; il commence l'exécution d'un autre algorithme. L'erreur 1.4a n'est ni repérée, ni traitée. |

ANNEXE XV
EXTRAITS DE PROTOCOLES :
SITUATIONS N^o 2, 8, 17 ET 13

Note à propos des extraits de protocole

Lorsque nous avons procédé à l'analyse des *situations du travail de l'erreur*, nous avons pris en considération l'ensemble des données recueillies dans le cadre de notre dispositif de recherche. Nous avons mis en place différentes précautions méthodologiques, telles que la triangulation et les tests de fiabilité ou de stabilité, tout en accordant une attention particulière aux divers biais expérimentaux. Ces moyens permettant d'assurer une plus grande validité furent d'ailleurs présentés lors du chapitre quatrième (cf. supra, p. 178). Par conséquent, le lecteur devra garder à l'esprit que plusieurs aspects d'ordre méthodologique furent pris en considération lors de l'analyse des protocoles. Il reconnaîtra de même que la présentation des situations n° 2, 8, 17 et 13 a pour but unique de donner un aperçu du travail d'intervention sur l'erreur qu'effectue le maître novice en situation d'enseignement en classe ordinaire. Il notera également que les différentes stratégies d'intervention présentes dans ces extraits de protocole sont élucidées dans le septième chapitre de la présente thèse (cf. supra, p. 270).

Extrait de protocole : Situation n° 2

Dans l'extrait de protocole suivant (G1-obs, lignes 501-643), l'élève Thomas (To) présente à son enseignante Gina (G) une procédure déjà exécutée (le calcul est terminé). L'exécution de l'algorithme $52\ 734 \div 53$ comprend une erreur mixte composée d'un reste final plus grand que le diviseur (1.4a) et une erreur de multiplication (2.2). Gina intervient sur l'erreur 1.4a, mais ne repère pas à ce moment l'erreur 2.2. Rectifiant sa procédure, l'élève commet, en plus, une autre erreur en divisant deux fois un même dividende partiel, ce qui entraîne l'écriture successive de 2 chiffres au quotient (il s'agit d'une procédure erronée mixte 1.1d et 2.2). L'enseignante intervient sur l'erreur 1.1d et l'élève se corrige. Enfin, Gina repère l'erreur 2.2 et intervient, ce qui amène l'élève à en prendre conscience et à ajuster son calcul pour obtenir la bonne réponse.

| | | |
|-----------|---|--|
| | (...) | |
| G | <i>Alors 34, 2... oui.... Aie ! Regarde toi, dans 66 est-ce que ton 53 y rentre ?</i> | L'erreur 1.4a, le reste final est plus grand que le diviseur, est repérée et identifiée par l'enseignante. L'erreur 2.2 n'est pas repérée à ce moment. |
| To | <i>(Murmures inaudibles)</i> | |
| G | <i>Explique-moi là, je comprends pas pourquoi ton reste est plus grand que ton diviseur...</i> | F _{j 6} : Elle intervient auprès de l'élève en posant une question qui identifie une règle transgressée. |
| To | <i>Ha!</i> | Et l'élève prend conscience de son erreur 1.4a. |
| G | <i>Ha, oui!</i> | Gina laisse l'élève se corriger. |
| To | <i>(Thomas se corrige.)</i> | Pendant sa correction, il commet une autre erreur en divisant ce même diviseur partiel une seconde fois, d'où l'inscription de deux chiffres au quotient, soit une 1.1d. |
| G | <i>C'est ta réponse. Va faire ta preuve.</i> | G _{i 6} : Gina intervient en demandant de faire la preuve du calcul (multiplication). |
| To | <i>(Thomas effectue sa preuve.)</i> | Thomas termine sa preuve ($9921 \times 53 = 525\ 813$), mais il ne prend pas conscience de l'erreur. |
| G | <i>Est-ce que tu arrives à la même réponse? Lis-moi ce que t'as trouvé là?</i> | Gina essaie d'établir le lien preuve-calcul pour l'élève en lui posant des questions (G _{i 6})*. |
| To | <i>525 813</i> | |
| G | <i>Regarde ici?</i> | Elle pointe le diviseur. |
| To | <i>(Aucune réaction physique ou verbale)</i> | |
| G | <i>Là, t'as combien de chiffres ? T'en as ?</i> | |
| To | <i>(Murmures inaudibles)</i> | |
| G | <i>T'en as ?</i> | |
| To | <i>6</i> | |
| G | <i>Pis là?</i> | |
| To | <i>5</i> | |
| G | <i>6 ici et là t'en as 5.</i> | Elle pointe le produit issu de la preuve et ensuite le diviseur. |
| To | <i>(Aucune réaction physique ou verbale)</i> | |
| G | <i>Regarde bien, 9 fois 53, 477, ça c'est bon. 9 fois 53, 477 il te reste 26. T'abaisse ton 4. C'est ici. Parce que t'as fait 2 fois 53, pis quand t'as</i> | Changement de stratégie pour une F _{j 7} *: Gina refait la procédure avec l'élève en verbalisant les étapes : elle va jusqu'à effacer les nombres |

