

# Table des matières

Sommaire . . . . .	7
Présentation de l'ouvrage . . . . .	9
Introduction : former les enseignants, une piste importante pour améliorer la situation de l'enseignement des mathématiques . . . . .	9
I. Rappel des démarches présentées dans le tome 1 . . . . .	12
II. Quoi de neuf dans le tome 2 ? Une présentation globale. . . . .	13
III. Les résumés des différents chapitres . . . . .	15
Partie 1. . . . .	15
Partie 2. Compléments. . . . .	19
La démarche globale adoptée dans ce livre sur les formations professionnelles des enseignants de mathématiques du secondaire . . . . .	23
Un préambule : ce qui est visé dans nos formations ou... la didactique des mathématiques ne saurait « casser des briques » . . . . .	24
I. Les apprentissages des élèves dans nos recherches en didactique des mathématiques . . . . .	25
1. Les activités des élèves au centre des études sur les liens enseignements/apprentissages . . . . .	25
2. Activités et/ou actions des élèves ? . . . . .	26
3. Analyses de tâches et scénario : du local au global . . . . .	27
4. Les déroulements en classe . . . . .	29
5. Retour sur le processus individuel de conceptualisation . . . . .	31

6. Un zoom sur les élèves en difficulté . . . . .	32
<b>II. Nos recherches, résultats et premières conséquences sur les pratiques enseignantes . . . . .</b>	<b>33</b>
1. Des analyses mixtes, didactiques et ergonomiques . . . . .	33
2. Des résultats de recherches sur les pratiques . . . . .	35
3. Implications des recherches sur les pratiques et premières conséquences en formation . . . . .	38
<b>III. Formations professionnelles des enseignants de mathématiques du secondaire : questions de modalités . . . . .</b>	<b>41</b>
1. À quoi former ? Des questions de transposition des recherches en didactique des mathématiques (pour les enseignants du secondaire). . . . .	41
2. Questions de modalités de formation : sur la notion de ZPDP pour concevoir des formations professionnelles des enseignants de mathématiques du second degré . . . . .	42
3. Partir des pratiques : les formations à l'envers . . . . .	44
<b>Conclusion : questions ouvertes . . . . .</b>	<b>45</b>
1. Côté apprentissages : des évaluations encore insuffisantes et des questions de différences . . . . .	46
2. Côté pratiques et formations : des paris sur les formations et des évaluations insuffisantes . . . . .	46
<b>L'étude des déroulements des cours (moments d'exposition des connaissances) – l'outil « proximités » . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>I. Rôle des cours en classe dans les apprentissages . . . . .</b>	<b>48</b>
1. Le cours, un maillon des apprentissages . . . . .	49
2. Le cours un « réservoir » de pseudo concepts ? . . . . .	50
3. Deux hypothèses complémentaires pour penser les cours . . . . .	51
<b>II. Les analyses des déroulements des moments de cours en recherche . . . . .</b>	<b>53</b>
1. Étude des activités des élèves pendant les cours . . . . .	54
2. L'outil « proximités » pour étudier le déroulement des cours . . . . .	54
3. Différents types de proximités dans le discours de l'enseignant . . . . .	56
4. Justifier ces distinctions . . . . .	59
<b>II. Analyses de séances de cours utilisant les proximités . . . . .</b>	<b>60</b>

1. Analyse d'une séance de cours en classe de seconde sur la résolution d'une inéquation du second degré avec un tableau de signes . . . . .	61
2. Analyses de séances sur le sens de variation des fonctions en seconde. . . . .	63
<b>IV. Retour aux formations . . . . .</b>	<b>66</b>
1. En guise d'amorce : une alternative aux vidéos . . . . .	66
2. Étude des réponses des enseignants au questionnaire en annexe 1. . . . .	67
3. Étude des réponses des élèves à un questionnaire sur les cours . . . . .	67
4. Pour continuer . . . . .	68
<b>Conclusion : discussion sur les proximités et objectifs en formation . . . . .</b>	<b>69</b>
1. Un bilan . . . . .	69
2. Des questions qui restent ouvertes sur les proximités . . . . .	70
3. La production de proximités : une marge de manœuvre locale, conjoncturelle, variable, et très liée aux choix de contenus . . . . .	71
4. Exercer une vigilance permanente pendant les cours : une posture à travailler en formation . . . . .	72
5. Une migration de l'outil « proximité » en formation . . . . .	72
<b>Annexes . . . . .</b>	<b>73</b>
Annexe 1 - Les questionnaires pour le professeur ou les élèves (Chappet-Paries <i>et al.</i> , 2017b, document de formation LDAR n°16) . . . . .	73
Annexe 2 - Comment le relief nous sert dans nos analyses des activités d'introduction et des débuts de cours pour différents types de notions . . . . .	75
Annexe 3 - Éléments de programme sur les inéquations en seconde . . . . .	79