| | | |
|-----------|---|--|
| | <i>vu que c'était pas assez... (Elle efface le 21 de la réponse.) Toi ce que t'as fait c'est que t'as trouvé un autre. (Elle efface la soustraction de produit partiel.) T'as 264, c'est écrit tout croche. (elle réécrit 264 du calcul de l'élève)</i> | dans l'algorithme. L'augmentation du contrôle des actions est à la source de la dégénération de la stratégie. Pendant qu'elle refait la procédure, elle repère la 1.1d (un même dividende divisé deux fois qui entraîne l'écriture successive de deux chiffres au quotient) et efface la partie erronée du calcul. |
| To | <i>Thomas pointe ses calculs de produits partiels.</i> | |
| G | <i>Gina fait signe que oui, puis elle pointe sa procédure.</i> | |
| To | <i>Thomas retourne aux calculs des produits partiels et l'exécution de son algorithme.</i> | L'élève a-t-il pris conscience de son erreur? Quoi qu'il en soit, il doit refaire la partie effacée de l'exécution de son algorithme. |
| G | <i>Pourquoi fois 3? Est-ce que c'est lui fois 3? C'est quoi qui est fois 3? C'est ta réponse?</i> | Pendant que l'élève exécute son calcul, Gina repère une erreur. Elle questionne l'élève (F_{iv}). |
| To | <i>(Murmures inaudibles)</i> | |
| G | <i>Qu'est-ce qui est fois 3?</i> | |
| To | <i>99</i> | |
| G | <i>Pourquoi 198 fois 3? (Elle pointe les calculs de produit partiel) T'as pris la réponse qui était là?</i> | Il s'agit d'une erreur de multiplication (2.2). L'élève choisit un multiplicateur (3) et l'inscrit à droite du quotient partiel (99). Toutefois, il multiplie le quotient partiel (3×99) au lieu du diviseur. |
| To | <i>(Murmures inaudibles)</i> | |
| G | <i>Pourquoi 99? C'est ça ici que tu dois multiplier. (Elle pointe le diviseur 53.)</i> | Elle indique le lieu de l'erreur et montre la procédure correcte (F_{i1}). |
| To | <i>(Thomas se corrige)</i> | |

Extrait de protocole : Situation n° 8

Dans l'extrait de protocole suivant (G3-obs, lignes 157-454), l'élève Cynthia (Cy) est envoyée au tableau par son enseignante Gina (G) car elle n'a pas réussi l'exécution de son algorithme $34\ 185 \div 32$. On ne sait où se situe son erreur initiale : il s'agit de l'erreur qui demeure non identifiée dans le cadre de cette recherche (cf. supra, p. 202). L'enseignante accompagne Cynthia dans sa nouvelle exécution du même algorithme; elle n'intervient pas sur un calcul terminé, mais

sur une procédure en cours d'exécution. Cinq erreurs sont commises successivement; les quatre premières sont des 2.2b, erreurs de table de multiplication, et une erreur 1.1d, même dividende partiel divisé deux fois ce qui entraîne l'écriture successive de deux chiffres au quotient. Gina intervient en déployant une ou plusieurs stratégies d'intervention après chacune d'entre elles⁶.

| | | |
|-----------|--|--|
| | (...) | |
| G | <i>Alors, ce que je vais faire, je vais envoyer quelqu'un pour qui ça va moins bien, pis on va regarder tout le monde ensemble... Cynthia? Toi, tu l'as pas eu, ok. Bien viens l'essayer, prends-toi un crayon, on va le faire au tableau, on va voir. Ok, alors 34 185, divisé par 32. Alors, tu as souligné 34, pourquoi 34?</i> | Cynthia est envoyée au tableau, car elle n'a pas réussi l'exécution de son algorithme. On ne sait où se situe son erreur initiale (elle est non identifiée). C'est une $(F_{j7})^*$, puisque l'enseignante accompagne l'élève en refaisant le calcul avec elle. |
| Cy | <i>Parce que 32 peut entrer dans 34.</i> | |
| G | <i>On fait le contraire maintenant tu te rappelles? On se dit 34, si j'ai 34 bonbons, pis que j'ai 32 sacs je suis capable d'aller au moins en porter 1 dans chacun des sacs ?</i> | Gina ajoute un contexte de situation problème à la tâche algorithmique, mais elle guide l'élève dans la démarche faisant elle-même le lien entre le contexte de situation problème et l'algorithme $(G_{i3})^*$. |
| Cy | <i>(Elle fait signe que oui.)</i> | |
| G | <i>Ok, alors combien de bonbons de tes 34 tu vas être capable d'aller porter. Alors, c'est là qu'on se dit : est-ce qu'on le fait une fois? Est-ce qu'on le fait 2 fois?</i> | |
| Cy | <i>Elle regarde son algorithme.</i> | |
| G | <i>Tu te souviens quand on l'avait fait avec les 29 bonbons qu'on avait séparés entre 4 personnes. Ok, ben là t'en as pas 4, t'en as 32 (...).Là, je veux savoir combien de fois tu le fais ton geste, d'aller en porter... Alors 34, tu penses que tu vas le faire combien de fois ce geste-là? Si t'en a 32 sacs ?</i> | L'enseignante rappelle à l'élève une tâche qu'elle avait effectuée avec du matériel quelques jours auparavant. Elle poursuit avec le contexte de situation problème, mais en reprenant étape par étape l'exécution de l'algorithme (verbalisation). |
| Cy | <i>Bien, juste une fois dans chaque.</i> | |

⁶ Le lecteur prendra note qu'un extrait de cette situation est repris et explicité en détail au point 1.4.1.1 du chapitre septième (cf. supra, p. 297).

| | | |
|-----------|--|--|
| G | <i>Juste une fois dans chaque. Ok, ben oui, parce que 34 pis 32 ce sont des nombres très, très, très proches, hein? Ok.</i> | |
| Cy | <i>(Murmure inaudible, arrêt du calcul)</i> | |
| G | <i>Ça ici, c'est combien j'en ai dans 1 sac, ok.</i> | |
| Cy | <i>(Aucune réaction)</i> | |
| G | <i>(Gina montre l'espace vide où on doit inscrire le quotient.) Tu m'as dit que t'étais capable d'aller en porter?</i> | |
| Cy | <i>Une fois</i> | |
| G | <i>Une fois</i> | |
| Cy | <i>(Cynthia effectue le calcul 1×32, puis $34 - 32 = 2$. Elle abaisse le 1)</i> | |
| G | <i>Ok, maintenant t'es rendue avec 21, pis t'as 32 sacs. Est-ce que t'es capable d'aller en porter pour que tous les sacs soient égaux?</i> | |
| Cy | <i>Non.</i> | |
| G | <i>Non, quand on peut pas, qu'est-ce qu'on fait?</i> | |
| Cy | <i>Tu mets un 0.</i> | |
| G | <i>Ok, après qu'est-ce qu'on fait?</i> | L'enseignante délaisse le contexte de situation problème et verbalise les étapes d'exécution de l'algorithme (F_{iv}). |
| Cy | <i>On fait moins 0.</i> | |
| G | <i>Ok, tu peux le marquer, ça rentre 0 fois, tu peux le marquer, comme ça, il rentre 0 fois. Alors, tu le fais. Alors, 0 moins 32, ça donne 0. Alors 21 moins 0, revient encore à 21. N'oublie pas ici c'est un moins, eh? Est-ce que tu vois?</i> | |
| Cy | <i>Oui.</i> | |
| G | <i>(...) Maintenant t'es rendue, t'as abaissé ton 8, t'en as 218, t'as 218 à aller porter dans tes 32 sacs. Tu vas être capable d'aller en placer 1 fois, 2 fois ?</i> | Elle reprend le contexte de situation problème tout en reprenant les étapes du calcul à exécuter (G_{i3})*. |
| Cy | <i>Eee... 7 fois.</i> | À l'étape intermédiaire de $218 \div 32$, Cynthia choisit un multiple trop élevé (7). Nous considérons qu'il s'agit d'une erreur de table 2.2b. |
| G | <i>7 fois, essaie-le pour voir.</i> | Gina intervient en lui disant |