## Un cours sur l'introduction du théorème de Thalès en troisième REP : le travail de l'enseignant en classe . . . . . 81

### Introduction . . . . . 81

#### I. Du relief sur le théorème de Thalès en classe de troisième au scénario utilisé par l'enseignant filmé. . . . . 82

1. Des éléments de relief issus du document initial. . . . . 83

2. Le début du scénario . . . . . 87

#### II. Le déroulement du moment d'exposition des connaissances : toujours proche de ce qui vient des élèves - vers une logique d'action . . . . . 94

1. Le premier épisode de cours : une installation en douceur, dans la continuité de ce qui précède, où la formule n'est pas centrale (cf. transcription en annexe 1) . . . . . 95

2. Un appui constant sur le travail des élèves, adapté à la classe et aux contraintes . . . . .	99
3. Une logique d'action particulière : le pari du sens . . . . .	103
<b>III. Le rôle du contexte . . . . .</b>	<b>105</b>
1. L'incident du rapporteur : un malentendu classique. . . . .	105
2. Le suivi d'un élève . . . . .	106
3. Un exercice d'application immédiate décevant. . . . .	106
4. Une ZPD collective : tout commence au premier exercice d'application ? . . . . .	109
<b>IV. Un scénario de formation pour étudier le début du cours sur le théorème de Thalès à partir des pratiques (et sans vidéos) . . . . .</b>	<b>111</b>
1. Du scénario au relief. . . . .	111
2. Des déroulements où on peut constater que l'enseignant tient constamment compte des élèves. . . . .	112
3. Mais à quel prix ce pari du sens ? . . . . .	112
<b>Conclusion : à quoi peuvent servir en formation des documents issus de recherches ? . . . . .</b>	<b>113</b>
Le cas de ressources sur le net . . . . .	114
<b>Annexes . . . . .</b>	<b>114</b>

## Formations aux technologies numériques – De l'analyse des pratiques à leur développement. . . . . 127

Introduction . . . . .	127
<b>I. Objectifs et propositions de départ . . . . .</b>	<b>129</b>
<b>II. Des résultats sur les pratiques pour appuyer les formations . . . . .</b>	<b>132</b>
1. Tensions dans l'activité de l'enseignant . . . . .	134
2. Interactions enseignant-élève : spécificités des diagnostics et des aides . . . . .	137
3. Un exemple d'une tâche supposée être ordinaire, mais... . . . .	139
<b>III- Formation des enseignants et de leurs formateurs à l'utilisation des technologies en séances d'exercice . . . . .</b>	<b>141</b>
1. Exemple d'une situation considérée comme robuste par les enseignants. . . . .	143
2. Exemples de diagnostics des difficultés et des aides apportées. . . . .	146