| | | |
|-----------|--|--|
| | | d'essayer : elle voit l'erreur, mais n'intervient pas en tant que tel (G _i). |
| Cy | <i>C'est 6 fois.</i> | L'élève prend conscience de son erreur et choisit un autre multiple. |
| G | <i>6 fois c'est trop gros eh? Eee, non 7 fois c'est trop gros. Regarde elle est là. (Elle pointe la brosse pour effacer.) Ok, oui, pis on oublie pas d'aller effacer, vu que tu fais tes calculs, directement où il y a ta division, pis pas à côté...</i> | |
| Cy | <i>Elle fait son calcul partiel, 32 x 6.</i> | L'élève commet une erreur de table 2.2b, $32 \times 6 = 212$. |
| G | <i>Hum, hum, attention là, regarde 6 fois 2.</i> | Gina intervient en reprenant la partie de la procédure erronée, lui montrant ainsi le lieu de l'erreur. (F _{i1}) |
| Cy | <i>12</i> | |
| G | <i>12, mais il y a ta retenue.</i> | Elle lui indique qu'elle n'a pas additionné sa retenue, désignant l'erreur comme telle. |
| Cy | <i>(Elle efface une partie de son calcul partiel et recommence à calculer.)</i> | |
| G | <i>Ok, 6 fois 2 là t'es ici, 12 alors 2 mets ta retenue, c'est parce que tu le fais pas, viens le faire à côté, viens le faire à côté ici, tu faisais pas ça à côté ici ?</i> | |
| Cy | <i>Ben des fois je fais ça, pis des fois je fais ça.</i> | |
| G | <i>Des fois tu fais ça ?</i> | |
| Cy | <i>(Murmures inaudibles)</i> | |
| G | <i>Pis toi t'aimes mieux comment ?</i> | |
| Cy | <i>Je ne sais pas.</i> | |
| G | <i>Essaie donc de le faire ici. Regarde comme ça, parce que là tu fais ton calcul là, pis tu mets ta réponse ici, tu peux venir le faire à côté...</i> | |
| Cy | <i>(Elle effectue son calcul partiel à côté de l'algorithme.)</i> | |
| G | <i>Hum, hum... 3 fois 6? 6 fois 3? Alors, tu vois, tu l'as trouvé ta réponse, alors tu peux venir la compléter.... Ok, là tu as abaissé ton 5, là t'as 265.</i> | Gina poursuit en verbalisant les étapes de la procédure de l'élève (F _{iv}). |
| Cy | <i>Là y faut, là y peut rentrer 7 fois</i> | À l'étape intermédiaire de $218 \div 32$, |

| | | |
|-----------|---|---|
| | <i>dedans.</i> | Cynthia choisit un multiple trop petit (7). Nous considérons qu'il s'agit d'une erreur de table 2.2b. |
| G | <i>Oui? Essaie-le donc à côté.</i> | Gina intervient en lui disant d'essayer : elle voit l'erreur, mais n'intervient pas en tant que tel (G_i). |
| Cy | <i>(Cynthia calcule $32 \times 7 = 241$.)</i> | Cynthia calcule le produit partiel $32 \times 7 = 241$, ce qui est une autre erreur 2.2b. |
| G | <i>Ok, regarde bien, attention, attention. 2 fois 7, 14, ta retenue. (Elle inscrit 1 au-dessus du 3 de 32.)</i> | Gina intervient en indiquant qu'elle n'a pas additionné sa retenue et va jusqu'à l'inscrire dans le calcul de l'élève. Cette stratégie est orientée sur le contrôle des actes (F_{i1}). |
| Cy | <i>(Aucune réaction physique ou verbale)</i> | |
| G | <i>3 fois 7 en plus 3 fois 7, ça donne quoi? Ça donne quoi?</i> | Puis, elle indique le lieu de l'erreur en questionnant à propos des étapes du calcul (F_{iV}). |
| Cy | <i>21</i> | |
| G | <i>21, avec ta retenue?</i> | |
| Cy | <i>22</i> | |
| G | <i>Bon, oui. Pourquoi tu effaces celui-là?</i> | |
| Cy | <i>Je veux recommencer.</i> | |
| G | <i>Ok, recommence. Alors, t'as fait? 265, tu peux le geste d'aller en porter dans tes 32 sacs combien de fois ?</i> | Gina retourne à l'algorithme en reprenant les étapes et en ajoutant un contexte de situation problème une (G_{i3})*. |
| Cy | <i>Eee... 7 fois</i> | Toutefois, Cynthia choisit encore le 7 (même erreur 2.2b). |
| G | <i>7 fois, donc 7 fois 32?</i> | Elle verbalise les actions de l'élève par son questionnement (F_{iV}). |
| Cy | <i>Ça donne 224.</i> | |
| G | <i>224</i> | |
| Cy | <i>(Elle inscrit 224, puis ne fait rien. Elle regarde son enseignante et attend d'être guidée.)</i> | |
| G | <i>Vas-y continue Cynthia, le temps avance! Concentre-toi sur ce que t'as à faire ma cocotte! Ben oui, 5 moins 1, 5 moins 4, 1, vas-y 6 moins 2, bon...</i> | |
| Cy | <i>4</i> | |
| G | <i>Ma cocotte, oui, ici là, y es-tu plus gros?</i> | Le fait d'avoir choisi un multiple trop petit (erreur 2.2b précédente) |

| | | |
|-----------|--|---|
| | | entraîne un dividende partiel plus grand que le diviseur. Cynthia le divise une seconde fois, ce qui entraîne l'écriture successive de 2 chiffres au quotient, soit une 1.1d. |
| Cy | <i>Oui</i> | |
| G | <i>Qu'est-ce que ça veut dire ça? Si quand tu fais ta soustraction y est encore plus gros, qu'est-ce que ça veut dire? Est-ce que ça veut dire qu'ici là, t'aurais pu peut-être te tromper parce que t'aurais pu en mettre plus que 7 fois? (Gina met une flèche sous le 7). Regarde t'en as mis 7 fois, 224, là faut que t'en mettes près de 265...</i> | |
| É | <i>C'est un peu trop petit.</i> | Commentaire d'une autre élève. |
| G | <i>Ben oui. Viens on va le faire ensemble... 32 fois 8, 2 fois 8?</i> | L'enseignante montre la démarche et guide l'élève pour qu'elle effectue la procédure correcte (Fi 1). |
| Cy | <i>Ça donne 16.</i> | |
| G | <i>16</i> | |
| Cy | <i>3 fois 8, 24.</i> | |
| G | <i>24, 25. Regarde 256, c'est-tu encore plus proche ?</i> | |
| Cy | <i>(Elle calcule.)</i> | |
| G | <i>Pis là dans le calcul qu'est-ce qu'on fait ?</i> | |
| Cy | <i>Elle efface le 7 et le 1 du quotient.</i> | |
| G | <i>Ok, alors maintenant on est rendu à quoi là ?</i> | |
| Cy | <i>Cynthia fait le calcul partiel 8 fois 32 et termine son algorithme de division.</i> | |
| G | <i>Alors c'est quoi la réponse ?</i> | |
| Cy | <i>1068, reste 9.</i> | |

Extrait de protocole : Situation n° 17

Dans l'extrait de protocole suivant (A3-obs, lignes 1263-1427), l'enseignante Anna (A) guide Nathalie (Na) dans l'exécution de son calcul en intervenant après chacune des cinq erreurs de table de multiplication (2.2b) commises successivement. L'accompagnement est réalisé jusqu'à ce que l'élève

ait terminé l'algorithme $834 \div 24$ en obtenant une réponse juste. En tout, Anna mobilise cinq stratégies d'intervention distinctes dans cette même situation.

| | | |
|------------|--|---|
| | (...) | |
| A | <i>Ok? Alors, qu'est-ce que tu te poses comme question? Qu'est-ce que tu te dis?</i> | |
| Na | <i>Eee, 24 rentre combien de fois dans 100, 114? Y rentre... (Murmures) Y rentre 7 fois.</i> | Dans le dividende partiel de 114, Nathalie affirme qu'il rentre 7 fois. Nous considérons qu'il s'agit d'une erreur de table erreur 2.2b (choix du multiple trop élevé). |
| A | <i>Ok, essaie-le à côté, avant de faire ton calcul. Trouve-moi une façon plus claire de mettre ton calcul, pour que ça soit plus clair pour toi.</i> | Anna la laisse calculer (G_i). |
| Na | <i>(Nathalie aligne ses nombres et calcule à côté de son algorithme.)</i> | |
| A | <i>C'est en plein ça que je voulais...</i> | |
| Na | <i>7 fois 4 ça fait... (murmures) 18...</i> | Dans son calcul de produit partiel Nathalie commet une erreur 2.2b en mentionnant que $7 \times 4 = 18$. |
| A | <i>Hum, 7 fois 4?</i> | Anna intervient en répétant le calcul à voix haute ($G_i 9$)*. |
| Na | <i>24 ?</i> | L'élève donne un autre résultat erroné. |
| A | <i>Hum, 7 fois 4? ... Mat?</i> | Elle demande alors à un autre élève de donner la bonne réponse ($Fi 2$). |
| Mat | <i>28</i> | |
| Na | <i>(Nathalie fait des multiplications sur le haut de la feuille.)</i> | |
| A | <i>Le truc, quand vous voulez pas faire des erreurs de calcul, faut que vous les sachiez vos multiplications.</i> | |
| Na | <i>7 fois 2, 12 ?</i> | Dans son calcul de produit partiel Nathalie commet une autre erreur 2.2b en mentionnant que $7 \times 2 = 12$. |
| A | <i>Hum, 7 fois 2 ça fait pas 12.</i> | Anna affirme que le résultat est erroné ($Fi 1$). |
| Mat | <i>Ça fait 14.</i> | Un autre élève donne la bonne réponse sans qu'elle ne lui soit demandée. |
| A | <i>Ça fait 14.</i> | Anna confirme la réponse. |
| Na | <i>Plus 2 ça fait 16.</i> | |