Pour conclure . . . . .	154
Annexes . . . . .	156
<b>Évaluation des apprentissages des élèves en mathématiques : un levier pour la formation des formateurs et des enseignants</b> . . . . .	<b>165</b>
<b>I. Former à et par l'évaluation des apprentissages des élèves : un exemple de dispositif de formation</b> . . . . .	<b>165</b>
1. Pourquoi passer par l'évaluation ? . . . . .	165
2. Descriptif de la formation prise comme exemple dans ce chapitre . . . . .	166
<b>II. Une définition de l'évaluation opérationnelle pour la recherche et la formation</b> . . . . .	<b>167</b>
1. Définition(s) de l'évaluation . . . . .	167
2. Différentes fonctions de l'évaluation imbriquées dans les pratiques, jouant un rôle plus ou moins grand dans les apprentissages . . . . .	168
3. L'évaluation dans les pratiques ordinaires des enseignants : la nécessité de l'observation en classe . . . . .	170
<b>III. Une formation reposant sur l'analyse des pratiques d'évaluation en classe</b> . . . . .	<b>171</b>
1. Premier temps de la formation : réponse à un questionnaire sur les pratiques d'évaluation . . . . .	171
2. Second temps de la formation : constitution d'un test diagnostique commun . . . . .	173
3. Troisième temps de la formation : analyse de vidéos de classe . . . . .	176
4. En complément (ou à la place) de l'analyse de vidéo : analyse de transcription . . . . .	183
<b>Conclusion</b> . . . . .	<b>185</b>
1. Des outils pour mieux observer la classe . . . . .	186
2. Des effets sur les pratiques, et sur les apprentissages des élèves . . . . .	186
Annexes . . . . .	188
<b>Actions de formation concernant le rôle du langage verbal dans l'apprentissage et l'enseignement des mathématiques</b> . . . . .	<b>191</b>
<b>I. Quelques éléments issus des recherches en didactique des mathématiques sur le rôle du langage verbal dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques, et enjeux de formation associés</b> . . . . .	<b>193</b>

1. Des pratiques langagières spécifiques aux mathématiques . . . . .	193
2. Les rôles du langage verbal dans la classe de mathématiques . . . . .	197
3. Le langage verbal comme enjeu de formation. . . . .	202
<b>II. Deux exemples . . . . .</b>	<b>203</b>
1. Formes et usages du langage verbal, malentendus et inégalités d'apprentissage . . . . .	203
2. Utilisation de productions d'élèves (en formations initiale ou continue) . . . . .	213
<b>Conclusion . . . . .</b>	<b>223</b>
<b>Annexe . . . . .</b>	<b>225</b>

## Exemples tirés de pratiques de formation initiale s'inscrivant dans la démarche générale commune d'une formation « à l'envers » 227

<b>Préambule : des aménagements (nécessaires ?) pour une démarche de formation initiale « à l'envers » . . . . .</b>	<b>227</b>
1. Une grande diversité initiale entre les formés mais des caractéristiques partagées . . . . .	228
2. Par quoi remplacer l'expérience professionnelle sur laquelle on s'appuie dans les formations continues et continuées, avec quels risques ? . . . . .	228
3. Prévoir de faire face également individuellement au déficit d'expérience, et de stabilité des premières pratiques . . . . .	229
4. Comment finalement gérer collectivement cette hétérogénéité renforcée ? . . . . .	230

### I. Formation initiale « à l'envers » de futurs enseignants de mathématiques : une démarche globale illustrée . . . . . 231

1. Des éléments de contexte et des choix positionnés à un niveau global de la formation initiale de futurs enseignants de mathématiques . . . . .	232
2. Un premier exemple : le dispositif de la « question du jour ». . . . .	235
3. Un deuxième exemple : les cahiers d'élèves . . . . .	241
4. Un troisième exemple : le(s) traitement(s) de l'erreur dans les pratiques enseignantes . . . . .	248
5. Un quatrième (et dernier) exemple : la (délicate) question des ressources ? . . . . .	253

### II. Retour sur une démarche globale de formation initiale « à l'envers » : un zoom sur le travail sur les composantes et la ZPDP . . . . . 261

## Simulateurs et ingénieries de formation . . . . . 265

Introduction . . . . .	265
------------------------	-----

I. Les simulations informatiques pour former des enseignants : un panorama . . . . .	266
1. Les simulateurs informatiques dans la formation professionnelle . . . . .	266
2. Remplacer l'analyse vidéo par la simulation . . . . .	267
II. La conception d'un simulateur informatique de classe . . . . .	268
1. De la situation aux vidéos de classe à l'origine de la simulation . . . . .	269
2. Analyse a priori de la situation . . . . .	271
3. Les résultats des observations de classe : vers les connaissances et savoirs de formation . . . . .	275
4. Des vidéos de classe au simulateur . . . . .	277
III. Les simulateurs en formation . . . . .	282
1. Un scénario de formation initiale et continue . . . . .	282
2. Discussion et limites . . . . .	286
Conclusion . . . . .	289
Annexe : Les différents simulateurs existants . . . . .	289