| | | |
|------------|--|---|
| A | <i>Oui...</i> | |
| Na | <i>(Murmures inaudibles)</i> | |
| A | <i>Oups, qu'est-ce qui arrive?</i> | |
| Na | <i>C'est pas correct.</i> | |
| A | <i>Ok, qu'est-ce qui est pas correcte?</i> | Il s'agit de la première erreur 2.2b, le choix du multiple est erroné. |
| Na | <i>Eee...</i> | L'élève réalise qu'il y a erreur, mais ne sait pas exactement laquelle. |
| A | <i>Alors, tu m'as dit tantôt que c'était 7 fois. Alors, si ça arrive à 168, qu'est-ce que ça veut dire?</i> | Par son questionnement, l'enseignante fait verbaliser l'élève et la guide dans son calcul (F_{iV}). |
| Na | <i>Ça veut dire que ça peut pas rentrer?</i> | |
| A | <i>Ok. Alors, qu'est-ce que tu veux faire?</i> | |
| Na | <i>Eee... eee... 114 moins 114.</i> | Nathalie n'a aucune idée qu'elle doit changer de multiples. |
| A | <i>Non, qu'est-ce que tu vas faire? Y rentre pas 7 fois là, faut-tu, faut que tu me trouves combien de fois, faut que tu me dises combien tu vas en distribuer, là même.</i> | |
| Na | <i>5 fois.</i> | Il y a une erreur 2.2b. |
| Mat | <i>Essaie.</i> | Intervention d'un autre élève. |
| A | <i>Ok, essaie-le.</i> | L'enseignante laisse l'élève effectuer son calcul malgré le choix erroné du multiple (G_i). |
| Na | <i>(Elle effectue son calcul.)</i> | |
| A | <i>Ok, ça fonctionne-tu ?</i> | Arrivée au résultat, Anna lui pose des questions pour faire verbaliser les étapes de l'algorithme ($F_i V$). |
| Na | <i>Oui</i> | L'élève ne réalise pas qu'il y a erreur. |
| A | <i>Pourquoi ça rentre pas, Mat?</i> | Anna demande à un autre élève d'intervenir (F_{i2}). |
| Mat | <i>Non, 114, 120.</i> | |
| Na | <i>Non? Ben ça rentre 3 fois?</i> | Nathalie propose de recommencer avec le multiple 3. C'est une autre erreur 2.2b, le choix du multiple est encore erroné (trop bas). |
| A | <i>Là, tu m'as dit 5 fois?</i> | |
| Na | <i>Oui.</i> | |
| A | <i>Descends donc de 1 à la place, au lieu de descendre de 2 ou de 3 trop vite...</i> | Anna lui donne le bon multiple soit 4 et la guide dans sa procédure (F_{i1}). |

| | | |
|-----------|--|--|
| Na | <i>Ben là...</i> | |
| A | <i>J'aime mieux que tu me fasses plein de petits calculs autour, pis que ça soit des brouillons, mais que tu comprennes, ok? Vas-y.</i> | |
| Na | <i>4 fois 4, 16.</i> | |
| A | <i>Hum, hum.</i> | |
| Na | <i>4 fois 2, 8, plus 1, 9.</i> | |
| A | <i>Hum, hum.</i> | |
| Na | <i>Ça fait 96.</i> | |
| A | <i>Hum, hum.</i> | |
| Na | <i>Je fais... 114 moins 96.</i> | |
| A | <i>Est-ce que ça fonctionne?</i> | |
| Na | <i>Oui.</i> | |
| A | <i>Ok. Bon, va mettre ton chiffre. Oui. Oublie pas de, c'est pas tout. T'as mis ton 3, qu'est-ce que tu vas mettre à côté du 3?(Anna pointe le 3.)</i> | Toutes les actions sont guidées par l'enseignante (maintient de la stratégie). |
| Na | <i>Un 0, eee, eee, un 4. (Elle abaisse le 4 du 834.)</i> | |
| A | <i>Ok, continue toute seule.</i> | |