Des données quantitatives à partir d'évaluations à grande échelle, les premières conséquences de la réforme du lycée, les changements dans le métier et les dernières réformes des formations . . . . .	297
--	-----

I. Données chiffrées sur l'enseignement des mathématiques en France ces dernières années et bilans : évaluations nationales (CEDRE 2014, 2019) et internationales (PISA 2018, TIMSS 2019) . . . . .	298
II. La réforme des lycées : trois communiqués du Collectif Maths-Sciences sur la réforme du lycée . . . . .	300
1. Impact de la réforme du lycée général sur les profils scientifiques des élèves de terminale (13 septembre 2022) . . . . .	300
2. Réforme du lycée général : vers des sciences sans filles ? (4 octobre 2022) . . . . .	301
3. Impacts de la structure du lycée général : filles, maths et sciences économiques et sociales (7 février 2023) . . . . .	302
III. Les nouvelles donnes du métier (deux questionnaires) . . . . .	303
1. Enseignante en collège très expérimentée (formatrice) . . . . .	303

2. Enseignante de collège expérimentée, formatrice. . . . .	305
<b>IV. Les nouvelles donnes de la formation initiale des enseignants du secondaire, suivies d'une réflexion sur des objectifs non négociables du développement professionnel en jeu . . . . .</b>	<b>308</b>
1. Quelles sont les raisons de cette instabilité ? . . . . .	308
2. Pour les équipes pédagogiques : adaptation permanente et épuisement chronique. . . . .	311
3. L'accompagnement des stages . . . . .	312
4. La formation à la recherche et par la recherche se réduit comme une peau de chagrin . . . . .	314
5. Les invariants de la formation . . . . .	315
<b>Conclusion : par-delà les nouvelles donnes ? . . . . .</b>	<b>317</b>
<b>Aux sources de la ZPD (externe - interne) et de la théorie de l'acti- vité, quelques pistes . . . . .</b>	<b>319</b>
I. La ZPD chez Vygostki . . . . .	319
II. Les prises de conscience . . . . .	321
III. Les activités et les actions . . . . .	321
IV. Le collectif . . . . .	322
V. Pseudo-concepts, préconcepts et niveaux de conceptualisation . . . . .	322
VI. Retour à l'apprentissage des mathématiques - le méta . . . . .	323
VII. Discussion . . . . .	324
VIII. Une extension du côté du développement professionnel des pratiques . . . . .	325
<b>Des neurosciences à l'enseignement des mathématiques - pre- miers constats, premières interrogations . . . . .</b>	<b>327</b>
I. L'IRM, Le « Triple code » et le « recyclage neuronal » . . . . .	328
1. L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle pour l'étude de la cognition . . . . .	329
2. Le « triple code », un modèle de la connaissance numérique . . . . .	330
3. Le « recyclage neuronal » à l'origine de l'apprentissage . . . . .	332

II. La recherche coordonnée par Dehaene sur les fractions. . . . .	334
1. Le « modèle du triple code » : cadre théorique du « test de la ligne numérique ». . . . .	334
2. Analyse du contenu du test puis de trois questions et des réponses obtenues . . . . .	336
III. La recherche coordonnée par Houdé sur les décimaux . . . . .	340
1. Validation d'un biais visuo-spatial dans la comparaison des décimaux . . . . .	341
2. Analyse critique de la méthode et des interprétations . . . . .	343
IV. Les neurosciences, les mathématiques et leur enseignement. . . . .	344
1. La conception des mathématiques qui émerge des travaux de ces neuroscientifiques . . . . .	344
2. Une préconisation : des pratiques enseignantes fondées par la recherche . . . . .	345
Conclusion . . . . .	346
Conclusion . . . . .	349
I. Un bilan. . . . .	349
II. Des recherches aux formations . . . . .	352
Bibliographie . . . . .	357
Index . . . . .	375
Présentation des autrices et auteurs . . . . .	379
Table des matières . . . . .	383