Extrait de protocole : Situation n° 13

Dans l'extrait de protocole suivant (A3-obs, lignes 97-292), Anna (A) accompagne Ryan (Ry) dans l'exécution de son algorithme $352 \div 23$. En fait, dès le début de la situation, Ryan effectue des demandes de guidage auprès de son enseignante, sans que celui-ci ait effectué son calcul. Il commet aussitôt une erreur de table 2.2b. Elle met en place des stratégies différentes avant de bifurquer dans son travail d'intervention sur l'erreur.

| | | |
|-----------|--|---|
| | <i>(...)</i> | |
| A | <i>Ok, 23 dans 3, t'en as pas assez. 23 rentre dans 35...</i> | |
| Ry | <i>Ben, ça rentre deux fois. C'est ça?</i> | Erreur de table de multiplication 2.2b; le choix du multiple est trop élevé. |
| A | <i>Je te répète la même question, t'as 23 élèves et 35 dollars à donner, ok? Est-ce que tu as assez de dollars à séparer pour chacun des élèves?</i> | Anna intervient en reprenant cette étape de l'algorithme et en ajoutant un contexte de situation problème (G_i 3)*. C'est l'augmentation du contrôle des actes qui est à la source |

| | | |
|-----------|---|---|
| | | de la dégénération de la stratégie. |
| Ry | <i>Hum...</i> | L'élève ne prend pas conscience de son erreur. |
| A | <i>Attention, 35 ici, je l'avais expliqué à une autre équipe. Ok, c'est quoi la valeur de 35?</i> | Anna change de stratégie pour une (F_{j2}). |
| Ry | <i>Ben, des dizaines je pense.</i> | |
| A | <i>Si on cache le 2, c'est quoi la valeur de 35? 35 quoi?</i> | |
| Ry | <i>35 dollars</i> | La réponse ici est erronée, puisque l'enseignante questionne au sujet de la valeur de position. |
| A | <i>Mais la valeur. Est-ce que c'est 35 unités, 35 centaines...</i> | Début de la bifurcation : début du questionnement intensif pour faire dire à Ryan que 35 (dans 352) constitue des dizaines et, par la suite, que cela vaut 350 unités. |
| Ry | <i>35...</i> | |
| A | <i>Est-ce que c'est des unités, des dizaines, des centaines?</i> | |
| Ry | <i>35 dizaines</i> | |
| A | <i>Ok. T'es sûr de ça?</i> | |
| Ry | <i>Oui.</i> | |
| A | <i>Ok, 35 dizaines, ça fait combien d'unités?</i> | |
| Ry | <i>35?</i> | |
| A | <i>35 diiizaines, ça fait combien d'unités?</i> | |
| Ry | <i>Ah! 3... 35?</i> | |
| A | <i>Attention... On va faire un dessin. C'est pas grave. On prend des nombres plus petits, ok? J'ai 2 dizaines. Ça vaut combien d'unités? (Anna dessine sur le haut de la page du cahier de Ryan).</i> | Anna se lance à présent dans une série d'intervention pour amener Ryan à dire 350. Elle commence en faisant un dessin d'un exemple comprenant des valeurs plus petites ($F_{j2} + F_{j3} + F_{j4}$)*. |
| Ry | <i>20</i> | |
| A | <i>T'en avais 2?</i> | |
| Ry | <i>Oui.</i> | |
| A | <i>T'as 35 dizaines, ça vaut combien d'unités?</i> | Après cet exemple, elle retourne à 35 dizaines. |
| Ry | <i>200?</i> | Aucun succès. |
| A | <i>Attention. T'as 2 dizaines, ça fait 20 unités.</i> | Elle reprend son exemple. |
| Ry | <i>Oui, là tu fais 35 moins 20, c'est ça?</i> | Signes de confusion chez l'élève qui veut seulement savoir quoi faire pour exécuter son algorithme. |

| | | |
|-----------|--|--|
| A | <i>Non. Je fais juste te poser une question. 35 ça vaut combien... juste te montrer.</i> | L'enseignante doit se justifier auprès de lui. La bifurcation a éloigné l'enseignante du fil de pensée d'origine qui est maintenu par l'élève. |
| Ry | <i>Ah ! 3!</i> | Réponse confuse. |
| A | <i>T'as 2 dizaines, ça fait 20 unités.</i> | Anna délaisse le schéma et change de stratégie. Elle augmente graduellement le nombre qu'elle donne en exemple (en partant de 2 dizaines et ira jusqu'à 35). Rappelons que ceci est pour faire dire à l'élève 350 unités ($F_{i2} + F_4$)* |
| Ry | <i>3 dizaines...</i> | Autre réponse confuse. |
| A | <i>T'as 2 dizaines, 20 unités. Eee... pas le 35. T'as 2 dizaines ça vaut combien d'unités?</i> | |
| Ry | <i>20.</i> | |
| A | <i>T'as 10 dizaines?</i> | |
| Ry | <i>100.</i> | |
| A | <i>T'as 20 dizaines?</i> | |
| Ry | <i>200</i> | |
| A | <i>T'as 30 dizaines?</i> | |
| Ry | <i>300.</i> | |
| A | <i>T'as 35 dizaines?</i> | |
| Ry | <i>350.</i> | L'élève prononce la réponse attendue. |
| A | <i>350 unités. Nous qu'est-ce qu'on regarde ici, c'est une pose. Est-ce que 23 entre dans 35 ? (Anna inscrit 350 au haut de la page.)</i> | Fin de la bifurcation. Une fois que l'élève a trouvé la réponse « 350 unités » Anna retourne à la question initiale qui a causé l'erreur 2.2b (23 rentre combien de fois dans 35). |
| Ry | <i>2 fois.</i> | La réponse de l'élève est toujours erronée. |
| A | <i>Ok, ben regarde, il y a 23 élèves, on est 23 dans la classe là, tu me dis que 35 ça vaut 350. C'est comme si tu avais 350 dollars, c'est comme si tu avais un sac avec des dollars, si je me promène. Ok, tu viens avec eee... Toi et moi, on se promène avec le sac, tu distribues à chaque bureau... On regarde ici, 35. On distribue à chaque bureau 1 dollar. Tu viens de me ici 35 et tu me dis 2 fois. Est-ce que c'est vrai que tout le monde va</i> | Anna ajoute un contexte de situation problème (des dollars à diviser entre des élèves) et l'ajoute à une étape particulière de l'exécution de l'algorithme (G_{i3})*. |

| | | |
|-----------|--|--|
| | <i>en avoir 2 fois si tu en distribues 35? (Anna gesticule pour illustrer la distribution.)</i> | |
| Ry | <i>Oui, y vont avoir 2 dollars.</i> | L'élève ne prend pas conscience de son erreur. |
| A | <i>Ok, ça veut dire que...</i> | |
| Ry | <i>Parce que 23 entre deux fois dans 35.</i> | |
| A | <i>Ok, fais-moi 23 fois deux ici, pour voir si ça rentre...</i> | Anna change de stratégie : elle laisse Ryan calculer 2×23 (G_i). |
| Ry | <i>23 fois 2?</i> | |
| A | <i>Oui, on va regarder.</i> | |
| Ry | <i>(Ryan effectue son calcul.) C'est ça.</i> | Il trouve le produit partiel, sans prendre conscience de son erreur. |
| A | <i>Tu me dis que 23 entre 2 fois dans 35. (Anna pointe les nombres.)</i> | Sans désigner explicitement le lieu de l'erreur, Anna pointe les nombres et lit l'étape de l'exécution de problème où elle se trouve ($F_{i \vee}$). |
| Ry | <i>Eee... eee... eee... non.</i> | |
| A | <i>Ah! Ok!</i> | |
| Ry | <i>23 entre une fois dans 35.</i> | L'élève prend conscience de l'erreur. |
| A | <i>Ok. Vas-y donc.</i> | |
| Ry | <i>(Ryan inscrit les nombres dans son algorithme, mais il trace un 2)</i> | L'élève inscrit le mauvais chiffre au quotient. |
| A | <i>Hum, hum. Est-ce que... Ok... Oups, là tu m'as pas indiqué que tu m'avais dit que c'était une fois. (Anna vient pour pointer l'erreur, mais elle s'arrête brusquement et retire son doigt.)</i> | |
| Ry | <i>Ah... c'est deux, une fois. (Ryan inscrit 1 au quotient et ensuite moins 23 sous le 35 du 352.)</i> | L'élève se corrige. |